

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет
Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Допускається до захисту:
Завідувач кафедри
водних біоресурсів та аквакультури,
д. б. н., проф. _____ Роман НОВІЦЬКИЙ
«_____» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр на тему:
**Обґрунтування технологічних прийомів вирощування форелі райдужної в
умовах форелевого господарства «Стара Вага» Хустського району
Закарпатської області**

Здобувачка
першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти _____ Софія ЗАЖАРСЬКА

Керівник
кваліфікаційної роботи,
к. с-г. наук, доцентка _____ Марина ГОРІЛА

Дніпро–2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Біотехнологічний факультет
Спеціальність 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
Кафедра водних біоресурсів та аквакультури
Освітній ступінь – «Бакалавр»

Затверджую:

Завідувач кафедри
водних біоресурсів та аквакультури,
д. б. н., проф. _____ Роман НОВІЦЬКИЙ
“ _____ ” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу здобувачці вищої освіти

Софії ЗАЖАРСЬКІЙ

**Тема роботи: Обґрунтування технологічних прийомів вирощування форелі
райдужної в умовах форелевого господарства «Стара Вага» Хустського
району Закарпатської області**

Затверджена наказом по університету від “ 09 ” 04. 2026 р. № 724

1. Термін здачі здобувачем завершеної роботи – червень 2026 р.
2. Вихідні дані до роботи: Вивчали епізоотичне благополуччя територій на інфектопатологію форелі, ПЛР-діагностику, клінічні ознаки, ефективність профілактики та лікування, вірус інфекційного гематопоестичного некрозу (IHNV).
3. Короткий зміст роботи – перелік питань, що розробляються в роботі: вступ, огляду літератури, матеріал, умови та методики виконання роботи, результати власних досліджень, охорона навколишнього середовища, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, висновки та пропозицій, список літературних джерел.
4. Перелік графічного матеріалу: таблиць – 8; рисунків – 10, додатків – 4.

5. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Власні дослідження	Горіла М.В.		

6. Дата видачі завдання _____ Софія ЗАЖАРСЬКА

Керівник _____ Марина Горіла

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Мета і задачі роботи	жовтень 2025 р	виконано
2.	Матеріал, мета та методика досліджень	листопад 2025 р.	виконано
3.	Вивчення сучасного стану епізоотичного благополуччя коропів	грудень-січень 2026р.	виконано
4.	Проведення лабораторної діагностики	лютий-березень 2026 р.	виконано
5.	Написання роботи згідно встановлених вимог	квітень-травень 2026р.	виконано
6.	Підготовка та оформлення доповіді на захист	травень 2026 р.	виконано
7.	Попередній захист на кафедрі	червень 2026 р.	виконано

Здобувач

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти _____ Софія ЗАЖАРСЬКА

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Марина ГОРІЛА

АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня першого рівня «Бакалавр» здобувачки вищої освіти IV курсу кафедри водних біоресурсів та аквакультури денної форми навчання біотехнологічного факультету ДДАЕУ Софії Володимирівни ЗАЖАРСЬКОЇ

на тему: **Обґрунтування технологічних прийомів вирощування форелі райдужної в умовах форелевого господарства «Стара Вага» Хустського району Закарпатської області**

Кваліфікаційна робота викладена на 68 сторінках друкованого тексту, містить 8 таблиць та 10 ілюстрацій. Перелік використаних джерел включає наукові та нормативні публікації, що були опрацьовані під час виконання дослідження.

Структурно робота складається з п'яти розділів. У вступній частині обґрунтовано актуальність обраної тематики, сформульовано мету дослідження та визначено основні завдання, необхідні для її досягнення, охарактеризовано об'єкти дослідження. Другий розділ присвячений аналізу сучасних наукових публікацій щодо змін інфекційної патології в сфері аквакультури та узагальненню існуючих підходів до вивчення проблеми. У третьому розділі описано застосовані методи та наведено схему експерименту із зазначенням умов його проведення, результати власних експериментальних досліджень, отримані під час обстеження форелевих господарств та виконання лабораторної діагностики розділі. Четвертий розділ містить розрахунки та аналіз економічної доцільності впровадження запропонованих заходів. У завершальному, п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці та забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Об'єкт дослідження: Епізоотичний процес інфекційного гематопоектичного некрозу (IHNV) у популяціях райдужної форелі при інтенсивних методах вирощування.

Предмет дослідження: Чинники ризику, динаміка поширення вірусу IHNV та методичні підходи до прогнозування спалахів хвороби.

Ключові слова: райдужна форель, інтенсивне вирощування, інфекційний гематопоектичний некроз (IHNV), епізоотична ситуація, економічні збитки.

ABSTRACT

of the thesis for the first level educational degree "Bachelor" of the 4th year higher education student of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of the full-time form of study of the Biotechnology Faculty of the DSAEU

Sofia ZAZHARSKA

on the topic: **Justification of technological methods for growing rainbow trout in the conditions of the trout farm "Stara Vaga" of the Khust district of the Transcarpathian region**

The qualification work is presented on 68 pages of printed text, contains 8 tables and 10 illustrations. The list of sources used includes scientific and regulatory publications that were processed during the research.

Structurally, the work consists of five sections. The introductory part substantiates the relevance of the chosen topic, formulates the purpose of the research and identifies the main tasks necessary for its achievement, and characterizes the objects of the research. The second section is devoted to the analysis of modern scientific publications on changes in infectious pathology in the field of aquaculture and the generalization of existing approaches to studying the problem. The third section describes the methods used and provides a scheme of the experiment with an indication of the conditions for its conduct, the results of our own experimental studies obtained during the inspection of trout farms and the performance of laboratory diagnostics. The fourth section contains calculations and analysis of the economic feasibility of implementing the proposed measures. The final, fifth section considers the issue of occupational health and safety in emergency situations.

Object of study: Epizootic process of infectious hematopoietic necrosis (IHN) in rainbow trout populations under intensive cultivation methods.

Subject of study: Risk factors, dynamics of the spread of the IHNV virus and methodological approaches to predicting disease outbreaks.

