

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет

тваринництва та водних біоресурсів

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
тваринництва та водних біоресурсів
(назва факультету (ННІ))

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
аквакультури
(назва кафедри)

_____ Кононенко Р.В.
(підпис) (ПІБ)
“ ” 2025 р.

_____ Бех В.В.
(підпис) (ПІБ)
“ ” 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**на тему “ РИБОВОДНО-БІОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДО
ЗАСТОСУВАННЯ КОРМОВИХ ДОБАВОК У ГОДІВЛІ РИБ”**

Спеціальність 207 – Водні біоресурси та аквакультура
(код і назва)

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Д.Б.Н, ДОЦЕНТ
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Рудик-Леуська Н.Я.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К.С.-Г.Н.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Охріменко О.В.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Савченко Б.Б.
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
аквакультури
(назва кафедри)

д.с.-г.н., професор _____ Бех В.В.
(підпис) (ПІБ)
“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
Савченку Богдану Борисовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 207 – «Водні біоресурси та аквакультура»
(шифр і назва)

Освітня програма «Водні біоресурси та аквакультура»
(код і назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи “ Рибоводно-біологічне обґрунтування до застосування кормових добавок у годівлі риб ” затверджена наказом ректора НУБіП України від 25.10.24 № 1915 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.10.01
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: наукові публікації щодо використання нетрадиційних комових добавок в годівлі риб, зокрема осетрових, технологічні підходи їх введення в раціон, оцінка впливу кормових добавок на результати вирощування товарної рибної продукції.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Здійснити огляд літератури щодо сучасного стану ринку кормів для аквакультури, навести основні аспекти годівлі, охарактеризувати нетрадиційні кормові добавки та перспективи їх використання в аквакультурі.
2. Провести розрахунок потреб господарства у комбікормах за введення до раціону риб нетрадиційних кормових добавок та оцінити їх вплив на результати вирощування рибної продукції.
3. Надати економічну оцінку ефективності застосування кормових добавок в аквакультурі.

Перелік графічних документів (за потреби)

Дата видачі завдання “01” листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Охріменко О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Савченко Б.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Представлена робота присвячена технологічним аспектам застосування нетрадиційних кормових добавок при вирощуванні товарної продукції осетрових видів риб. Робота виконана на 57 сторінках друкованого тексту, містить 8 рисунків та 9 таблиць, список літератури налічує 51 джерело.

Актуальність теми. Розведення осетрових є одним із найбільш перспективних напрямів у галузі аквакультури, зокрема через гостру проблему зниження природних популяцій осетрових видів. Основним завданням сучасного розвитку цієї галузі є оптимізація виробничих процесів шляхом оптимізації годівлі риб за рахунок зниження кормового коефіцієнту та введення до рацону нових нетрадиційних кормових добавок. Це обумовлює потребу все активніше залучати альтернативні кормові інгредієнти, щоб задовольнити значний попит риб на протеїн та енергію. З одного боку, це становить складне завдання для виробників кормів, а з іншого боку, є актуальним напрямком досліджень. Обмеженість у використанні стандартних кормових компонентів при створенні збалансованих штучних раціонів через їхню високу вартість спонукає до активного пошуку альтернатив. Такий інтерес зумовлює вивчення можливостей застосування нетрадиційних кормів, різноманітних кормових добавок та інноваційних біологічно активних препаратів.

Мета роботи - оцінити ефективність застосування кормових добавок в осетрівництві за врахування комплексу економічних, екологічних і технологічних аспектів.

Об'єкт досліджень: технологія вирощування товарної продукції осетрових за введення до їх раціону нетрадиційних кормових компонентів.

Методи досліджень: для виконання поставленої мети застосовували методи пошуку, аналізу, систематизації, порівняння та узагальнення інформації. Використано розрахункові методи, загальноприйняті у рибництві.

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати обсяги вирощування товарної продукції осетрових та осетрової ікри в світі в умовах аквакультури.
2. Надати еколого-біологічну характеристику осетровим як об'єктам аквакультури.
3. Охарактеризувати нетрадиційні кормові добавки та перспективи їх використання в аквакультурі.
4. Проаналізувати ефективність застосування кормових добавок та альтернативних джерел білку в годівлі осетрових.
5. Навести економічну ефективність введення до раціону риб нетрадиційних кормових компонентів.

Практичне значення одержаних результатів. Представлені в роботі матеріали, сприятимуть глибшому розумінню технології вирощування товарної продукції осетрових за застосування в їх раціоні нетрадиційних кормових добавок. Це може стати важливим кроком у напрямку зростання виробництва продукції осетрових на внутрішньому ринку України за рахунок підвищення його ефективності.

АКВАКУЛЬТУРА, ТОВАРНЕ ОСЕТРІВНИЦТВО, КОРМОВИЙ КОЕФІЦІЄНТ, КОНВЕРСІЯ КОРМУ, НЕТРАДИЦІЙНІ КОРМОВІ ДОБАВКИ, РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ КОРМІВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	9
1.1. Осетрові як цінні та перспективні об'єкти аквакультури	9
1.2. Основні аспекти годівлі риб та її роль в одержанні високоякісної товарної рибної продукції	12
1.3. Нетрадиційні кормові добавки та перспективи їх використання у годівлі осетрових	15
1.4. Висновки за оглядом літератури	21
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Методи досліджень	24
3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1. Технологічні підходи до введення кормових добавок в раціон риб	31
3.2. Оцінка впливу використання нетрадиційних кормових добавок на продуктивність росту та фізіологічний стан об'єктів культивування	40
4. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОРМОВИХ ДОБАВОК В АКВАКУЛЬТУРІ	44
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	47
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	52
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Аквакультура є однією з найбільш динамічно розвиваючих галузей харчової промисловості у світі, що пояснюється значним попитом на рибу та морепродукти. З 1970 року масштаби вирощування водних організмів стабільно збільшуються, демонструючи середньорічне зростання на рівні 8,9%. За період із 1990 до 2020 року середньорічний обсяг аквакультури у світі зріс на 609 %. Однак при цьому було відзначено поступове уповільнення середньорічних темпів зростання.

У сучасних умовах інтенсивного розвитку аквакультури важливим напрямом є удосконалення системи годівлі риб, зокрема представників осетрових. Осетрові займають особливе місце серед вирощуваних гідробіонтів завдяки високій біологічній та господарській цінності - як джерело делікатесної ікри та дієтичного м'яса. Водночас ці види мають повільні темпи росту, тривалий цикл дозрівання та високі вимоги до умов вирощування, що зумовлює необхідність оптимізації їхнього живлення.

Досягнення високої рибопродуктивності у промисловому рибництві неможливе без належного забезпечення риб повноцінними штучними кормами. Тому основним чинником успішного функціонування кожного рибного господарства є надання якісних кормів та впровадження ефективних технологій їх згодовування. Сьогоднішні підходи до годівлі риби дозволяють максимально підвищити продуктивність водойм завдяки використанню штучних кормів із мінімальними витратами на одиницю приросту маси риби.

В останні роки спостерігається значне зростання обсягів виробництва комбікормів для потреб аквакультури. Це явище супроводжується активізацією інтенсивних наукових досліджень, спрямованих на вивчення біології різноманітних видів риб, які культивуються в умовах фермерських господарств. Рибне борошно традиційно виступає основним джерелом білка у комбікормах, проте його висока вартість та нестабільність поставок, що спостерігаються

останніми роками, створюють серйозні виклики. З огляду на це, у глобальному масштабі зростає інтерес до рослинного протеїну. Рослинний протеїн розглядається як альтернатива рибному борошну, слугуючи ефективним джерелом білка та енергії, необхідних для забезпечення оптимального росту риб та підтримання їхнього здоров'я. Широко відомі проблеми, що виникають під час використання рослинних білків у складі комбікормів для аквакультури. Головною перешкодою є наявність антипоживних компонентів, серед яких виділяється фітат. Цей елемент виступає основною формою фосфору у рослинних кормах.

Застосування кормових добавок (ферментів, пробіотиків, пребіотиків, фітогенних і мінерально-вітамінних речовин) дозволяє суттєво підвищити ефективність використання корму, стимулювати ріст, покращити конверсію, знизити витрати та зміцнити імунну систему риб. Це особливо актуально в умовах замкнених рециркуляційних аквакультурних систем (РАС), де якість води й засвоюваність корму мають вирішальне значення.

Актуальність теми зумовлена також необхідністю зниження собівартості вирощування осетрових у промислових масштабах, покращення біологічних показників росту та виживаності, а також забезпечення екологічної безпеки виробництва. Сучасна наука і практика все більше орієнтуються на біотехнологічні підходи до годівлі, які поєднують якісний корм із функціональними добавками, адаптованими до конкретних потреб виду та умов утримання.

Отже, подальше вивчення ефективності кормових добавок у годівлі осетрових є надзвичайно важливим для підвищення продуктивності та стійкості галузі аквакультури, що й визначає мету та завдання цього курсового проєкту.

Нагальним питанням сучасної аквакультури є аналіз ефективності застосування різних типів кормових добавок у годівлі осетрових як інструменту інтенсифікації вирощування, підвищення приростів, зниження коефіцієнта конверсії корму та поліпшення загального фізіологічного стану риб.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ КОРМІВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Осетрові як цінні та перспективні об'єкти аквакультури

Осетрові (*Acipenseridae*) - це одна з найдавніших родин риб, які збереглися з часів мезозою й представляють собою унікальний об'єкт не лише з точки зору еволюції, а й для сучасної аквакультури. Станом на сьогодні у світі налічується понад 25 видів осетрових, серед яких найбільш відомі для вирощування в неволі - стерлядь (*Acipenser ruthenus*), сибірський осетер (*Acipenser baerii*), російський осетер (*Acipenser gueldenstaedtii*) та білуга (*Huso huso*). В умовах штучного вирощування перевага надається видам з коротшим циклом росту і високою економічною віддачею, зокрема стерляді та гібридам (рис.1.1).

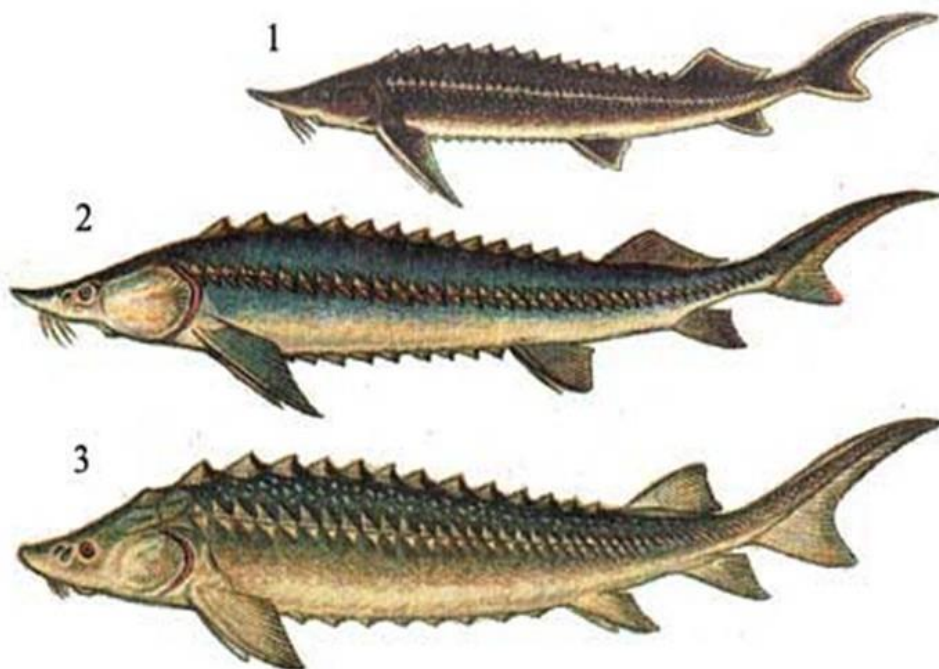


Рис. 1.1. Осетрові (*Acipenseridae*)

Осетрові вирізняються рядом морфолого-фізіологічних особливостей, що визначають умови їх утримання. Їхнє тіло видовжене, веретеноподібне, вкрите

п'ятьма рядами кісткових щитків, що слугують захисною структурою. Характерною особливістю є розташування рота на черевному боці та наявність чотирьох вусиків перед ним – органів дотику та хеморецепції, які дозволяють рибі ефективно орієнтуватися в мутній воді та виявляти корм на дні. Скелет у них хрящовий, що є ознакою примітивної будови й визначає високу пластичність при рості, але водночас вимагає особливої уваги до вітамінного й мінерального забезпечення (особливо фосфору й кальцію) [1].

Щодо функціонування травної системи - осетрові мають короткий кишечник зі спіральним клапаном, що обмежує здатність перетравлювати вуглеводи. Це означає, що оптимальним джерелом енергії для них є високоякісний білок і жири. Природною їжею для осетрових є донні безхребетні - черв'яки, личинки комах, моллюски, дрібні ракоподібні. В умовах штучного вирощування риби поступово адаптуються до годівлі екструдованими тонучими гранулами. Проте адаптація до штучного корму є критичним етапом у ранньому віці й потребує контролю за розміром частинок, ароматом та вмістом легко перетравлюваних білків (рис. 1.2) [2,3].



Рис. 1.2. Оптимальний склад раціону осетрових

Для ефективного росту осетрові потребують корму з вмістом білка не менше 45-50% і жиру до 15-20%, в залежності від вікової стадії. Через низьку активність

ферментів травної системи вони позитивно реагують на включення до раціону ферментативних добавок, пробіотиків, пребіотиків та фітогенних речовин, які сприяють покращенню мікробіоти кишечника, кращій засвоюваності корму, імунній відповіді та зменшенню стресу при вирощуванні в умовах інтенсивних технологій.

Темпи росту залежать від виду, умов годівлі та температурного режиму. Наприклад, стерлядь при оптимальній температурі (18-22 °C) досягає маси 1-1,5 кг вже через 12-14 місяців у РАС, тоді як інші види можуть рости 2-3 роки до товарної маси. Статева зрілість також варіюється: у стерляді самці досягають на 3-4 році життя, самки - на 5-7. У сибірського осетра - відповідно пізніше. Це ускладнює процес репродукції, але в умовах заводського розведення можливе стимулювання нересту гормональними препаратами (наприклад, сурфагоном, овапримом) та контрольованим світловим і температурним режимом(рис. 1.3) [4].

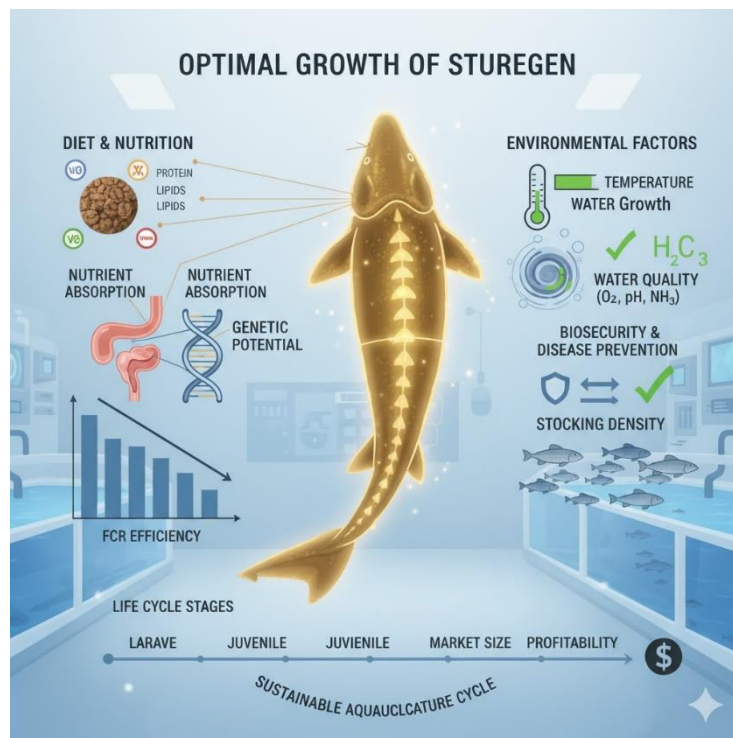


Рис. 1.3. Вплив факторів зовнішнього середовища на темпи росту осетрових

Однією з критичних умов успішного вирощування осетрових є якість водного середовища. Вони потребують стабільних параметрів: температура води 17–22 °С, вміст розчиненого кисню - не нижче 6 мг/л, рН - у межах 6,5-8,5. Важливо уникати накопичення аміаку, нітритів та органічних залишків, особливо в умовах рециркуляційних систем. Осетрові дуже чутливі до забруднення, тому застосування біофільтрації, аерації та регулярного контролю параметрів є обов'язковим [5,6].

Поведінкові особливості осетрових також сприяють їх інтенсивному вирощуванню: вони ведуть переважно придонний спосіб життя, малорухливі, не демонструють агресії або канібалізму. Завдяки цьому можлива висока щільність посадки без значного стресу - до 60-80 кг/м³ у РАС. Проте при дефіциті кисню, корму чи перевантаженні системи можливе пригнічення росту, хвороби, або масова загибель [7].

З огляду на описані особливості можна зробити висновок, що осетрові є цінним, але вимогливим об'єктом аквакультури. Для досягнення високих показників продуктивності необхідно забезпечити належні умови вирощування, якісний корм та ефективне управління всіма параметрами. Саме тому питання удосконалення годівлі, зокрема через використання кормових добавок, є надзвичайно актуальним і пріоритетним у сучасному рибництві.

1.2. Основні аспекти годівлі риб та її роль в одержанні високоякісної товарної рибної продукції

Травна система осетрових риб характеризується наявністю спірального клапана, який виконує роль внутрішнього збільшення поверхні кишечника для засвоєння поживних речовин. Проте, у порівнянні з короповими або лососевими, кишечник осетрових значно коротший, а секреція деяких травних ферментів, особливо амілази та мальтази, є зниженою. Це означає, що їхня здатність до засвоєння вуглеводів обмежена, а основним джерелом енергії мають бути білки та жири тваринного походження.

У природі осетрові харчуються переважно зообентосом - личинками комах, ракоподібними, молюсками та іншими донними безхребетними. Таке живлення передбачає високу білкову цінність корму з мінімальним вмістом клітковини та неструктурованих вуглеводів. Умови інтенсивного вирощування, особливо в замкнених рециркуляційних системах, змушують пристосовуватися до штучних кормів, тому особливо важливо забезпечити відповідність складу гранул природним потребам риби [8,9].

З основних потреб в поживних речовинах можна виділити:

- *Білки* - основний структурний і функціональний компонент. Для оптимального росту осетрових необхідний вміст білка на рівні 45-55% у раціоні, залежно від віку. Найкраще засвоюються білки тваринного походження - рибне борошно, гідролізати, криль. Нестача білка призводить до зниження темпів росту, ослаблення імунітету та зменшення засвоєння корму.

- *Жири* - джерело енергії, а також незамінних жирних кислот (особливо Омега-3). Рекомендований вміст - 10-20%. За умов дефіциту жиру зростає навантаження на білковий обмін. Осетрові особливо чутливі до порушення балансу жирних кислот, що впливає на стан печінки й репродуктивну функцію.

- *Вуглеводи* - засвоюються обмежено через слабку ферментативну активність. Максимально допустимий вміст - до 20%, переважно у формі легко перетравлюваного крохмалю. Надлишок вуглеводів знижує ефективність засвоєння білка, спричиняє жиріння печінки.

- *Вітаміни та мінерали* - осетрові мають потребу в низці мікро- і макроелементів (Ca, P, Zn, Fe, Se) для формування скелета, підтримки осморегуляції та антиоксидантного захисту. Критично важливими є вітаміни А, D, Е, С, групи В. У штучних умовах рекомендується включення в корм преміксів для запобігання гіповітамінозам [10,11].

У молоді осетрових активність травних ферментів (протеази, ліпази, амілази) залежить від температури води, фази розвитку та складу корму. Дослідження свідчать, що застосування ферментативних добавок, зокрема протеаз і ліпаз, у складі комбікормів дозволяє підвищити коефіцієнт перетравності білка на 8-12%, а також зменшити навантаження на гепатопанкреас [12,13].

Секреторна функція у осетрових активізується переважно в присутності корму. Це означає, що режим годівлі (частота, доза, час) має бути адаптований до фізіології риби. Надмірне або нерегулярне годування викликає перевантаження системи, погіршення якості води та падіння коефіцієнта конверсії корму (ККК).

Все вищевказане, свідчить що в умовах інтенсивного вирощування доцільним є використання кормових добавок - ферментів, пробіотиків, пребіотиків, гепатопротекторів, антиоксидантів і фітогенних речовин. Вони підвищують біодоступність поживних речовин, покращують мікрофлору кишечника, стимулюють ферментативну активність і знижують стресові реакції (рис. 1.4).

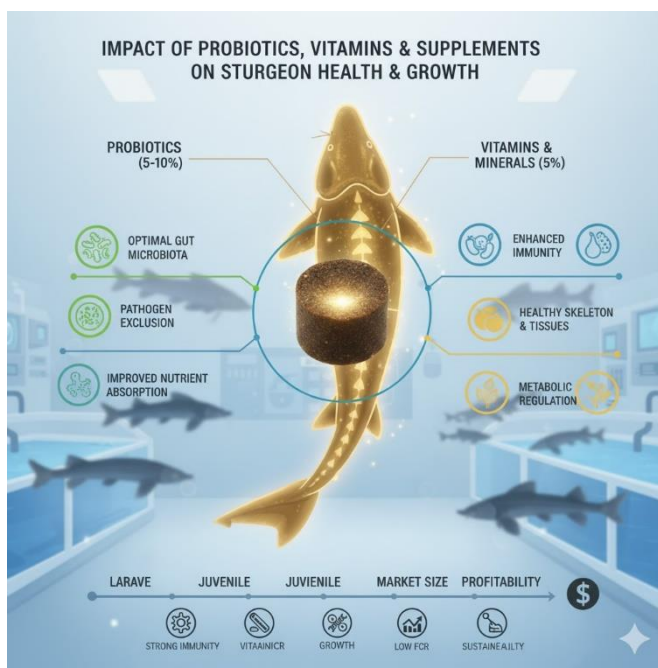


Рис. 1.4. Вплив кормових добавок на темпи росту осетрових

Як приклад можна навести пробіотики на основі *Bacillus subtilis* та *Lactobacillus spp.*, що сприяють покращенню мікробіоти кишечника та посиленню неспецифічного імунітету, або ферментні комплекси з протеазами, які сприяють ефективнішому перетравленню білків тваринного походження [14,15].