Keywords: rainbow trout, intensive cultivation, infectious hematopoietic necrosis (IHN), epizootic situation, economic losses.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ЩОДО ЗМІН ІНФЕКТОПАТОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ АКВАКУЛЬТУРИ	9
1.1 Зміни інфектопатології в галузі аквакультури	9
1.2 Нові РНК-віруси у водних тварин, риби та ракоподібних Новірхабдовірус (IHNV та VHSV)	13
Розділ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	23
2.1 Мета і методи досліджень	23
Розділ 3 ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	25
3.1 Технологія вирощування форелі	25
3.1.1 Показники якості води	26
3.2 Динаміка росту форелі	28
3.3 Динаміка маси форелі	30
3.4 Фізіологічні, продуктивні і репродуктивні характеристики плідників райдужної форелі	32
3.5 Лабораторні методи діагностики захворювання	36
3.6 Оцінка економічної ефективності вирощування товарної райдужної форелі	40
Розділ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
4.1 Дослідження стану охорони праці на виробництві	43
Розділ 5 ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ	45
5.1 Стратегії біобезпеки для нових РНК-вірусів у водних тварин	45
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	50
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

Вірус інфекційного гематопоетичного некрозу (IHNV) є небезпечним збудником роду *Novirhabdovirus* та родини *Rhabdoviridae*. IHNV складається з частинки у формі кулі приблизно 150–190 нм завдовжки та 65–75 нм у діаметрі, яка інкапсулює несегментований одноланцюговий РНК-геном з негативним сенсом приблизно 11 000 нуклеотидів. Вірусний геном кодує шість білків у такому порядку: нуклеопротеїн (N), фосфопротеїн (P), матриксний білок (M), глікопротеїн (G), невірйонний білок (NV) та полімераза (L). Через первинне положення гена нуклеопротеїну в геномі IHNV, нуклеопротеїнові транскрипти та білок є першими та найпоширенішими під час вірусної інфекції та зазвичай є переважною мішенню для діагностичних тестів. Глікопротеїн утворює шипоподібні виступи на поверхні зрілого віріона та є основним антигенним компонентом вірусу, таким чином, що антиглікопротеїнової сироватки достатньо для нейтралізації IHNV. Типовим штамом IHNV є штам Західного регіонального центру аквакультури (WRAC), доступний з Американської колекції типових культур (ATCC VR-1392). Номер доступу GenBank геномної послідовності штаму WRAC – L40883 (Morzunov et al., 1995; Winton & Einer-Jensen, 2002). Філогенетичні аналізи, засновані на нуклеотидних послідовностях G-гена, класифікували ізоляти IHNV на п'ять основних геногруп, позначених U, M, L, E та J, які відповідають географічному розташуванню, а не виду хазяїна (Cieslak et al., 2017; Enzmann et al., 2005; 2010; Johansson et al., 2009; Kim et al., 1999; Kolodziejek et al., 2008; Kurath et al., 2003; Nishizawa et al., 2006). Тим не менш, IHNV демонструє чітку філогеографічну сигнатуру, що відображає вид хазяїна, від якого вірус найчастіше виділяється в різних географічних районах (наприклад, нерка [*Oncorhynchus nerka*] на північному сході Тихого океану – геногрупа U; чавича [*O. tshawytscha*] у Каліфорнії, США – геногрупа L; та райдужна форель [*O. mykiss*] у Європі, Азії та Африці (Mulei et al., 2019) та США – геногрупи E, J та M відповідно). Крім того, експериментальні інфекції, які демонструють, що

віруси геногруп U та M мали вищу вірулентність у нерки та райдужної форелі відповідно, а геногрупа L показала середню вірулентність як для нерки, так і для райдужної форелі (Garver et al., 2006), підтверджують висновок про те, що вірулентність залежить від вірусного штаму та інфікованого виду, а штами IHNV, виділені з його історичного філогеографічного хазяїна, як правило, є більш вірулентними для одного й того ж виду порівняно з іншими видами.

Актуальність теми. У сучасних умовах інтенсифікації форелівництва, зокрема при переході на установки замкнутого водопостачання (УЗВ), ризики стрімкого поширення вірусних патологій зростають експоненціально. Вірус інфекційного гематопоетичного некрозу (IHNV) залишається одним із найнебезпечніших чинників, що стримують розвиток галузі, здатним спричинити до 90 % смертності в популяціях молоді лососевих. Попри значний прогрес у вивченні молекулярної структури вірусу, питання системного прогнозування спалахів на основі аналізу епізоотичних ланцюгів та факторів середовища залишається недостатньо розробленим. Відсутність адаптованих аналітичних моделей оцінки ризиків ускладнює впровадження превентивних заходів біобезпеки. Припускається, що інтеграція даних епізоотичного моніторингу з параметрами технологічного стресу (щільність посадки, температурні коливання) дозволить створити алгоритм раннього виявлення критичних точок, що мінімізує ймовірність реалізації інфекційного потенціалу вірусу в умовах господарства.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було проаналізувати інфекційні захворювання форелівих риб в акваріумальному комплексі м. Дніпро на прикладі вірусу інфекційного гематопоетичного некрозу (IHNV).

Відповідно до поставленої мети вирішувалися наступні *завдання*:

- проаналізувати літературні джерела для написання огляду літератури та визначити актуальність та новизну досліджень;
- провести науковий дослід з вивчення діагностики захворювання риб;
- провести біометричну обробку отриманих даних;
- зробити висновки згідно отриманих результатів досліджень.

Розділ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ЩОДО ЗМІН ІНФЕКТОПАТОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ АКВАКУЛЬТУРИ

1.1 Зміни інфектопатології в галузі аквакультури

Швидка ідентифікація та кількісна оцінка вірусу у хворих риб – це мета, яку намагаються досягти як захисники природи, так і комерційні аквакультуристи. Overturf, & Powell, 2001 було розроблено метод виявлення вірусних мРНК-частинок, який використовує флуоресцентне мічення та ампліфікацію. Використовуючи праймери та флуоресцентно мічені зонди, створені для специфічної ідентифікації генів нуклеокапсиду (N) та глікопротеїну (G) вірусу інфекційного гематопоестичного некрозу (IHNV), а також прилад, що вимірює циклічну емітанцію флуоресценції, можна легко та швидко підтвердити наявність або відсутність вірусу.

Цей метод корисний не тільки для підтвердження наявності вірусу, але й ефективний для вимірювання відносної або абсолютної кількості вірусу, присутнього у зразку. Це дозволяє визначити стан здоров'я риби-носія, вимірюючи кількість присутніх вірусних геномів або транскрибованих вірусних генів. Оскільки цей метод базується на детекції послідовностей, а не на виділенні вірусу в клітинній культурі, він також ефективний для визначення наявності патогенних організмів у воді, кормах для риб або інших потенційних резервуарах інфекції.

Патогенні РНК-віруси спричиняють багато захворювань тварин і можуть долати видовий бар'єр, інфікуючи людей, при цьому доступно мало схвалених вакцин або противірусних препаратів (Ahmadivand, S.; Savage, A.C.N.P.; Palic, D. (2025). Поява РНК-вірусів зумовлена генетичними мутаціями, рекомбінацією та рекомбінацією, що призводить до появи нових варіантів зі зміненою патогенністю та інфекційністю. У водних тварин ці зміни, на які додатково впливають фактори навколишнього середовища та імунітет господаря, посилюються у вірусних «гарячих точках», таких як регіони біорізноманіття або аквакультурні об'єкти [2, 3]. Тим не менш,

боротьба з вірусними захворюваннями у водному середовищі є складною, оскільки традиційні методи, такі як карантин, вакцинація та противірусне лікування, важко впровадити.

Розробка вакцин перешкоджається унікальними біологічними властивостями цих вірусів та складністю доставки у водні екосистеми, особливо на ранніх стадіях життя риб, які найбільш схильні до інфекцій [4, 5].

Вакцинація ефективна у риб, але не у ракоподібних через відсутність імунної пам'яті. Як результат, дослідження вірусних захворювань ракоподібних в основному зосереджені на РНК-інтерференції, з проблемами масової доставки та виробництва [6].

Згідно з базою даних Всесвітньої інформаційної системи здоров'я тварин (WANIS, 2025) Всесвітньої організації здоров'я тварин (WOAH) [7], РНК-віруси відповідальні за більшість (60%) спалахів у риб за останнє десятиліття, особливо в холодноводних районах лососевих. Натомість, РНК-віруси становлять менше 1 % спалахів у ракоподібних, при цьому ДНК-віруси, такі як вірус синдрому білої плямистості (ВСБП) та вірус інфекційного гіподермального та гематопоестичного некрозу (ІГГНВ), є більш поширеними через їхню стабільність у морських та тепловодних культурах. Спалахи РНК-вірусів у ракоподібних значно скоротилися, при цьому за останні роки не було повідомлень про ІГГНВ, особливо під час пандемії COVID-19. Це зниження пояснюється посиленням заходів біобезпеки та притаманною нестабільністю РНК-вірусів у тепловодних системах аквакультури (Рис. 1).

І навпаки, ДНК-віруси продовжують становити суттєву загрозу для тепловодних видів, включаючи ракоподібних, декоративних риб та морських риб [8–11]. Всесвітня інформаційна система охорони здоров'я тварин (WANIS) – дані про спалахи нових та загрозливих вірусів у риб (А) та ракоподібних (С) за останнє десятиліття (2015–2024). Спалахи РНК-вірусів у риб (В) та ракоподібних (D) з 2005 по 2024 рік (понад 20 років). Дані вказують на те, що РНК-віруси відповідають за більшість (60 %) спалахів у риб, особливо у холодноводних лососевих, тоді як у ракоподібних вони становлять

менше 1 % спалахів.

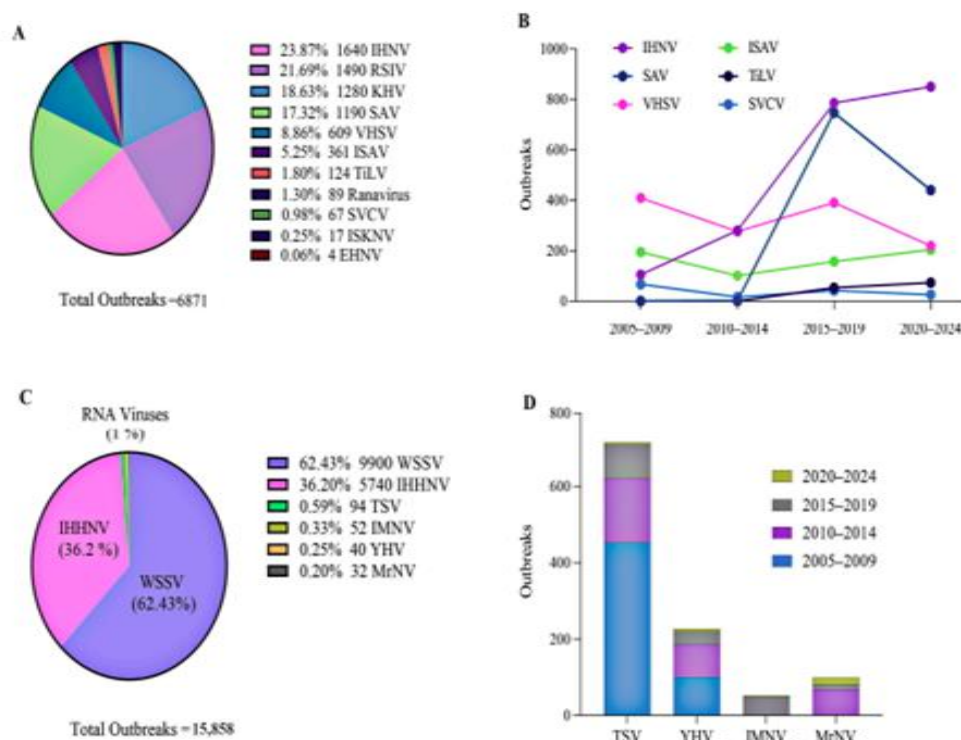


Рис. 1 Нові вірусні спалахи у водних видів. Дані отримані з бази даних WANIS Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин (WOAH)

Вірус інфекційного гематопоетичного некрозу (IHN) демонструє постійне зростання кількості спалахів, з незначним зростанням випадків альфавірусу лососевих (SAV) та вірусу тілапійного озера (TiLV). Серед видів диких риб вірус вірусної геморагічної септицемії (VHSV) та іридовірус червоного морського ляща (RSIV) (по 15 спалахів кожен) є причиною більшості зареєстрованих випадків спалахів, далі йдуть вірус герпесу кої (KHV) (7 спалахів) та IHN (6 спалахів) за останнє десятиліття. ДНК-віруси, такі як KHV та RSIV, становлять серйозну загрозу для тепловодних та марикультурних видів риб (40 % спалахів), тоді як ДНК-віруси вірус синдрому білої плямистості (WSSV) та вірус інфекційного гіподермального та гематопоетичного некрозу (IHHNV) становлять 99 % спалахів у ракоподібних. Тимчасові тенденції спалахів РНК-вірусів у ракоподібних з 2005 по 2024 рік демонструють поступове зниження, при цьому з 2024 року спалахів більшості вірусів не зареєстровано. Дані свідчать про значне зниження і навіть

відсутність зареєстрованих спалахів у більшості водних видів (наприклад, вірус інфекційного міонекрозу (IMNV)) під час пандемії COVID-19 з 2020 по 2022 рік. Дані щодо хвороби жовтої голови (YHD) доступні до 2018 року, а після 2019 року реєструється лише генотип 1 вірусу жовтої голови (YHV-1

Окрім аквакультури, нові РНК-віруси у морських ссавців, такі як морбілівіруси та вірус грипу А (особливо H5N1), стають дедалі більшою проблемою через високий рівень мутацій, зоонозний потенціал та розширення географічного поширення та діапазону хазяїв [12].

Наявність оболонки має клінічне значення. Хоча вони більш сприйнятливі до факторів навколишнього середовища, ніж віруси без оболонки, що полегшує їх контроль за допомогою заходів біобезпеки, таких як дезінфекція, їхня генетична мінливість ускладнює розробку вакцини. Ці віруси можуть легше уникати імунної системи, адаптуватися та долати видові бар'єри, що демонструє розширення діапазону хазяїв вірусу вірусної геморагічної септицемії (VHSV) та нещодавні спалахи в раніше вільних від хвороб зонах. Вони також відповідальні за більшість спалахів у диких видів [7].