1.3. Нетрадиційні кормові добавки та перспективи їх використання у годівлі осетрових.

У сучасній світовій практиці вирощування осетрових риб все більше застосовуються інноваційні кормові стратегії, зокрема використання кормових добавок, які спрямовані на оптимізацію фізіологічного стану, покращення росту, підвищення стійкості до стресу та захворювань, а також покращення ефективності використання корму. Це особливо важливо в умовах інтенсивного вирощування, зокрема у рециркуляційних системах аквакультури (УЗВ), де якість корму та його перетравність мають прямий вплив на техніко-економічні показники.

У країнах із розвиненою осетровою аквакультурою - Китаї, Ірані, Франції, Італії, США та Німеччині - використання функціональних кормів із добавками стало невіддільною частиною годівлі. У складі таких комбікормів застосовуються:

- *Ферментні комплекси* - протеази, ліпази, фітази, що підвищують біодоступність поживних речовин, особливо білків та фосфору.
- *Пробіотики та пребіотики* - стимулюють розвиток корисної мікрофлори кишечника, знижують ризик дисбактеріозів і покращують імунітет.
- *Фітогенні речовини (екстракти рослин)* - природні стимулятори апетиту та антибактеріальні засоби, які не потребують антибіотиків.
- *Антиоксиданти та гепатопротектори* - захищають печінку та організм від оксидативного стресу, особливо при вирощуванні в УЗВ.

•*Імуностимулятори* - наприклад, бета-глюкани, які активізують неспецифічну імунну відповідь [16,17].

Згідно з аналізом досліджень, використання кормових добавок у годівлі осетрових призводить у середньому до:

- збільшення приросту на 12-25%;
- зниження ККК на 15-20%;
- покращення виживаності на 10-18%;
- зменшення захворюваності (особливо дерматомікозів і кишкових бактеріозів) на 25-40%;
- економії кормів до 10-15% у перерахунку на 1 кг приросту.

Ці показники підтверджують ефективність інтеграції добавок у раціони як інструменту підвищення рентабельності вирощування осетрових у промислових умовах [18,19].

З прикладів реального застосування в країнах світу можна виділити Францію, де у господарствах з вирощування *Acipenser baerii* використовують корми зі стабільними дозами пробіотиків на основі *Bacillus subtilis* та *Enterococcus faecium*, що сприяє скороченню періоду вирощування на 15-20%. В Ірані додавання екстракту часнику та куркуми у раціон осетрових дало зниження смертності на 30% та поліпшення коефіцієнта конверсії корму з 1,7 до 1,3. У Китаї компанії-лідери осетрової аквакультури (наприклад, Hangzhou Qiandaohu Fishery Group) застосовують кормові програми, в яких чергуються корми з фітогенами, пребіотиками та вітамінними коктейлями відповідно до вікових фаз росту [20].

Також у багатьох господарствах застосовується адаптивне дозування добавок відповідно до сезону, температури води, віку риб, щільності посадки та умов утримання. Такий підхід забезпечує зниження використання антибіотиків, покращення екологічності виробництва та відповідність сучасним стандартам сталого рибництва.

У світовій практиці акцент робиться не лише на ефективності окремих компонентів, але й на синергетичному ефекті їх поєднання. Наприклад, пробіотики + фітогенні речовини можуть давати кращий результат, ніж кожен окремо. Також усе ширше застосовується персоналізація годівлі під конкретні умови господарства, включаючи джерело води, температуру, систему утримання (УЗВ, став, садки) та генотип риби [21,22].

В Україні використання кормових добавок у вирощуванні осетрових знаходиться на етапі активного впровадження. У зв'язку зі зростанням вартості імпортованого комбікорму та зниженням доступності класичних білкових інгредієнтів (рибне борошно, жири морського походження), все більше господарств вдаються до використання функціональних кормів із добавками для зниження витрат і підвищення ефективності вирощування.

Найбільш поширеними добавками в Україні є вітамінно-мінеральні премікси (іноземного виробництва - DSM, Zinpro), ферментні препарати, адаптовані під місцеві корми (на основі фітази та протеази), пробіотики українського виробництва (наприклад, *Бацілін Аква*, *Біоспорин Р*) (рис.1.5) [23].



Рис. 1.5. Пробіотик Біоспорин на основі живих мікробних клітин *Bacillus subtilis* УКМ В-5007 та *Bacillus licheniformis* УКМ В-5514- 1,1-109 - 10-109

Попри поступове зростання обсягів застосування, головними бар'єрами залишаються: відсутність системної державної підтримки рибництва, висока

вартість якісних добавок, а також недостатня кількість досліджень щодо оптимального дозування для місцевих умов. Більшість фермерів застосовують добавки емпірично, без повної лабораторної підтримки, що знижує ефективність їх використання. Проте, за даними науково-дослідних інститутів (Інститут рибного господарства НААН України), використання кормових добавок дозволяє зменшити конверсію корму з 1,9 до 1,5; а приріст маси на одного осетра - підвищити на 20-25% при вирощуванні в РАС [24].

Таким чином, досвід світових країн активно адаптується до вітчизняних умов, і при належному науковому супроводі кормові добавки можуть стати ключовим інструментом інтенсифікації осетрової аквакультури в Україні, особливо в умовах енергетичних та економічних викликів.

Кормові добавки – це речовини або мікроорганізми, які вводяться до основного раціону з метою покращення біологічної цінності корму, підвищення його засвоюваності, стимуляції росту, зміцнення імунітету, поліпшення стану довкілля або здоров'я риби. В умовах інтенсифікації аквакультури, зокрема вирощування осетрових у закритих системах, кормові добавки стають ключовим інструментом підвищення ефективності технологічного процесу та забезпечення біобезпеки.

До основних груп добавок можна віднести:

Ферментні добавки - ці компоненти спрямовані на підвищення доступності поживних речовин, особливо білків і фосфору, що є критично важливим для осетрових через короткий кишечник і низьку активність ендогенних ферментів. Застосування фітази дозволяє вивільняти фосфор із рослинних компонентів корму, а протеази підвищують рівень перетравлення білків до амінокислот. (напр. комплекс із протеази + фітази у складі стартових кормів підвищує коефіцієнт перетравлення білка до 90%).

Пробіотики - живі культури мікроорганізмів (*Bacillus spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Enterococcus spp.*), які колонізують кишечник риби, витісняючи патогенні

бактерії, та стимулюють синтез ферментів. Їхнє застосування знижує ризик кишкових інфекцій, покращує засвоєння корму та імунну відповідь (табл 1.3.1).

Таблиця 1.1

Порівняльна таблиця кормових добавок для осетрових у світовій практиці

Тип добавки	Основне призначення	Очікуваний ефект	Приклади компонентів	Особливості застосування
Ферменти	Покращення засвоєння поживних речовин, особливо білків і фосфору	↑ ріст, ↓ККК, ↓забруднення води	Протеази, ліпази, фітази	Додаються у стартові корми або при використанні альтернативного білка
Пробіотики	Стабілізація мікрофлори кишечника, покращення травлення, стимуляція імунної системи	↑ імунітет, ↓ хвороби, ↑ прирости	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Lactobacillus spp.</i>	Потрібна стабільна температура води (18–22 °С); ефективні в умовах УЗВ
Пребіотики	Підтримка росту корисних бактерій у кишечнику	↑засвоєння корму, ↓патогенна мікрофлора	Інулін, манан-олігосахариди	Часто поєднують із пробіотиками для посилення синергії
Фітогенні речовини	Природна стимуляція апетиту, антибактеріальна дія, антиоксидантний ефект	↑споживання корму, ↓ стрес, ↓потреба в антибіотиках	Часник, екстракт чебрецю, куркума	Ефективні в стресових періодах (транспортування, перевід на новий корм тощо)
Імуностимулятори	Активізація неспецифічного імунітету	↓захворюваність, ↑виживаність	Бета-глюкани, ехінацея	Профілактичне застосування, особливо в періоди загрози інфекцій
Антиоксиданти	Захист клітин від оксидативного стресу, підтримка функцій печінки	↑виживаність, стабільна робота печінки	Вітамін Е, селен, аскорбінова кислота	Важливі при високих температурах і в умовах інтенсивного росту

прод. табл. 1.1

Гепатопротектори	Захист печінки від навантаження при інтенсивному живленні	↓захворювання печінки, ↑ефективність перетравлення	Артишок, силімарин, лецитин	Рекомендується в кормах із високим вмістом жирів або при використанні заміників рибного жиру
-------------------------	---	--	-----------------------------	--

Пребіотики - це речовини немікробної природи (наприклад, інулін, фруктолігосахариди), які стимулюють ріст корисної мікрофлори в кишківнику. Їх поєднання з пробіотиками (синбіотики) дає потужний синергетичний ефект для підвищення загальної біологічної продуктивності.

Імуностимулятори використовуються для підвищення неспецифічного імунітету, зниження сприйнятливості до інфекційних агентів. Найчастіше використовуються β -глюкани, ехінацея, продукти дріжджового гідролізу.

Антиоксиданти захищають клітини від руйнівного впливу вільних радикалів, які утворюються при стресі, високій температурі або надмірному жирному кормі. Найбільш поширені: вітамін Е, аскорбінова кислота, селен. Їх вплив на організм риб зображено на рисунку 1.6.

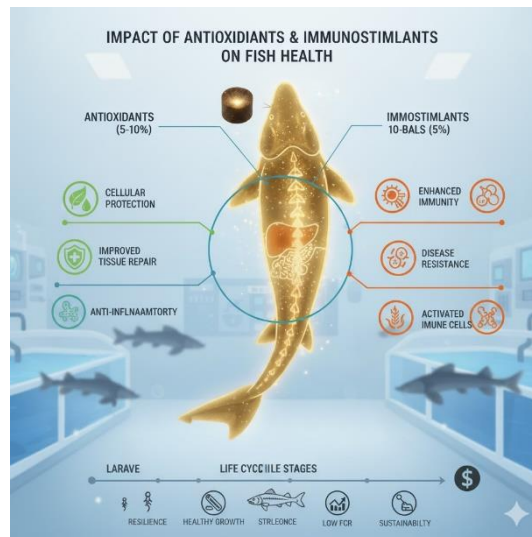


Рис. 1.6. Вплив імуностимуляторів та антиоксидантів на організм риб

Фітогенні добавки - це натуральні речовини рослинного походження, які мають протизапальні, антимікробні й апетитстимулювальні властивості. До них

належать екстракти часнику, розмарину, куркуми, чебрецю, кориці. У світовій практиці вони часто замінюють антибіотики. З переваг можна виділити те, що вони не накопичуються у м'язовій тканині риби, не викликають резистентності.

Гепатопротектори забезпечують захист печінки риби — основного органа, що піддається навантаженню під час інтенсивного росту. Активні компоненти: лецитин, силімарин (екстракт розторопші), артишок. Зменшують ризик жирної дистрофії печінки, покращують загальний метаболізм.

Антистресові засоби застосовуються при транспортуванні, пересадці, зміні корму або температури. Серед популярних - магній, вітамін С, L-карнітин, таурин. Зменшують рівень кортизолу та підвищують стійкість до змін середовища [25,26,27].