Щоб вирішити ці проблеми, ми нещодавно представили самоорганізуючі білкові наноклітини як нову вакцинну платформу для вірусів водних тварин, що підвищує імунітет та покращує стабільність для перорального введення [13]. На відміну від вірусоподібних частинок (VLP), вони діють як каркаси для збирання вірусів з оболонкою, замінюючи ліпідні мембрани та матриксні білки для формування віріонів [14, 15].

Враховуючи широкий спектр РНК-вірусів, що вражають водних тварин як у дикій природі, так і в аквакультурі, а також відсутність терапевтичних методів лікування та комерційно доступних вакцин, для ефективного контролю важливий багатогранний підхід. Цей огляд пропонує комплексний аналіз даних, зібраних за останні 20 років, щодо виникнення та значення РНК-вірусів у водних тварин, включаючи риб, ракоподібних та морських ссавців, а також досліджує сучасні стратегії пом'якшення наслідків, з особливим акцентом на біобезпеці та розробці вакцин щодо патогенів, що входять до списку WOAH.

1.2 Нові РНК-віруси у водних тварин, риби та ракоподібних

Новірахбдовірус (IHNV та VHSV)

Вірус інфекційного гематопоестичного некрозу (IHNV) та вірус вірусної геморагічної септицемії (VHSV) є одними з найважливіших вірусних патогенів, що впливають на аквакультуру, та підлягають реєстрації згідно з правилами WOAH [22]. Ці оболонкові, -ssRNA віруси належать до родини Rhabdoviridae, роду Novirhabdovirus, та відрізняються наявністю додаткового невірйонного (NV) гена, що відрізняє їх від інших членів родини, таких як вірус весняної віремії коропа (SVCV) [23].

Незважаючи на приналежність до одного роду, IHNV та VHSV демонструють значну генетичну дивергенцію, маючи лише ~10 % ідентичності амінокислотної послідовності в невірйонному білку та ~35 % ідентичності в інших вірусних білках [24]. Потрібні ефективні вакцини проти обох [25].

Вірус інфекційного гематопоестичного некрозу (ВГН) вражає переважно мальків та молодь лососевих, включаючи райдужну форель та атлантичного лосося, тоді як вірус вірусної геморагічної септицемії має набагато ширший спектр хазяїв, вражаючи понад 82 види прісноводних та морських риб у Північній півкулі, причому щонайменше 44 види підтверджено чутливими на різних стадіях життя. Його економічно значущими хазяїнами є форель, тюрбо та камбала [26].

Обидва віруси викликають клінічні спалахи захворювань при температурі води нижче 15 °C, з піком захворюваності при 9–12 °C, що призводить до таких симптомів, як кровотеча, темна шкіра, бліді зябра, екзофтальмія, асцит та нестабільне плавання [27, 28]. Однак, загалом, IHNV характеризується меншою кількістю геморагічних симптомів, ніж VHSV [27–30]. Обидва віруси легко вирощуються на клітинних моношарах з типовими ураженнями, і молекулярна або антитільна ідентифікація є рекомендованим методом діагностики цих вірусів [5]. Генетичне різноманіття вірусу герпесу верхньої щелепи (VHSV) поділяється на чотири основні генотипи (I–IV), які корелюють з географічним поширенням

та специфічністю хазяїна [5].

На противагу цьому, генотипування ІННВ визначає п'ять основних геногруп (U, M, L, E та J), що відображає еволюційне поширення вірусу з Північної Америки до Європи та Азії через торгівлю інфікованою ікрою та рибою [28].

VHSV загалом вважається більш вірулентним, ніж ІННВ, а рівень смертності досягає 100% у молоді риб, залежно від патогенності вірусу, виду хазяїна та умов навколишнього середовища [27–30]. Наші клінічні дані на форелевих фермах показують вищу смертність за нижчих температур та у дрібних риб, зокрема для ІННВ [5, 27, 28].

ІННВ та VHSV відповідають за значні економічні втрати у форелевих фермах, оскільки обидва захворювання є ендемічними в багатьох країнах. Тільки у 2021 році на європейських форелевих фермах було зареєстровано 24 нові спалахи вірусу герпесу, спричиненого вірусом панкреатиту (VHSV), та 104 нові спалахи інфекційного некрозу підшлункової залози (ІННВ), причому більшість випадків припадала на Німеччину (15 спалахів VHSV та 82 спалахи ІННВ) [31]. Обидва віруси передаються переважно горизонтально шляхом прямого потрапляння у воду інфікованою рибою, а справжня вертикальна передача VHSV та ІННВ малоімовірна [30, 32].

Однак недостатня дезінфекція зовнішньої поверхні ікринок інфікованого маточного стада може сприяти поширенню цих вірусів та інших патогенів форелі, таких як вірус інфекційного панкреатичного некрозу (ІПНВ) [2].

Дослідження генотипування показують, що ці віруси поширюються глобально через аквакультуру, зокрема через торгівлю ікрою з очима, про що свідчить виявлення європейського генотипу у форелевих фермах за межами Європи. Наприклад, філогенетичні та мережеві аналізи в таких країнах, як Іран, провідний виробник прісноводної форелі з річним попитом у 300–400 мільйонів ікринок, понад 71 % яких імпортується з Європи, виявили поширеність високо гомологічних європейських генотипів (VHSV Ia-2 та ІННВ E-1) [5, 28]. Це свідчить про частий обмін вірусами між фермами після впровадження, що

підкреслює нагальну необхідність посилення заходів біобезпеки, особливо під час переміщення ікри та живої риби, для зменшення ризику передачі вірусу. Незважаючи на цю терміновість, ДНК-вакцина APEX-IHN® від Novartis схвалена для використання в атлантичному лососі в Канаді від IHNV, але не в інших країнах через проблеми безпеки генетично модифікованих організмів (ГМО) [33], тоді як для VHSV не існує ні терапевтичного лікування, ні комерційної вакцини. Таким чином, контроль цих патогенів залежить від заходів біобезпеки.

Весняна віремія вірусу коропа (SVCV) SVCV, цитопатичний вірус роду *Springvivirus* родини *Rhabdoviridae*, спричиняє весняну віремію коропа, що входить до списку WOAH, гостру системну інфекцію у кількох видів коропових, зокрема у коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) [34]. Геном SVCV являє собою несегментовану одноланцюгову РНК (ssRNA) негативного сенсу розміром ~11 кб, що кодує білки N, P, M, G та L. На відміну від видів роду *Novirhabdovirus* (наприклад, IHNV, VHSV), йому бракує гена NV між генами G та L [35].

Вірус коропових риб (SVCV) може спричиняти смертність до 70%, особливо у молодих риб навесні (10–17 °C). Захворювання найважче протікає у риб віком до одного року, причому нижчі температури подовжують інфекцію та смертність, тоді як температура вище 20 °C може обмежити прогресування захворювання та сприяти виведенню вірусу [36].

Риби з гострими інфекціями можуть не проявляти жодних симптомів або мати неспецифічні ознаки, такі як розширена целомічна порожнина, геморагічний асцит, петехіальна кровотеча в зябрах та шкірі, а також запалений отвір, хоча петехії трапляються рідко при інфекціях, спричинених азіатськими штамами SVCV [37].