Таким чином, властивості та призначення вітчизняних біологічно активних добавок, зокрема пробіотиків, створюють основу для розширення наукових досліджень і розроблення оптимальних методик їх застосування в рибництві. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню рибопродуктивності водойм. Пробиотичні препарати стимулюють зростання привілейованих мікроорганізмів і зміцнюють природні захисні механізми організму.

1.4. Висновки за оглядом літератури

Використання кормових добавок в осетрівництві (аквакультурі осетрових риб, таких як сибірський осетер (*Acipenser baerii*), російський осетер (*A. gueldenstaedtii*) та бестер) є однією з найважливіших стратегій сучасного інтенсивного рибництва. Це не лише засіб для оптимізації поживного складу комбікорму, але й потужний інструмент для управління здоров'ям, мінімізації стресу та підвищення економічної ефективності виробництва. Наукові дослідження чітко підтверджують, що правильно підібрані добавки мають багатоаспектний позитивний вплив на фізіологію та продуктивність осетрових.

Основним каталізатором для впровадження добавок є необхідність зменшити високий коефіцієнт конверсії корму і забезпечити повноцінну дієту в умовах високощільних систем вирощування (особливо в УЗВ/RAS).

Ключові групи добавок та їх вплив

1. Пробіотики, пребіотики та синбіотики - живі мікроорганізми та неперетравлювані компоненти корму, які спрямовані на модуляцію мікрофлори кишечника. Для осетрових, ці добавки критично важливі. Пробіотики (*Bacillus spp.*, *Lactobacillus spp.*) конкурентно виключають патогенні бактерії (наприклад, *Aeromonas*), покращують цілісність кишкового бар'єру та стимулюють виробництво травних ферментів (протеаз, ліпаз). Це призводить до кращого засвоєння поживних речовин, зниження КК та, як наслідок, до прискорення темпів росту та збільшення виходу товарної продукції.

2. Антиоксиданти та Вітаміни (особливо Вітамін С та Е): осетрові, як і інші риби, схильні до окислювального стресу, особливо при високій щільності посадки, транспортуванні або під час імунної відповіді.

- антиоксиданти (наприклад, астаксантин або синтетичні антиоксиданти) захищають клітинні мембрани та ліпіди корму від руйнування вільними радикалами.

- вітамін С (аскорбінова кислота) є потужним кофактором імунної системи. Їхнє додавання підвищує стійкість до стресу та зменшує загибель при захворюваннях, тим самим підтримуючи біобезпеку ферми та фінансову стабільність.

3. Імуностимулятори та БАД (бета-глюкани, дріжджові екстракти): Ці речовини активують неспецифічну імунну систему осетрових. Вони стимулюють фагоцитарну активність макрофагів та покращують опірність організму до бактеріальних та вірусних інфекцій (наприклад, Іридовірусу осетрових). Застосування імуностимуляторів дозволяє мінімізувати використання антибіотиків, що є критично важливим для виробництва якісної та безпечної харчової продукції (м'яса та ікри).

Використання кормових добавок має прямий економічний ефект, оскільки це:

- збільшує приріст маси та скорочує час до досягнення товарного розміру.
- покращує репродуктивні показники, зокрема, якість ікри та виживання личинок, що є основою для подальшого відтворення стада.
- покращує якість м'яса (наприклад, через збагачення поліненасиченими жирними кислотами Омега-3 при використанні певних добавок), підвищуючи його ринкову вартість.

Незважаючи на значний прогрес, осетрівництво вимагає штамоспецифічного підходу до вибору добавок. Ефективність добавки залежить від віку риби, її виду, температури води та загальної біобезпеки системи. Майбутні дослідження мають бути спрямовані на розробку персоналізованих функціональних кормів для осетрових на різних етапах їхнього життєвого циклу, зокрема для підвищення стійкості до специфічних патогенів, характерних для інтенсивної аквакультури.

Кормові добавки є невід'ємним елементом сучасного осетрівництва. Вони забезпечують оптимальне засвоєння корму, зміцнюють імунний статус осетрових та знижують біологічні та економічні ризики. Компетентне та науково обґрунтоване використання цих добавок є запорукою стійкого, здорового та високорентабельного виробництва осетрових риб і чорної ікри.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методи досліджень

Об'єктом дослідження є проєктоване рибогосподарське підприємство, яке спеціалізується на вирощуванні товарної продукції осетрових видів риб - стерляді (*Acipenser ruthenus*) та сибірського осетра (*Acipenser baerii*) - із застосуванням сучасних інтенсивних технологій у рециркуляційних аквакультурних системах (РАС). Господарство розташоване в Одеській області, на території південного Лісостепу України, поблизу передмістя м. Одеси, що характеризується сприятливими природно-кліматичними умовами для ведення аквакультурного виробництва. Місцевість має рівнинний рельєф із незначним нахилом у південно-східному напрямку. Середня абсолютна висота становить 30-50 м над рівнем моря, що забезпечує стабільний стік поверхневих вод і відсутність ризику підтоплення виробничих споруд [28].

Клімат району - помірно-континентальний із посушливими рисами. Для нього характерні спекотне, сухе літо і м'яка, коротка зима. Середньорічна температура повітря становить +10,5...+11,5 °С, середня температура найтеплішого місяця (липня) - +24,0 °С, найхолоднішого (січня) - -1,5 °С. Річна кількість опадів у середньому 350–450 мм, з яких 60–65 % припадає на теплий період року. Середня тривалість сонячного сьйва становить 2200–2300 годин на рік, що забезпечує хороші умови для підтримання стабільної температури води в системах УЗВ. Переважаючими напрямками вітрів є північний та північно-західний, середня швидкість - 3,8–4,2 м/с. Вегетаційний період триває понад 210 днів, що дозволяє здійснювати вирощування риби впродовж усього року з незначними сезонними коригуваннями режиму годівлі та температури [29,30].

Ґрунти - чорноземи південні середньогумусні, з глибоким профілем і високою фільтраційною здатністю, що є важливим фактором при облаштуванні свердловин і дренажних систем господарства. [31].

Основним джерелом водопостачання господарства буде артезіанська свердловина, пробурена на глибину 90 м у межах північно-причорноморського водоносного горизонту. Вода надходить зі слабомінералізованих підземних джерел і характеризується стабільними фізико-хімічними показниками, що є оптимальними для утримання осетрових видів.

Таблиця 2.1

Середні гідрохімічні параметри води в господарстві

Показник	Одиниця виміру	Значення	Оптимум для осетрових
Температура води	°С	18–22	17–22
рН	-	7,3–7,8	6,5–8,5
Розчинений кисень	мг/л	6,5–7,8	≥6,0
Загальна мінералізація	мг/л	600–850	≤1000
Загальна жорсткість	ммоль/л	4,5–6,0	3–8
Гідрокарбонати (НСО ₃ ⁻)	мг/л	280–340	150–400
Кальцій (Са ²⁺)	мг/л	60–90	40–100
Магній (Mg ²⁺)	мг/л	25–40	10–50
Хлориди (Сl ⁻)	мг/л	80–120	≤200
Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/л	<0,05	<0,1
Нітрити (NO ₂ ⁻)	мг/л	<0,05	<0,1
Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/л	5–10	<50

Виробнича інфраструктура. На території господарства функціонуватиме комплекс повного циклу, до складу якого входитимуть:

- цех із рециркуляційною системою водопостачання (УЗВ) загальною продуктивністю 30 т/рік;
- цех вирощування личинок і молоді (інкубаційні апарати, мікросистеми);

- модуль для адаптації та відгодівлі ремонтно-маточного поголів'я;
- кормоцех для зберігання і підготовки кормів;
- лабораторія для моніторингу фізико-хімічних показників води та стану риби.

Система УЗВ побудована за модульним принципом із чотирма відділеннями: карантин, вирощування молоді, відгодівля товарної риби та адаптація до реалізації. Кожен модуль обладнано окремими фільтрами механічної, біологічної та ультрафіолетової очистки води.

Вода, отримана зі свердловини, може містити підвищений рівень розчинених газів, таких як азот або вуглекислий газ, що здатні чинити несприятливий вплив на стан і життєдіяльність риб. З огляду на це, необхідним етапом є проведення дегазації, тобто процедури видалення надлишкових газів. Це завдання реалізується за допомогою використання спеціалізованих дегазаторів або систем аерації, що забезпечують оптимізацію складу водного середовища.

У воді зі свердловин нерідко містяться механічні домішки або чужорідні частки, які здатні забруднювати систему. Для їхнього усунення використовується пропускання води через механічні фільтри або відстійники. Ці методи дозволяють ефективно очистити воду від твердих забруднень.

Після завершення цього етапу підготовки, вода набуває потрібних характеристик і стає придатною для подальшого застосування в рециркуляційній аквакультурній системі. У ході споживання кормів та кисню рибами вода в системі забруднюється продуктами життєдіяльності, такими як екскременти, вуглекислий газ і аміак.

Механічний фільтр, представлений, виступає ключовим елементом для усунення органічних відходів у системах рециркуляційного аквакультурного господарства (РАС). У більшості випадків такі господарства застосовують механічні фільтри, обладнані фільтрувальною тканиною з розміром пор 40–100 мікрон, що необхідно для ефективного очищення води з рибоводних басейнів.

Найрозповсюдженішим варіантом цього типу обладнання є барабанний фільтр (2.1).



Рис. 2.1. Комбінований барабанний фільтр для УЗВ

Біологічна фільтрація є складним, багатоступеневим процесом, під час якого органічні речовини трансформуються в безпечні сполуки, придатні для існування риб. Цей механізм забезпечується аеробними бактеріями, які використовують кисень, що супроводжується утворенням бактеріальної біомаси та впливає на зміну рівня рН води. Механічні фільтри не здатні усунути всі органічні частинки та розчинені речовини, зокрема фосфати та азотисті сполуки. Фосфати, будучи інертними, не становлять загрози, тоді як азот у формі аміаку (NH_3) є токсичним і вимагає трансформації в біофільтрі на безпечний нітрат.

У біофільтрах гетеротрофні бактерії здійснюють розкладання органічних речовин із утворенням вуглекислого газу, аміаку та шламу. Одночасно нітрифікуючі бактерії каталізують процес перетворення аміаку спочатку на нітрит, а потім на нітрат. Ефективність цього механізму біофільтрації значною мірою визначається температурними умовами водного середовища та рівнем рН. Для оптимального перебігу нітрифікації рекомендоване значення рН становить 7–7,5, адже при підвищенні цього показника спостерігається зростання

концентрації токсичних форм аміаку, що негативно впливає на процеси біофільтрації (рис.2.2).



Рис. 2.2. Двокамерний біофільтр для УЗВ

Нітрат, що є кінцевим продуктом процесу нітрифікації, хоча й вважається відносно нешкідливим, у високих концентраціях (понад 100 мг/л) може негативно впливати на ріст риб і знижувати ефективність годівлі. За відсутності регулярного поповнення системи свіжою водою він здатний накопичуватися до небезпечних рівнів. Один із способів уникнути цього — збільшення частоти заміни води, що дозволяє знижувати концентрацію нітратів до безпечних меж шляхом їх розведення. У рециркуляційних аквакультурних системах основною метою є мінімізація споживання води, що часто стає ключовим критерієм ефективності. За таких умов контроль за рівнем нітратів може здійснюватися за допомогою процесу денітрифікації. У ситуаціях, коли витрата води перевищує 300 літрів на кілограм корму, цей об'єм зазвичай достатній для підтримання концентрацій нітратів на прийнятному рівні. Проте, якщо витрата води знижується до менше ніж 300 літрів на кілограм корму, доцільно розглянути

впровадження денітрифікації як ефективного методу для зменшення накопичення нітратів у системі [32,33,34].