Діагноз підтверджується шляхом виділення вірусу, нейтралізації сироватки або ПЛР у реальному часі. Випадки SVCV були зареєстровані у ставках по всій Північній півкулі, особливо в основних країнах-виробниках коропових риб. На основі аналізу послідовності генів G штами SVCV класифікуються на чотири геногрупи (Ia, Ib, Ic та Id), з кластеризацією, пов'язаною з географічними

регіонами, що свідчить про незалежну еволюцію [38].

Геногрупа Ia включає ізоляти з Азії, Сполученого Королівства (Велика Британія) та Північної Америки, тоді як Ib/Ic зустрічаються у Східній Європі, а Id – у Великій Британії та інших європейських країнах, з доказами міжнародного поширення через аквакультуру [39]. Примітно, що вирощування коропа звичайного посідає п'яте місце у світовому розведенні риби у внутрішніх водах, з виробництвом понад 4 мільйони тон у 2022 році [40]. SVCV проникає через зябра, поширюється на основні органи та досягає високих титрів у печінці та нирках під час спалахів. Він передається горизонтально, переважно через водний контакт та ектопаразитів-переносників (наприклад, коропових вошей, п'явок), без доказів вертикальної передачі. Ті, хто вижив після інфекції SVCV, можуть виділяти вірус, при цьому стрес або нерест потенційно можуть спровокувати вивільнення вірусу, і як дикі, так і культивовані коропові риби, ймовірно, служать резервуарами вірусу [35,41].

Декоративні коропові риби можуть сприяти передачі вірусів, як це спостерігається у випадку з герпесвірусом кої (KHV), що поширюється від золотих рибок [42] та кої [9] на вирощених коропів. Нерегульована торгівля декоративними короповими, у яких були зареєстровані сприйнятливі або природні інфекції SVCV, викликає занепокоєння щодо біобезпеки, особливо через нові докази сприйнятливості до вірусу як у коропових, так і у некоропових видів. Контроль захворювань залежить від біобезпеки та виключення вірусів за допомогою гігієнічних заходів, таких як дезінфекція обладнання, очищення ставка та видалення мертвої риби. Хоча затверджених вакцин немає, експериментальні дослідження, зокрема ДНК-вакцин, показують багатообіцяючий потенціал [43–45].

Вірус інфекційної анемії лосося з делецією HPR або HPR0 (ISAV) Вірус інфекційної анемії лосося (ISAV) – це патоген, що передається через воду, класифікований як ізовірус лосося родини Orthomyxoviridae, одного з найважливіших вірусів лососевих, що підлягає реєстрації у WOAH [46]. Генотипування гена гемаглютинин-естерази (HE) виявляє два основні генотипи:

північноамериканський та європейський. Штами ISAV класифікуються на основі делецій або вставок у високополіморфній області (HPR) білка HE з 35 амінокислот. Штами ISAV без делецій (HPR0 ISAV) є непатогенними та не здатні рости в клітинній культурі та реплікуватися лише в епітеліальних клітинах зябер атлантичного лосося [47]. На противагу цьому, штами ISAV з делецією HPR, які викликають системну геморагічну хворобу та впливають на ендотеліальні клітини, були зареєстровані під час клінічних спалахів. Спалахи ISAV з делецією HPR можуть починатися з низьких показників смертності, але можуть перевищувати 90% протягом місяців. Відомо, що всі стадії життя атлантичного лосося, від мальків жовткового мішка до дорослих особин, сприйнятливі до інфекції ISAV, тоді як дикий атлантичний лосось та коричнева форель можуть виступати носіями [48]. Можливо, існують неідентифіковані морські резервуари ISAV [49]. Висока генетична схожість між вірусами, виявленими в сусідніх місцях, також свідчить про локальну передачу, ймовірно, через такі шляхи, як морська вода, вантажі живої риби, морські воші та інфіковані дикі лососеві [50]. Нещодавні спалахи ISAV були зареєстровані переважно в Норвегії, Чилі та Канаді. Однак зростання частоти випадків, особливо в регіонах, які раніше вважалися вільними від хвороби, викликає занепокоєння щодо її еволюційної природи. Наприклад, ISAV з делецією HPR був виявлено у 2018 році у свіжого лососеві в китайському порту з делецією 51 bp у HPR, що дуже нагадує ізоляти з делецією HPR з Норвегії [51]. Примітно, що ризик зараження ISAV через замороженого лосося нижчий, оскільки вірус чутливий до заморожування та розморожування [52]. Більше того, здатність вірусу переходити від непатогенних форм (HPR0) до більш патогенних варіантів (з делецією HPR) свідчить про його адаптивність, що робить його пріоритетом для моніторингу та контролю [53]. Однак складність виділення HPR0 ISAV у клітинних культурах значно обмежує як дослідження *in vivo*, так і *in vitro* його варіантів, а також його виявлення, яке в основному спирається на молекулярні аналізи. Більше того, ідентифікація нових негрипозних ортоміксовірусів у риб, таких як ортоміксовірус форелі, який росте в клітинній культурі, але є

непатогенним, підкреслює необхідність посиленої уваги до контролю цих вірусів [54]. Незважаючи на наявність комерційних вакцин, їхня ефективність залишається недостатньою, оскільки у вакцинованих риб на Фарерських островах та в Норвегії були виявлені як HPR0, так і ISAV з делецією HPR [46], що підкреслює постійні труднощі у досягненні ефективного захисту від ISAV.

Альфавірус лососевих (SAV) Альфавірус лососевих (SAV), також відомий як вірус хвороби підшлункової залози лосося (SPDV), належить до роду *Alphavirus* родини *Togaviridae* та становить серйозну проблему для аквакультури лосося в Північній Європі. У зараженого лосося спостерігається втрата екзокринної тканини підшлункової залози, некроз кардіоміоцитів та соматичних міоцитів, а також зниження апетиту та росту. SAV класифікується на шість генотипів (SAV1–SAV6) на основі послідовностей нуклеїнових кислот білків E2 та nsP3 [55]. SAV2 поділяється на два варіанти: прісноводний варіант (SAV2 FW), відповідальний за хворобу сну (SD) у райдужної форелі, та морський варіант (SAV2 MW), який, як і інші генотипи, викликає хворобу підшлункової залози (PD) у атлантичного лосося, особливо в Шотландії та Норвегії. SAV, разом з альфавірусом південного морського слона, філогенетично відрізняється від інших альфавірусів, що свідчить про водне походження, яке, ймовірно, сягає Північного моря, з принаймні шістьма інтродукціями, що призвели до цих різних генотипів [56,57]. SAV також був виділений з дикого звичайного даба (*Limanda limanda*) та камбали європейської (*Pleuronectes platessa*) у Шотландії та Ірландії [58,59], що свідчить про нове значення цих видів у контексті SAV, хоча їхня точна роль у поширенні та епізоотології вірусу залишається неясною. SAV передається горизонтально, головним чином через водні течії та переміщення інфікованої живої риби. На локальну передачу впливають близькість ферми, водні течії та такі фактори, як попередні інфекції, висока швидкість годування та кількість морських вошей [60]. Вірус тілапії озера (TiLV) – це новий патоген, про який необхідно повідомляти за системою WOAH, що викликає важке інфекційне захворювання в аквакультурі тілапії, при цьому рівень смертності сягає 90% в уражених популяціях у всьому світі [63]. TiLV – це вірус з оболонкою

негативного одноланцюгового РНК, класифікований як вид *Tilapia tilapiaepinevirus*, рід *Tilapinevirus* та родина *Amnoonviridae* [64].