Умови водозабезпечення та якості води. Господарство використовує воду з артезіанської свердловини, що забезпечує постійний притік води стабільної якості з низьким вмістом органіки. Це дозволяє підтримувати ключові показники водного середовища на оптимальному рівні:

- температура: 18–22 °С (регулюється автоматично);
- рН: 7,2–7,8;
- вміст розчиненого кисню: не менше 6,5 мг/л;
- аміак: < 0,05 мг/л;
- нітрити: < 0,1 мг/л.

Для підтримання стабільних параметрів води застосовується система автоматичного контролю та сигналізації. Кожен модуль обладнано датчиками температури, рН, O₂ та редокс-потенціалу.

Система вирощування та продукція. У господарстві практикується інтенсивне вирощування стерляді та сибірського осетра до товарної маси 1,5–2,5 кг. Технологічний цикл триває 12–16 місяців, залежно від умов годівлі, температури та стартової маси.

Щільність посадки на старті - 30–40 кг/м³; у фінальній фазі - до 80 кг/м³. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати площу вирощування за умови дотримання оптимальних гідрохімічних параметрів.

Технологічні особливості: кормова стратегія та добавки. Годівля здійснюється сухими гранульованими комбікормами з високим вмістом білка (45–52%) і жиру (12–18%), збагаченими ферментативними, пробіотичними та фітогенними добавками. До складу кормів входять:

- пробіотики (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus spp.*);
- бета-глюкани;
- фітаза;

- екстракти часнику та розторопші;
- вітамінно-мінеральний премікс (компанія Skretting/Alltech).

Режим годівлі адаптується під фазу росту риби та температуру води. У ранній фазі годування здійснюється 4–6 разів на добу за допомогою автоматичних годівниць.

Система контролю та управління. Керування системою вирощування реалізовано за допомогою цифрової автоматизованої платформи, що дозволяє:

- вести моніторинг температури, розчиненого кисню та аміаку в режимі реального часу;
- коригувати інтенсивність фільтрації та аерації;
- автоматично керувати режимом годівлі;
- отримувати аналітичні дані щодо росту, ККК та загального біомасового балансу.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Технологічні підходи до введення кормових добавок в раціон риб

Вирощування товарної продукції сибірського осетра (*Acipenser baerii*) в установках замкненого водопостачання (РАС) ґрунтується на використанні інтегрованих технологій, які забезпечують підтримання оптимальних параметрів водного середовища та високий рівень керованості процесами росту і розвитку риби. Така система дозволяє здійснювати повний біотехнологічний цикл у контрольованих умовах, що є ключовим чинником стабільності виробництва та високої якості готової продукції.

Процес вирощування осетрових у РАС починається з інкубації заплідненої ікри, що проводиться у спеціальних апаратах типу Вейса або ЗУІ. Температура води на цьому етапі підтримується на рівні 16–18 °С при високому вмісті розчиненого кисню (не менше 7 мг/л). Після вилуплення личинки переходять до живлення, спочатку засвоюючи жовткові запаси, а далі — стартові мікрокорми або живий корм (личинки артемії). На стадії підрощування молоді температура води становить 20–22 °С, а вміст розчиненого кисню - 6,5–7,5 мг/л. У цей період використовується дрібногранульований екструдований корм із вмістом білка 50–55 % та жиру 10–12 %, що забезпечує швидке формування м'язової маси.

Подальший розвиток риби відбувається у виробничих басейнах циліндричної або прямокутної форми, де підтримується постійна циркуляція та аерація води. У таких умовах створюється потік, який стимулює активність осетра і покращує фізіологічний стан. Середня щільність посадки становить 60–80 кг/м³, а коефіцієнт обміну води в системі - 5–10 % за добу. Вода у РАС проходить багаторівневе очищення: спочатку механічне (піщано-гравійні або барабанні фільтри), потім біологічне (нітрифікаційні біофільтри з активною мікрофлорою), а на завершальному етапі - ультрафіолетову або озонову стерилізацію. Це дозволяє підтримувати гідрохімічні показники у стабільних

межах: рН - 7,0–7,8, загальна жорсткість - 4–6 ммоль/л, нітрити < 0,1 мг/л, нітрати < 50 мг/л, що відповідає фізіологічним потребам осетрових риб. Раціональна годівля осетрових в умовах інтенсивного вирощування в установках замкненого водопостачання є ключовим фактором, що визначає ріст, виживаність, якість продукції, ефективність використання ресурсів і економічну доцільність усього виробничого процесу. Особливості фізіології травлення осетрових, їх низька активність протеолітичних ферментів, специфіка всмоктування поживних речовин, а також висока вартість білкових компонентів зумовлюють необхідність впровадження спеціалізованих кормів з ретельно підібраним складом та додаванням функціональних компонентів [35,36,37].

В дослідному господарстві для різних вікових груп осетрових планується застосовувати повнораціонні екструдовані гранульовані комбікорми виробництва Skretting (Італія) та BioMar (Данія), адаптовані під видову специфіку (стерлядь, сибірський осетр) та етап розвитку (стартовий, ростовий, відгодівельний). Залежно від фази вирощування, корми поділяються на три основні групи (табл 3.1).

Таблиця 3.1

Розподіл кормів за періодами вирощування

Фаза	Діаметр гранули	Вміст білка (%)	Вміст жиру (%)	Енергетична цінність, МДж/кг
Стартова (0-100 г)	1–2 мм	48–50	14–18	18–20
Ростова (100-700 г)	2–4 мм	45–48	12–15	17–19
Відгодівельна (700 г+)	4–6 мм	40–45	10–14	16–18

До складу кормів входять:

- високоцінні джерела білка: рибне борошно, ферментований соєвий концентрат, борошно з криля;

- джерела жирів: риб'ячий жир, рапсова та лляна олія;
- вуглеводи: пшеничне борошно, кукурудзяний глютен;
- функціональні добавки: пробіотики, ферменти, антиоксиданти, фітогенні компоненти.

Окрему увагу приділено використанню **кормових добавок**, які активно впроваджуються у корми для підвищення біодоступності поживних речовин, зниження захворюваності та підвищення ефективності конверсії корму. У господарстві планується застосовувати групи добавок, наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Нетрадиційні кормові добавки для годівлі осетрових

Тип	Основний компонент	Призначення
Пробіотики	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Lactobacillus spp.</i>	Стабілізація мікрофлори кишечника
Ферменти	Протеази, фітази	Покращення перетравлення білків і фосфору
Імуностимулятори	Бета-глюкани, ехінацея	Підвищення опірності до хвороб
Антиоксиданти	Вітамін Е, селен	Захист клітин від стресу та перекисного окислення
Фітогенні речовини	Екстракт часнику, чебрець	Протимікробна та апетитстимулювальна дія

Використання даних компонентів забезпечує: зниження ККК з 1,7 до 1,3, підвищення щоденного приросту маси на 15-20%, зменшення рівня захворюваності на бактеріози та мікози на 25-40%, підвищення виживаності малька на 10-15%.

Годівля здійснюється залежно від фази росту, температури води та рівня активності риби, що контролюється автоматичною системою моніторингу.

Планується використання автоматичних бункерних годівниць із запрограмованим режимом подачі (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Режим годівлі риби

Вік риби	Кількість годівель/доба	Добова доза корму (% від маси тіла)
Мальок (до 50 г)	6 разів	4,5-5%
Молодь (50–500 г)	4-5 разів	3,0-4%
Говарна риба (понад 500 г)	2-3 рази	1,5-2,5%

У нічний період годування не проводиться, крім випадків особливої активності чи при використанні кормів із седативною дією (наприклад, перед пересадкою). Раз на 10-14 діб проводиться контрольне зважування для коригування норм годівлі.

Задля контролю якості годівлі на господарстві буде відбуватись щоденна реєстрація:

- спожитого корму;
- приросту маси риби;
- коефіцієнта конверсії корму;
- вмісту залишків у воді.

У випадку відхилення від нормальних показників проводиться перевірка якості партії корму, параметрів водного середовища або фізіологічного стану риби. Особлива увага приділяється гепатопротекції – для цього додаються такі кормові добавки як силімарин чи лецитин при виявленні перевантаження печінки внаслідок високої калорійності кормів.

Застосування кормових добавок у годівлі осетрових в умовах інтенсивного вирощування, зокрема в установках замкненого водопостачання, є не лише бажаним, а й технологічно необхідним заходом для забезпечення ефективності, рентабельності та біобезпеки виробництва. Враховуючи специфіку біології

осетрових, а також високий рівень метаболічного навантаження в інтенсивних системах, застосування ферментних, пробіотичних і фітогенних речовин є найбільш доцільним і виправданим.

Ферментні комплекси в кормах для осетрових використовуються переважно для покращення перетравлення білків і фосфору, які традиційно мають низьку біодоступність через високий вміст антипоживних факторів у рослинних білках (особливо в соєвих продуктах). У проєктованому господарстві, де будуть використовуватись комбікорми зі значною часткою рослинного білка, ферментні добавки (протеази, фітази) дозволять значно підвищити коефіцієнт перетравлення корму, знизити коефіцієнт конверсії корму та зменшити фосфорне навантаження на УЗВ.

До основних переваг використання кормових добавок у раціоні осетрових при їх вирощуванні в РАС можна віднести:

- покращення засвоєння білка на 15-20%;
- зниження коефіцієнту конверсії корму з 1,7 до 1,3;
- зменшення вмісту фосфору у воді на 30-35%.

Пробіотики – це живі мікроорганізми, які після потрапляння до травного тракту сприяють формуванню стабільної, корисної мікрофлори. У рециркуляційних системах із високою щільністю посадки ризик дисбактеріозів, аеромонозу, мікозів та інших захворювань зростає. У господарстві заплановано застосування пробіотиків типу *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum* та *Enterococcus faecium* в складі корму для стабілізації кишкової флори осетрових, а також як профілактичний імуномодулятор.

Одними із найважливіших аспектів використання пробіотиків, особливо у ставах та УЗВ є:

- Контроль азотного циклу: *Bacillus* та інші культури ефективно розкладають органічні відходи (залишки корму, екскременти) і

перетворюють токсичні сполуки (аміак, нітрити) на менш токсичні нітрати, що є критичним для підтримання чистоти води.

- Зниження біохімічного споживання кисню (БСК): Пробиотики допомагають швидше розкласти органіку, тим самим зменшуючи навантаження на кисневий режим водойми.

Пробиотики, додані до корму, покращують ефективність його використання. : Вони можуть синтезувати ферменти (протеази, ліпази, амілази), які допомагають риbam ефективніше перетравлювати складні компоненти корму. Деякі штами продукують необхідні вітаміни (наприклад, групи B), що покращує метаболізм та загальний ріст. В результаті покращеного травлення та підвищеного імунітету спостерігається збільшення коефіцієнта використання корму і, відповідно, прискорення росту риби/креветки.