Вірус вражає переважно види тілапій, включаючи нільську тілапію (*Oreochromis niloticus*), *Sarotherodon galilaeus* та гібридну тілапію (*O. Niloticus*, *O. aureus*). Експериментальні інфекції також показали сприйнятливість інших тепловодних риб, таких як гігантський гурами (*Osphronemus goramy*), хоча вісім інших тепловодних видів виявилися стійкими [65].

З моменту своєї першої ідентифікації у 2014 році, випадки TiLV були зареєстровані у 17 країнах на чотирьох континентах: Азії, Африці, Північній та Південній Америці [66]. Країни, які сильно залежать від аквакультури тілапії, такі як Китай, Індонезія, Єгипет та Таїланд, стикаються з серйозними соціально-економічними проблемами через спалахи TiLV. Зокрема, світове виробництво тілапії у 2024 році становило майже 7 мільйонів тонн, а світовий ринок досяг 9 мільярдів доларів США [40].

Вірус поширюється через прямий контакт із зараженою рибою та її побічними продуктами, а також через водний контакт та забруднене обладнання [67]. Глобальне поширення сприяє міжнародна торгівля живою рибою та молоддю, з доказами потенційної вертикальної передачі та впливу на всі стадії життя тілапії, від мальків до маточного стада, що ще більше ускладнює зусилля з викорінення та контролю [68].

Інфіковані риби проявляють низку клінічних ознак, включаючи млявість, зниження харчування та порушення плавання. До загальних патологічних знахідок зазвичай належать зміни очей, такі як помутніння кришталика та розрив кришталика, а також ерозії шкіри, крововиливи в лептоменінгах та застій селезінки [67]. Гістологічне дослідження виявляє ураження мозку, печінки та очей, при цьому персистенція вірусу в імунологічно привілейованій тканині мозку сприяє рецидивуючим спалахам [67]. Високі показники смертності та характерна патологія очей допомагають відрізнити інфекції TiLV від інших захворювань тілапії, хоча підтвердження вимагає лабораторної діагностики, включаючи культивування клітин з використанням первинних клітин мозку

тілапії або клітинної лінії E-11, з подальшим підтвердженням молекулярним аналізом [67 , 69].

Наразі не існує терапевтичних засобів чи комерційних вакцин для контролю захворювання, спричиненого TiLV. Глобальна поява TiLV підкреслює нагальну потребу в ефективних діагностичних, профілактичних та контрольних заходах, з акцентом на раннє виявлення, суворі практики біобезпеки та розвиток вакцин.

В останні роки удосконалення заходів біобезпеки сприяло певному зниженню частоти спалахів деяких РНК-вірусів, зокрема TSV, IMNV, YHV та MrNV у ракоподібних. Такий результат значною мірою зумовлений покращенням санітарних умов на фермах, проведенням регулярного скринінгу на наявність патогенів та посиленням контролю міжнародної торгівлі. Крім того, РНК-віруси зазвичай менш стабільні у теплих водних умовах, що частково зменшує їхній негативний вплив на вирощування креветок. Пандемія COVID-19 також опосередковано вплинула на епізоотичну ситуацію, оскільки обмеження міжнародної торгівлі та скорочення виробництва аквакультури призвели до зменшення поширення деяких інфекційних хвороб.

Попри певний прогрес, ефективні комерційні вакцини проти більшості РНК-вірусів водних тварин все ще відсутні. Традиційні підходи до створення вакцин, зокрема інактивовані, живі атенуйовані та ДНК-вакцини, стикаються з рядом труднощів, пов'язаних із регуляторними вимогами, високою вартістю виробництва та обмеженою ефективністю. Навіть новітні мРНК-вакцини, які продемонстрували значні переваги у медицині наземних тварин та людини, мають певні обмеження для використання у водних організмів через складність доставки, нестабільність у водному середовищі та особливості імунної системи риб і ракоподібних.

Перспективним напрямком є використання вакцин на основі самоорганізуючих білкових наночастинок (SAPN). Ця технологія поєднує високий рівень безпеки, можливість масштабного виробництва та гнучкість у створенні вакцин проти різних патогенів. Використання природних білкових

каркасів у поєднанні з сучасними методами біоінженерії відкриває нові можливості для розробки вакцин як для аквакультури, так і для диких водних видів. Платформа SAPN дозволяє створювати аутогенні вакцини, адаптовані до локальних штамів вірусів, що підвищує ефективність профілактики.

Додаткові перспективи пов'язані з використанням імуностимуляторів, пробіотиків та технологій РНК-інтерференції (RNAi), особливо у ракоподібних. Основною проблемою RNAi-терапії залишається ефективна доставка РНК-молекул до цільових тканин. Одним із можливих рішень є застосування пробіотичних бактерій, наприклад представників роду *Bacillus*, як носіїв для пероральної доставки молекул RNAi, що може підвищити їхню стабільність та ефективність засвоєння організмом.

Ще одним перспективним інструментом боротьби з вірусними інфекціями є системи редагування геному CRISPR/Cas. Ці технології можуть використовуватися для цілеспрямованого впливу на вірусні геноми та їх руйнування, забезпечуючи точний та адаптивний підхід до противірусної терапії. Однак для практичного застосування необхідні додаткові дослідження, спрямовані на розробку ефективних методів доставки та дотримання нормативних вимог.

Важливим чинником успішної боротьби з інфекційними хворобами водних організмів є також вирішення екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища та змінами клімату. Додаткову загрозу становить поширення бактерій, стійких до антибіотиків, оскільки багато вірусних захворювань супроводжуються вторинними бактеріальними інфекціями. У цьому контексті перспективним напрямком може стати використання фагової терапії разом із посиленням заходів біобезпеки.

Останнім часом значне занепокоєння викликає поширення високопатогенного вірусу грипу птахів HPAI H5 серед морських ссавців. Зафіксовані випадки масової загибелі тварин та потенційна можливість зоонозної передачі підкреслюють необхідність поглибленого вивчення епідеміології цього патогену в морському середовищі. Окрім використання вакцин SAPN,

перспективним напрямком може бути розробка ДНК-вакцин для диких видів тварин, що допоможе зменшити ризик поширення зоонозів.