Пробиотики можуть застосовуватися різними способами, залежно від цілей додавання до корму (Feed-based): бактеріальні культури змішуються з рідким носієм (наприклад, риб'ячим жиром) і рівномірно наносяться на гранули корму. Це найефективніший спосіб для впливу на мікрофлору кишечника. Використовується і несення у воду (Water-based): пробиотики додаються безпосередньо у воду водоймища, басейну чи танка. Цей метод спрямований на покращення якості води та контроль патогенів у навколишньому середовищі. Також можливим є внесення в ґрунт (Sediment-based): застосовується у ставковій аквакультурі для прискорення розкладання органічних відкладень на дні.

Попри значні переваги, науковці продовжують досліджувати оптимальні умови використання пробиотиків:

- Вибір штаму: Ефективність пробиотика є штамоспецифічною. Це означає, що штам, ефективний для коропа, може бути неефективним для креветки. Потрібен ретельний вибір, що ґрунтується на місцевих умовах.

- Дозування: Важливо дотримуватись оптимальної концентрації. Надмірне або недостатнє використання може зменшити або звести нанівець позитивний ефект.
- Взаємодія з кормом: Склад корму (вміст жирів, білків) може впливати на життєздатність пробіотичних бактерій.

Очікувані ефекти від введення до складу комбікормів пробіотиків полягають в:

- зниженні захворюваності на бактеріальні інфекції на 20-40%;
- покращенні апетиту та приростових показників;
- підвищенні виживаності млоді на 10-15%;
- стабілізації рівня рН кишкового середовища.

Пробіотики сприяють синтезу ферментів, посилюють бар'єрну функцію епітелію кишечника, а також стимулюють неспецифічний клітинний імунітет.

Фітогенні добавки – це натуральні екстракти рослинного походження (часник, чебрець, орегано, куркума), що мають антимікробні, протизапальні, антиоксидантні й апетитстимулювальні властивості. В умовах обмеженого використання антибіотиків у сучасній аквакультури фітогенетика є екологічно безпечною альтернативою.

У господарстві планується викристовувати фітогенні добавки:

- у стартових кормах для малька (з метою захисту слизової оболонки кишечника);
- під час технологічного стресу (пересадка, сортування);
- у період підвищеного температурного навантаження (влітку).

Очікувані фізіологічні ефекти від їх введення в раціон полягають в:

- покращенні апетиту;
- зниженні стресу (вплив на рівень кортизолу);

- пригніченні патогенної мікрофлори (аеромонади, псевдомонади);
- антиоксидантному захисті клітин.

Порівняльна характеристика нетрадиційних кормових добавок, які заплановано застосовувати за проєктом при вирощуванні товарної продукції осетрових в індустріальних умовах наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Порівняння ефективності нетрадиційних кормових добавок в раціоні осетрових

Тип добавки	Зниження ККК	Підвищення приросту, %	Зменшення захворюваності %	Інші ефекти
Ферменти	до 25%	+15–20%	-	↓ фосфатне навантаження
Пробіотики	10–15%	+10–18%	до -40%	↑ мікрофлора, ↑ виживаність
Фітогенні речовини	8–12%	+12–20%	до -30%	антистресова дія, стимул апетиту

Інтенсифікація вирощування осетрових у замкнених системах (УЗВ) потребує ретельного регулювання всіх аспектів технологічного процесу, особливо процесу годівлі. У цьому контексті використання кормових добавок, таких як ферменти, пробіотики та фітогенні речовини, набуває статусу не просто корисного інструменту, а ключового стратегічного рішення для підвищення продуктивності, забезпечення біозахисту та покращення економічної ефективності виробництва.

Згідно нашого аналізу введення до раціону осетрових нетрадиційних кормових добавок матиме наступні переваги (табл. 3.1.5):

✓ *Біологічний ефект.* Завдяки покращенню перетравлення корму, нормалізації кишкової мікрофлори та активації неспецифічного імунітету, кормові добавки забезпечують:

- приріст маси: підвищення середньодобових приростів на 15-25% у порівнянні з контрольними групами;

- скорочення терміну вирощування: з 16 до 12 місяців для досягнення товарної маси 1,5-2 кг;

- виживаність: зростання на 10-20% у молоді завдяки зниженню стресу та профілактиці кишкових розладів;

- стабілізацію фізіологічного стану риби: поліпшення гепатологічних показників (менша жирова дистрофія печінки), зниження вмісту кортизолу.

✓ *Технологічний ефект.* Використання функціональних добавок дозволяє оптимізувати основні технологічні показники вирощування:

- зниження коефіцієнта конверсії корму з 1,7 до 1,2-1,3, що означає економію 300–500 кг корму на кожну тону продукції;

- покращення якості водного середовища за рахунок кращого засвоєння корму та зниження вмісту метаболітів (аміак, нітрити, фосфати);

- зменшення біонавантаження на систему фільтрації УЗВ, що знижує витрати на обслуговування та подовжує ресурс системи біофільтрації;

- скорочення періодів технологічного стресу (пересадка, переведення на інший корм, сортування), що знижує ризик спалахів хвороб;

✓ *Економічний ефект.* Економічна ефективність досягається через зниження затрат на корм, зменшення втрат поголів'я, підвищення обсягів виробництва й покращення якості продукції:

- економія на кормах: при зниженні ККК на 0,4 і вартості корму 55 грн/кг – економія становить \approx 22 000 грн/т продукції.

- зменшення витрат на лікування: на 30-50% менше витрат на антибіотики та санацію систем;

- збільшення реалізаційного виходу: на 12-18% більше товарної риби за той самий цикл вирощування;

- вища якість продукції: краща консистенція м'яса, відсутність неприємного запаху, що збільшує її ринкову вартість на 10-15%;

✓ Екологічний ефект. Функціональні кормові добавки, зокрема пробіотики та фітогенні речовини, сприяють екологізації виробництва:

- зменшення викидів органічних сполук у фільтраційні системи (завдяки повнішому перетравленню корму);

- відмова від антибіотиків: завдяки імуномодулювальній дії добавок, що зменшує ризики формування стійких штамів мікроорганізмів;

- покращення біологічного фону в УЗВ: зниження концентрації патогенів у рециркуляційній воді.

Таблиця 3.5.

Сумарна оцінка очікуваного ефекту на господарстві від використання нетрадиційних кормових добавок

Показник	До впровадження	Після впровадження добавок
Коефіцієнт конверсії корму	1,7	1,2-1,3
Середньодобовий приріст	6-8 г/добу	9-11 г/добу
Виживаність	75-80%	88-92%
Захворюваність у молоді	20-25%	8-12%
Собівартість 1 кг продукції	130-140 грн	110-115 грн
Якість м'яса (за 5-бальною шкалою)	3,7	4,5-4,8

3.2 Оцінка впливу використання нетрадиційних кормових добавок на продуктивність росту та фізіологічний стан об'єктів культивування

На основі вивчення літературних джерел проектом передбачено оцінку впливу різних видів функціональних кормових добавок (ферментів, пробіотиків,

фітогенних речовин) на приріст, коефіцієнт конверсії корму, виживаність та загальний фізіологічний стан осетрових у виробничих умовах УЗВ.

Для проведення розрахунків було обрано об'єктом культивування сибірського осетера (*Acipenser baerii*), віком 10 міс та масою 300-500 г. Вирощування буде здійснюватись за щільності посадки 50 кг/м³. Умови утримання об'єкта вирощування передбачають наступні параметри водного середовища: температура води - 21 °С, рН - 7,4-7,6, О₂ - не менше 6,5 мг/л.

Відповідного до технології вирощування товарної продукції осетрових, яка буде застосована на проектованому господарстві, розроблено схему годівлі об'єкта культивування, яка передбачає:

- кількість годівель/добу: 4 (автоматичні годівниці);
- початкова добова норма: 2,8% від маси тіла (коригування кожні 14 діб);
- форма подачі: гранула 3 мм, екструдований корм;
- постійна фільтрація, аерація, УФ-обробка води, фотоперіод – 12/12 год.

З метою аналізу ефективності вирощування продукції пропонується використовувати наступні методи контролю:

- зважування риби кожні 14 діб (визначення приростів);
- розрахунок коефіцієнта конверсії корму;
- візуальний моніторинг поведінки та апетиту об'єкта культивування;
- лабораторне визначення вмісту загального аміаку та нітритів у воді;

Оцінювання ефективності введення кормових добавок до раціону риб можна здійснювати за такими показниками: приріст маси, ККК, відсоток виживаності (%), коефіцієнт вгодованості, показники гідрохімії та бактеріологічного стану води, економічний ефект (прямі витрати на корм / приріст біомаси).

Досягнення очікуваного ефекту від введення нетрадиційних кормових добавок до раціону осетрових буде за дотримання схеми їх дозування. Використовуватиметься стандартний комбікорм Skretting Sturgeon Grower 45/14. До нього будуть вводиться:

- ✓ ферментний комплекс (протеаза + фітаза) у дозі 500 г/т;
- ✓ пробіотик (*Bacillus subtilis*) у дозі 700 г/т;
- ✓ фітогенна добавка (екстракт часнику та розторопші) у дозі 2 кг/т.

Розрахунки потреб господарства на вирощування 1 т товарної рибної продукції сибірського осетера базуються на рибоводно-біологічних нормативах.

Враховуючи, що маса 1 екз. товарної продукції складає 0,7 кг, розраховуємо загальну кількість екземпляр товарної риби:

$$1\ 000\ \text{кг} / 0,7\ \text{кг} = 1428\ \text{екз.}$$

Потреба у басейнах за середньою щільністю посадки риби 180 екз/м³ становитиме:

$$1428\ \text{екз.} / 180\ \text{екз/м}^3 = 8\ \text{м}^3$$

Розраховуємо потреби проєктного господарства у посадковому матеріалі сибірського осетера, за його середньої маси 100 г. Вихід за цикл вирощування складає 93%. Проте, враховуючи застосування у годівлі риби нетрадиційних кормових добавок його можна збільшити на 10%, тобто до 96%. Таким чином потреба у молоді для товарного підприємства складе:

$$(1428\ \text{екз.} \times 100) / 96 = 1487\ \text{екз}$$

$$1487\ \text{екз} \times 0,1\ \text{кг} = 148,7\ \text{кг}$$

Отже, на кожну 1 тону товарної продукції сибірського осетра підприємство має забезпечити 1487 екз або 148,7 кг рибопосадкового матеріалу. Використання кормових добавок дозволить скоротити закупівлю молоді на 48 екз.

Враховуючи, кормовий коефіцієнт спеціальних комбікормів для годівлі осетрових 1,3, визначаємо потреби в них господарства:

$$1\ 000\ \text{кг} - 148,7\ \text{кг} = 851\ \text{кг}$$

$$851 \text{ кг} \times 1,3 = 1\,107 \text{ кг}$$

Таким чином, протягом усього періоду вирощування для забезпечення повноцінного живлення сибірського осетра необхідно придбати 1107 кг спеціального комбікорму для годівлі осетрових та кормові добавки з метою зниження кормового коефіцієнту до 1,3.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОРМОВИХ ДОБАВОК В АКВАКУЛЬТУРІ

Економічна оцінка ефективності застосування кормових добавок базується на співвідношенні витрат на вирощування та отриманого прибутку. В умовах інтенсивного виробництва в УЗВ основними складовими собівартості є вартість корму, електроенергії, заробітної плати та охорони праці. Економічна ефективність в аквакультурі – це ключовий показник, що відображає співвідношення між фінансовими витратами на виробництво (корм, енергія, робоча сила) та отриманим доходом від продажу продукції (риба, креветки, ікра). Науковий підхід до підвищення ефективності зосереджений на оптимізації ресурсів і зниженні ризиків.

Найбільш критичним фактором у сучасній аквакультурі є коефіцієнт конверсії корму, оскільки витрати на корм часто становлять 50–70% усіх експлуатаційних витрат.

Використання ферментних, пробіотичних і фітогенних добавок демонструє не лише покращення біопродуктивності, але й істотну економічну вигоду.

Таблиця 4.1

Вихідні економічні дані для розрахунку

Показник	Значення
Ціна комбікорму	55 грн/кг
Ціна ферментної добавки	140 грн/кг
Ціна пробіотика	180 грн/кг
Ціна фітогенної добавки	240 грн/кг
Ринкова ціна товарної риби	250 грн/кг
Тривалість вирощування	60 днів
Обсяг вирощеної риби	1000 кг (усереднено)

Розрахунок витрат на вирощування товарної рибної продукції:

Без використання нетрадиційних кормових добавок:

- ККК = 1,70 → корму потрібно: 170 кг.
- Вартість корму: $170 \text{ кг} \times 55 \text{ грн} = 9\,350 \text{ грн}$
- Додаткові витрати (умовно): 2 000 грн
- Собівартість: $\approx 11\,350 \text{ грн} / 100 \text{ кг} \rightarrow 113,5 \text{ грн/кг}$

За використання ферментної добавки:

- ККК = 1,51 → 151 кг корму + 500 г ферменту ($0,5 \text{ кг} \times 140 \text{ грн} = 70 \text{ грн}$)
- Вартість корму: $151 \text{ кг} \times 55 = 8\,305 \text{ грн}$
- Вартість добавки: 70 грн
- Додаткові витрати: 2 000 грн
- Собівартість: $\approx 10\,375 \text{ грн} / 100 \text{ кг} \rightarrow 103,75 \text{ грн/кг}$

За використання пробіотика:

- ККК = 1,49 → 149 кг корму + 700 г пробіотика ($0,7 \text{ кг} \times 180 \text{ грн} = 126 \text{ грн}$)
- Корм: $149 \text{ кг} \times 55 = 8\,195 \text{ грн}$
- Добавка: 126 грн
- Додаткові витрати: 2 000 грн
- Собівартість: $\approx 10\,321 \text{ грн} / 100 \text{ кг} \rightarrow 103,21 \text{ грн/кг}$

За використання фітогенної добавки:

- ККК = 1,41 → 141 кг корму + 2 кг фітодобавки ($2 \times 240 = 480 \text{ грн}$)
- Корм: $141 \text{ кг} \times 55 = 7\,755 \text{ грн}$
- Добавка: 480 грн
- Додаткові витрати: 2 000 грн
- Собівартість: $\approx 10\,235 \text{ грн} / 100 \text{ кг} \rightarrow 102,35 \text{ грн/кг}$

Таблиця 4.2

**Зведена таблиця економічної ефективності використання
нетрадиційних кормових добавок в годівлі осетрових**

Група	ККК	Собівартість, грн/кг	Ціна реалізації, грн/кг	Прибуток з 1 кг, грн
Без використання добавок	1,70	113,50	250	136,50
Ферменти	1,51	103,75	250	146,25
Пробіотики	1,49	103,21	250	146,79
Фітогенні добавки	1,41	102,35	250	147,65

Оцінка економічного ефекту на 1 кг продукції:

- Ферменти: +7,1% прибутку;
- Пробіотики: +7,5%;
- Фітогенні речовини: +8,2% прибутку.

За річного виробництва на 1 т це додатково до 8200 грн чистого прибутку.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є важливою складовою функціонування будь-якого виробничого об'єкта, що забезпечує безпечні умови праці, збереження життя та здоров'я працівників. В аквакультурі, як галузі, що поєднує технологічні, біологічні та гідротехнічні процеси, охорона праці набуває особливого значення. Вона охоплює не лише технічну безпеку персоналу, але й екологічні та біологічні аспекти виробництва.

Система управління охороною праці базується на положеннях Закону України «Про охорону праці» [38] (2022 р.), Кодексу законів про працю [39], НПАОП 0.00-4.12-05 [40] «Типове положення про навчання з питань охорони праці» та інших нормативних актів. Основними завданнями системи є: організація безпечних умов праці, попередження травматизму, проведення інструктажів і контроль за дотриманням правил безпеки. У межах підприємства створюється служба охорони праці, що здійснює контроль за станом технічного обладнання, проводить аналіз ризиків, розробляє інструкції та здійснює перевірку знань працівників. Кожен співробітник перед початком роботи проходить медичний огляд, вступний інструктаж, а потім періодичні повторні інструктажі. Нові працівники допускаються до роботи лише після практичного ознайомлення з технологічним процесом та засвоєння правил поведінки у виробничих приміщеннях. Навчання з охорони праці проводиться щонайменше раз на три роки.

У процесі ведення аквакультурного виробництва працівники стикаються з дією різноманітних небезпечних і шкідливих факторів. Їх можна класифікувати за характером впливу:

- фізичні фактори — підвищена вологість, температура, шум, вібрація, електричні поля, освітлення. Тривала робота у приміщеннях із високою вологістю може спричинити переохолодження або хвороби дихальної системи.

- хімічні фактори — аміак, сірководень, нітрити, нітрати, хлор, що утворюються внаслідок розкладу органічних речовин у воді. Тривалий контакт з ними може викликати подразнення слизових оболонок і шкіри.
- біологічні фактори — патогенні мікроорганізми, паразити, спори грибів, які можуть потрапити у воду або на обладнання. Для профілактики проводяться регулярна дезінфекція та ветеринарно-санітарний контроль.
- психофізіологічні фактори — монотонність, емоційне напруження, відповідальність за біологічні об'єкти [41,42,43].

Для зниження дії цих факторів передбачено використання засобів індивідуального захисту (рукавички, фартухи, спецвзуття), регулярне провітрювання приміщень, очищення вентиляційних каналів, контроль рівня газів у повітрі. Допустимі рівні шуму не повинні перевищувати 80 дБ, вібрації — $0,32 \text{ м/с}^2$, аміаку — 20 мг/м^3 . Для виявлення потенційних небезпек використовується система оцінки ризиків, заснована на ISO 45001:2018 [44].

Обладнання УЗВ (насоси, компресори, біофільтри, трубопроводи, контролери, УФ-лампи) має працювати під тиском і напругою, тому його обслуговування потребує суворого дотримання правил технічної експлуатації. Перед запуском системи перевіряється герметичність труб, наявність заземлення, справність автоматичних вимикачів. Під час очищення фільтрів працівники повинні користуватись гумовими рукавичками, окулярами, респіраторами.

У разі витoku води або електричного струму система негайно вимикається з головного щита. Усі резервуари мають бути обладнані переливними патрубками, аварійними клапанами та датчиками рівня води. Не дозволяється залишати без нагляду працюючі насоси або компресори, проводити ремонт без попереднього відключення напруги. Працівники повинні проходити щорічне навчання з експлуатації насосного й фільтраційного обладнання [45].

Електробезпека та пожежна безпека. Електробезпека є однією з найважливіших складових охорони праці, адже аквакультурні приміщення

належать до категорії особливо небезпечних. Використовується обладнання зі ступенем захисту не нижче IP44. Електрощити повинні бути обладнані автоматичними вимикачами диференційного струму, а кабелі - із подвійною ізоляцією. Не допускається експлуатація пошкоджених подовжувачів, кабелів або вилок. Вологе прибирання проводиться лише після повного знеструмлення. Пожежна безпека забезпечується системами оповіщення, планом евакуації, вогнегасниками (порошковими, вуглекислотними) і пожежними щитами. Згідно з ДСТУ 7331:2020 [46], у приміщеннях до 200 м² встановлюється щонайменше два вогнегасники місткістю 5 л. Усі працівники повинні проходити щорічні навчання з пожежної безпеки. Паління на території дозволене лише у спеціально відведених місцях. Забороняється зберігати легкозаймисті речовини біля електрощитів або нагрівальних елементів.

Санітарно-гігієнічні вимоги та мікроклімат виробничих приміщень.

Параметри мікроклімату мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.6.042-99 [47]. Температура повітря в робочій зоні повинна бути 18–22 °С, вологість - до 80 %, швидкість руху повітря - до 0,3 м/с. У зимовий період допускається додаткове опалення, яке не створює пересушення повітря. У приміщеннях обов'язково проводиться щоденне вологе прибирання та дезінфекція робочих поверхонь. Освітленість на робочих місцях - не менше 200 лк, у лабораторіях - 400 лк. Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБ, концентрація аміаку у повітрі - 20 мг/м³. Санітарно-побутові приміщення (душові, роздягальні) повинні бути розташовані поруч із виробничими цехами. Кожен працівник забезпечується спецодягом, засобами для миття рук, аптечкою першої допомоги. Проводяться профілактичні медичні огляди двічі на рік для виявлення захворювань, спричинених роботою у вологому середовищі.

Екологічна безпека та поводження з відходами. Аквакультура належить до екологічно чутливих видів виробництва, тому особлива увага приділяється мінімізації впливу на довкілля. Згідно з ДСТУ ISO 14001:2015 [48], підприємства повинні мати екологічну політику, спрямовану на скорочення забруднень. Вода,

що використовується у виробничому циклі, проходить біологічне очищення у біофільтрах, де амоній перетворюється на нітрати. Після фільтрації вода може бути використана повторно або проходить додаткове знезараження ультрафіолетом.

Відходи органічного походження (кормові залишки, мул, біоматеріал) збираються та передаються на утилізацію відповідно до вимог ДСТУ 4947:2008 [49]. Не допускається їх зберігання понад 48 годин. Для запобігання вторинному забрудненню необхідно облаштувати герметичні контейнери для збору відходів. Моніторинг гідрохімічних показників води проводиться щотижня; результати фіксуються в журналі контролю якості.

Психофізіологічні фактори та організація робочого місця. Високий рівень відповідальності, робота у замкненому середовищі, постійний контакт із водою та живими організмами можуть створювати психологічне навантаження. Тому необхідно дотримуватися раціональної організації праці. Робочий день не повинен перевищувати 8 годин, із двома перервами по 10–15 хвилин. Робочі місця обладнуються з урахуванням ергономічних вимог: достатня висота столів, вентиляція, рівномірне освітлення, низький рівень шуму. Забезпечення комфортних умов сприяє зменшенню стомлюваності, підвищенню продуктивності праці та зниженню рівня травматизму. Впровадження корпоративної культури безпеки, командного навчання та психологічної підтримки працівників є ефективним засобом профілактики стресів [50].

Дії працівників у період воєнного стану та надзвичайних ситуацій. В умовах воєнного стану в Україні безпека працівників набуває особливого значення. Відповідно до Закону України «Про правовий режим воєнного стану» [51], адміністрація зобов'язана розробити план дій на випадок повітряної тривоги, обстрілу або аварій. Працівники повинні бути ознайомлені з маршрутами евакуації, місцями укриття, сигналами оповіщення. Під час оголошення повітряної тривоги необхідно припинити всі виробничі процеси, вимкнути електроживлення, перекрити водопостачання і прямувати в укриття.