Дані міжнародної системи моніторингу WAHIS свідчать, що частота спалахів деяких РНК-вірусів, зокрема SVCV та вірусів креветок, останнім часом зменшується. У деяких випадках протягом одного-двох років не реєстрували нових випадків захворювання. Це може свідчити про меншу небезпеку цих патогенів для тепловодних видів. Однак проблема неповної звітності залишається актуальною, особливо в країнах, що розвиваються, де багато випадків можуть не реєструватися офіційно. Крім того, постійно з'являються нові або повторно виникають відомі інфекції, серед яких нодавірус прихованої смертності (CMNV), рабдовірус Хіраме (HIRRV), IPNV, VNNV та нові водні флавівіруси. Це підкреслює необхідність подальшого розвитку сучасних підходів до профілактики та контролю інфекційних захворювань.

Таким чином, РНК-віруси продовжують становити серйозну загрозу для здоров'я водних тварин. Ефективна боротьба з ними потребує комплексного підходу, що включає вдосконалення біобезпеки, розробку інноваційних вакцин та застосування сучасних біотехнологій. Подальший розвиток систем моніторингу патогенів, впровадження стійких методів ведення аквакультури та міжнародна співпраця матимуть вирішальне значення для зменшення ризику майбутніх спалахів інфекцій. Особливої уваги потребує зростаюча роль РНК-вірусів у морських ссавців, оскільки це становить потенційну загрозу не лише для дикої природи, а й для громадського здоров'я.

Розділ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Мета і методи досліджень

Експериментальні роботи виконували з використанням акваріумального комплексу кафедри водних біоресурсів та аквакультури Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Дослід реалізовували в лабораторному приміщенні, обладнаному системою акваріумів; її структурні особливості наведено в таблиці 1.

Для проведення експерименту було сформовано вибірку з 50 екземплярів форелі райдужної (*Oncorhynchus mykiss*) породи внутрішньопородного типу із середньою масою тіла близько 400 г, відібраних за принципом подібності. Риб утримували групами по 10 особин у двох резервуарах об'ємом 250 л кожен.



Рис. 2 Робота з отриманими зразками:

- а) проведення мікроскопії;
- б) робота з гістологічними препаратами.

Адаптаційний період становив 7 діб, упродовж якого всі особини перебували за однакових гідрохімічних та технологічних умов. Подача води в систему здійснювалася після дехлорування, а інтенсивність її заміни підтримували на рівні 20 л/год для кожного резервуара.

У процесі дослідження проведено оцінювання стану здоров'я риб з метою виявлення захворювань (рис. 2), а також виконано кількісну обробку отриманих результатів із застосуванням загальноприйнятих біометричних методів (Zar, 2010).

Розділ 3 ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Технологія вирощування форелі

Дослідне форелеве господарство Хустського району Закарпатської області базуються на використанні гірських потоків і джерельної води, що забезпечує природні умови, близькі до середовища існування райдужної форелі. Основною формою є басейнова (садкова) технологія вирощування з проточною водою.

Господарство розміщено поблизу гірської річки із постійним холодним і добре насиченим киснем стоком. Вода подається у каскадні басейни самопливом або через водозабірні споруди.

Основні вимоги:

- температура води влітку: переважно 10–18 °С;
- високий вміст кисню;
- низький рівень забруднення;
- постійна проточність.

Такі умови є критично важливими для холодноводної риби, зокрема райдужної форелі.

Типова технологія включає:

- інкубаційні цехи для отримання личинок;
- вирощування малька у спеціальних басейнах;
- каскадні вирощувальні ставки;
- товарні басейни для дорощування риби до реалізаційної маси.

Риба переміщується між басейнами відповідно до стадій розвитку.

У господарстві застосовуються повноцінні комбікорми з високим вмістом протеїну. У промислових умовах використовується інтенсивна годівля, яка дозволяє:

- прискорити приріст маси;
- скоротити терміни вирощування до товарної ваги (приблизно 400–700 г і більше);
- забезпечити рівномірний розвиток стада.
- каскадне розташування басейнів для насичення води киснем;

- постійна проточність води через систему;
- механічна та біологічна фільтрація (за потреби);
- санітарний контроль басейнів і обладнання;
- розділення риби за віковими групами.

Хустський район має сприятливі природні умови:

- численні гірські притоки;
- стабільні джерельні води;
- відносно низький антропогенний тиск у верхів'ях річок.

Це дозволяє підтримувати природний кисневий режим і знижує ризики захворюваності риби.

3.1.1 Показники якості води.

Технологія вирощування форелі в Хустському районі базується на поєднанні природних гідрологічних умов Карпат і інтенсивної басейнової аквакультури. Основними факторами успішного виробництва є якісна проточна вода, контроль температури, повноцінна годівля та правильна організація каскадної системи вирощування, що забезпечує стабільний ріст і високу продуктивність райдужної форелі.