Після сигналу «Відбій» здійснюється перевірка обладнання, стану комунікацій і фіксація можливих пошкоджень. Для працівників проводяться інструктажі з цивільного захисту щонайменше двічі на рік, а також навчальні тренування з евакуації.

ВИСНОВКИ

1. Біологічні особливості осетрових обумовлюють їх високу потребу у високобілковому, легко перетравному кормі та підвищену чутливість до змін умов середовища. Недостатня активність травних ферментів та схильність до кишкових дисфункцій потребують додаткової підтримки за рахунок функціональних кормових добавок.

2. Використання ферментних комплексів у складі корму підвищує засвоєння білка та фосфору на 15-20%, знижує коефіцієнт конверсії корму на 10-15% та зменшує забруднення води метаболітами, що позитивно впливає на стабільність роботи УЗВ. Пробиотики (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus spp.*) стабілізують мікрофлору кишечника, покращують апетит, знижують захворюваність на бактеріальні інфекції на 20-40%, підвищуючи виживаність риби до 92-94%.

3. Фітогенні добавки (екстракти часнику, чебрецю, розторопші) мають найбільший позитивний вплив, знижуючи ККК до 1,41 та підвищуючи виживаність до 94%, що свідчить про їх комплексну дію (стимуляція апетиту, антибактеріальні й антистресові властивості).

4. Економічна ефективність застосування добавок доведена зниженням собівартості продукції на 8-10% та підвищенням чистого прибутку на 7-8% у порівнянні з традиційною схемою годівлі без добавок. Це дозволяє зменшити витрати корму на 300-500 кг на кожну тонну вирощеної риби.

5. Комплексний підхід, що включає правильний підбір кормів, стабільні умови утримання та інтеграцію ферментних, пробіотичних і фітогенних добавок, є найбільш результативною стратегією для індустріального вирощування осетрових у рециркуляційних аквакультурних системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Acipenseridae (PDF). Deeplyfish- fishes of the world. Archived from the original (PDF) on 18 September 2017. Retrieved 18 May 2017. <http://deeplyfish.com/wp-content/uploads/2017/05/Family-Acipenseridae-PDF.pdf>
2. Cataldi, E. and Albano, C., 2002. Acipenser nccarii; Fine structure of the alimentary canal references to its ontogenesis, Applied Ichthyology. 18,329 -337
3. Harkovskiy, A., & Melnyk, V. Influence of different diets on growth performance and health status of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). Aquaculture Research. 2023. Vol. 54, Iss. 2. P. 891–902.
4. Андрющенко А.І., Вовк Н.І. Аквакультура. Навчальний посібник. ДДП «Експо-Друк», К. 2015.
5. Фізіологія риб. Євтушенко М.Ю. К: Аграрна освіта, 2008. – 342 с.
6. Пожилыцев, М. В., та ін. Технологічні особливості вирощування сибірського осетра (*Acipenser baerii*) в умовах замкнених систем водопостачання. Рибогосподарська наука України. 2021. № 3. С. 45–54.
7. Рудих, С. М. Еколого-біологічна характеристика осетрових риб (*Acipenseridae*) / С. М. Рудих, Н. С. Беспалова // Науковий огляд. Педагогічні науки. - 2019. - № 2-4. - С. 27-29. - EDN NCGRDK.
8. Шерман І.М., Корнієнко В.О., Шевченко В.Ю. Осетрівництво: підручник К.: 2010. 208 с.: іл.
9. Miraghaei, P., et al. A review of the nutritional value and biological activities of sturgeon processed byproducts. Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. P. 1024309.
10. Hung, S. S. O., Deng, D. F., & Lutes, P. B. Recent advances in sturgeon nutrition. Reviews in Aquaculture, 2017, 9(3), 180–199. DOI: 10.1111/raq.12131.
11. Wang, C., Li, J., & Zhang, H. Dietary Protein Optimization for Growth and Immune Enhancement in Juvenile Hybrid Sturgeon. Biology, 2024, 13(5), 324. DOI: 10.3390/biology13050324.

12. Li, P., Chen, X., & Zhou, T. Effects of Dietary Protein and Lipid Levels in Practical Aquaculture of Sturgeon. *Aquaculture Reports*, 2023, 29, 104272. DOI: 10.1016/j.aqrep.2023.104272.
13. Gong, G., et al. Dietary Protein Optimization for Growth and Immune Enhancement in Juvenile Hybrid Sturgeon (*Acipenser baerii* × *A. schrenckii*): Balancing Growth Performance, Serum Biochemistry, and Expression of Immune-Related Genes. *Biomimetics*. 2024. Vol. 9, Iss. 5. P. 324.
14. Chen R., et al. A review of the nutritional value and biological activities of sturgeon (*Acipenseridae*) and sturgeon - derived products. *Frontiers in Nutrition*. 2022. DOI:10.3389/fnut.2022.1024309
15. Djordjevic, J., et al. Key Performance Indicators of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Wintering in a Pond and RAS under Different Feeding Schemes. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, Iss
16. Mashood Z., Rawski M., Kierończyk B., Skrzypczak P., Mazurkiewicz J. Evaluation of the application and environmental sustainability of alternative feed materials in sturgeon nutrition: A review. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2025. Vol. 34(1):3–19. DOI:10.22358/jafs/190730/2024
17. Pelić, D., et al. Slaughter yield and chemical composition of Siberian sturgeon reared in a recirculating aquaculture system (RAS). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1205. P. 012011.
18. Ren Y., Liu X., Zhu Q. et al. Dietary lipid levels affect growth, feed utilization and body composition in juvenile sturgeon. *Aquaculture Nutrition*. 2021. Vol. 27(6). pp. 1445-1456. DOI:10.1111
19. Ghiasi, S., et al. Effect of dietary flaxseed meal on growth, blood biochemistry, reproductive hormones and oocyte development in previtellogenic Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *Animal Feed Science and Technology*. 2023. Vol. 295. P. 39–44.

20. Lee S., Beauchamp D. A., Hardy R. W., et al. Evaluation of formulated feed for juvenile lake sturgeon. *North American Journal of Aquaculture*. 2018. Vol. 80, No. 1. P. 61–72.
21. Забитівський Ю.М., Ковальчук О.М., Юрчак С.В. та ін. Методичні рекомендації щодо підвищення продуктивних показників та резистентності молоді осетрових риб в умовах УЗВ. Великий Любінь: Львівська дослідна станція ІРГ НААН, 2020. 13 с. ISBN 978-617-8268-56-5.
22. Long, L., et al. Effects of stocking density on growth, stress, and immune responses of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) in a recirculating aquaculture system. *Comparative Biochemistry, and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 2019. Vol. 219. P. 25–34.
23. Інтенсивні технології в аквакультурі. К.: ЦЗА, 2015. 148 с.
<https://chnг.darg.gov.ua/files/16/tehnolog.pdf>
24. НУБіП України. Методичні вказівки з дисципліни «Годівля риб». Київ: НУБіП, 2016. 47 с.
25. Сучасна аквакультура: від теорії до практики посібник Київ: Центр учбової літератури за сприяння Держрибагентства, 2016. 304 с.
26. [climate-Data.org](https://climate-data.org). Odesa Climate: Temperature, Precipitation, Sunshine Hours (Average Values 1991–2020). – 2023.
URL: <https://en.climate-data.org/europe/ukraine/odessa-oblast-583/>
27. Український гідрометеорологічний центр. Кліматична характеристика Одеської області (середньорічні показники за 1991–2020 рр.). – Київ : Укргідрометцентр, 2022. URL: <https://meteo.gov.ua>
28. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Ґрунти південного Лісостепу України – характеристика і властивості. – Одеса : Головне управління Держгеокадастру в Одеській області, 2023.
URL: <https://ode.stategeo.gov.ua>
29. Bongiorno T., Foglio L., Proietti L., et al. Microalgae from Biorefinery as Potential Protein Source for Siberian Sturgeon (*A. baerii*) *Aquafeed*. //

Sustainability. – 2020. – Vol. 12, No. 21. – Article 8779.
DOI:10.3390/su12218779.

30. Mukherjee R., et al. Dietary supplementation of garlic (*Allium sativum* L.) extract enhances haematological, humoral immune responses and disease resistance of larvae. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. – 2021. – Vol. 20, No. 4. – P. 149-164. – DOI: 10.22092/ijfs.2021.350688.0.
31. Papp, M., Péntzes, B., Békési, B., & Lengyel, P. Sustainability in Intensive Aquaculture—Profitability of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Production in Recirculating Aquaculture Systems Based on a Hungarian Case Study. *Animals*. 2025. Vol. 15, Iss. 7. P. 1055.
32. Breeding of the Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869), in a recirculating aquaculture system, with different stocking densities. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*. 2011. Vol. 15, Iss. 2. P. 127–130.
33. Helfrich, L. A., and E. E. Eglee. The Recirculating Aquaculture Tank Production System (RAS): An Introduction. Virginia Tech, Virginia Cooperative Extension. 2020. 12 p.
34. Helfrich, L. A., and E. E. Eglee. The Recirculating Aquaculture Tank Production System (RAS): An Introduction. Virginia Tech, Virginia Cooperative Extension. 2020. 12 p
35. Aidos L., Vasconi M., Abbate F., Valente L. M. P., Lanfranchi M., Di Giancamillo A. Effect of stocking density on reared Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) larval growth, muscle development and fatty acids composition in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*. 2018. Vol. 50. P. 588–598
36. Piotrowska I., Kozłowski M. Preliminary rearing outcomes of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, juveniles in autonomous hatching and rearing modules. *Fisheries & Aquatic Life*. 2024. No. 1. P. 26–33
37. Sikora M. Nitrogen compound oxidation rate in recirculation systems. *Aquaculture*. 2022

38. Закон України «Про охорону праці». – К.: ВРУ, 2022.
39. Кодекс законів про працю України. – К.: ВРУ, 2023.
40. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про навчання з питань охорони праці». – Мінсоцполітики, 2021.
41. Kim S. H., et al. Improving Aquaculture Worker Safety: A Data-Driven FTA Analysis. *Aquaculture*. – 2025. – Vol. 10, No. 6. – Article 271
42. Ngajilo D., Jeebhay M. F. Occupational health in aquaculture – a review of the literature. Cape Town : University of Cape Town, 2018. – 38 с. – URL: https://ifishconference.ca/wpcontent/uploads/2018/11/4c4_ngajilo_etal_occupational_health_aquaculture_-literature_review.pdf
43. Myers M. L. Review of occupational hazards associated with aquaculture. London : Health and Safety Executive, 2010. – 45 с. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20954037>
44. ДСТУ ISO 45001:2018 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці». – Київ, 2018.
45. Методичні рекомендації з безпеки праці на рибогосподарських підприємствах. – К.: НУБіП, 2023.
46. ДСТУ 7331:2020 «Пожежна безпека. Загальні вимоги». – Київ, 2020.
47. ДСанПіН 3.3.6.042-99 «Мікроклімат виробничих приміщень». – МОЗ України, 2020.
48. ДСТУ ISO 14001:2015 «Системи екологічного менеджменту». – Київ, 2015.
49. ДСТУ 4947:2008 «Відходи тваринного походження. Порядок поводження та утилізації». – Київ, 2008.
50. Рожков А. О., Кравець О. М. Ергономічні аспекти організації виробничих процесів. *Український журнал з проблем медицини праці*. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 34–42.
51. Закон України «Про правовий режим воєнного стану». – К.: ВРУ, 2022.