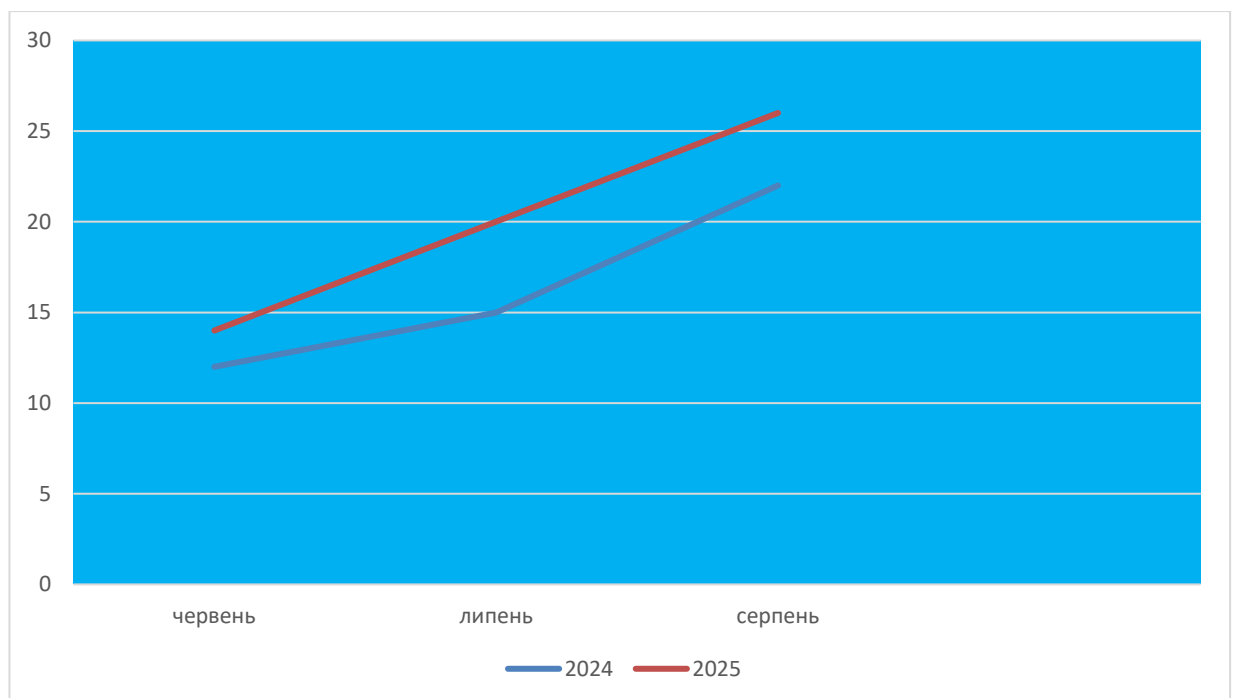


Рис. 3 Температура води у період 2024-2025 років

Аналіз кліматичних аномалій останніх років свідчить про тенденцію до підвищення літніх температур повітря, що безпосередньо впливає на гідротермічний режим річок: у 2024 році температура води в регіоні в літній період переважно становила 20–25 °С у низинних ділянках, тоді як гірські потоки залишалися прохолоднішими (8–16 °С). У 2025 році відзначалися періоди підвищеного прогрівання води, особливо в маловодні та посушливі фази літа, що призводило до локального наближення температур до 18–22 °С у басейнових системах із слабкішою проточністю.

Такі коливання є критичними для форелевих господарств, оскільки райдужна форель є холодноводним видом і оптимально розвивається при температурі 10–16°C.

Висновки для форелевих господарств.

Гірські річки Закарпаття загалом забезпечують сприятливий температурний режим для форелі, особливо у проточних та тіньових ділянках.

У роки з підвищеною температурою повітря (як 2024–2025) зростає ризик перевищення оптимальних значень, що може впливати на:

- зниження розчиненого кисню;
- уповільнення росту риби;
- підвищення стресу.

Басейнові форелеві господарства змушені компенсувати температурні коливання за рахунок гідротехнічних рішень (аерація, проточність, тіньові конструкції, використання джерельної води).

Підвищення температури води в літній період 2024–2025 років призвело до зміни кисневого балансу (рис. 4) у форелевих господарствах:

- при зростанні температури знижується розчинність кисню у воді;
- посилюється біологічне споживання кисню (мікроорганізмами та рибою);
- у малопроточних басейнах спостерігається зниження концентрації до 5–7 мг/л у пікові періоди спеки;
- у гірських потоках із доброю аерацією показники залишаються стабільнішими – 7–9 мг/л.

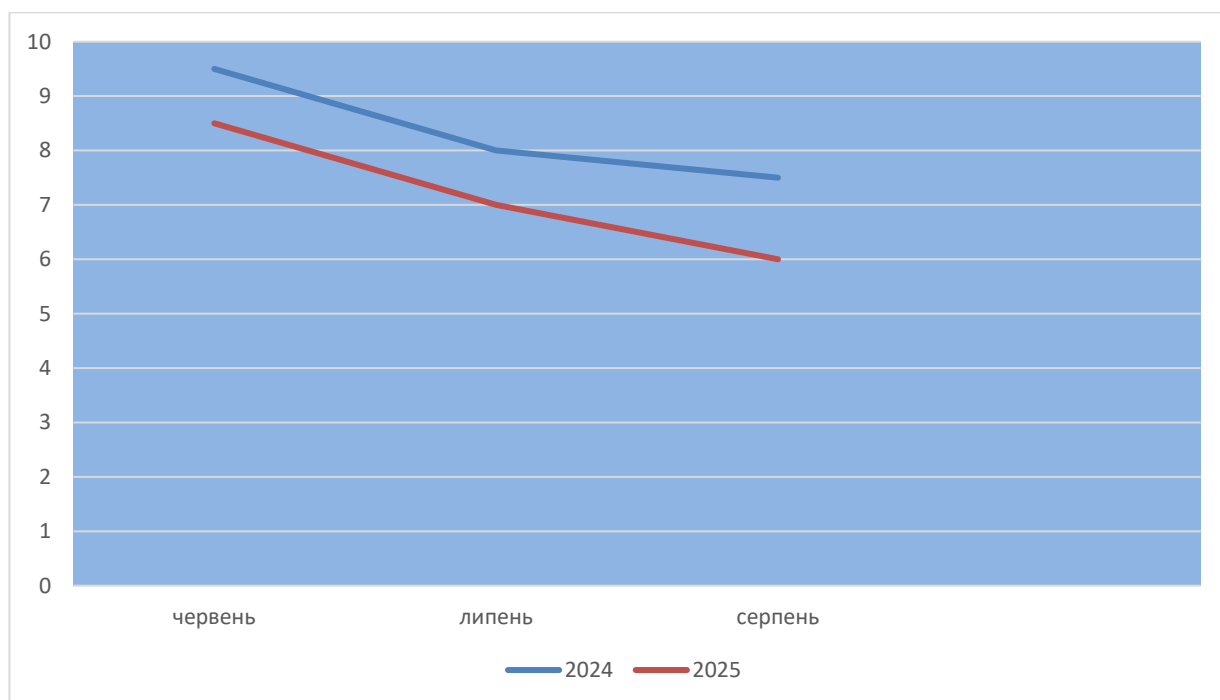


Рис. 4 Вміст кисню у воді у період 2024-2025 років

У 2025 році, за умов більш виражених температурних аномалій, фіксувалися короткочасні періоди кисневого дефіциту, особливо у денні години, коли температура води була максимальною.

3.2 Динаміка росту форелі

Універсальна лінійка продукційних кормів T-SALMO RANGE представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Універсальна лінійка продукційних кормів T-SALMO RANGE

Показник	T-SALMO RANGE			
Профіль	18	18	19,19	21
Діаметр (мм)	3,8	4,9	7,2	8,6
Презентація (вигляд)	гранули			
Жива вага риби (г)	52–98	99–398	399–1788	1789–3489

Аналіз даних, наведених у таблиці 1, показує, що вміст протеїну у попередньому кормі є нижчим на 4,8 %. Така різниця, ймовірно, матиме вплив на

показники росту райдужної форелі. Лінійка кормів T-SALMO RANGE призначена для вирощування райдужної форелі в умовах інтенсивної аквакультури. Вона застосовується як у ставкових господарствах, так і в установках замкнутого водопостачання, забезпечуючи ефективне поєднання поживної цінності та економічної доцільності.

Ці корми характеризуються підвищеним вмістом протеїну (у межах 39–45 %), значна частина якого має тваринне походження, що сприяє кращому засвоєнню. Важливу роль відіграють компоненти морського походження, зокрема рибне борошно та риб'ячий жир. Рівень жиру становить приблизно 21–27 %, що забезпечує рибу необхідною енергією для росту, тоді як низький вміст клітковини покращує процеси травлення.

До складу кормів входять як тваринні, так і рослинні інгредієнти (зернові, соєві та ріпакові компоненти), а також комплекс вітамінів і мінералів. Корм випускається у вигляді гранул різного діаметра, що дозволяє підбирати його відповідно до віку та розміру риби, а також у різних формах – плаваючих або тонучих.

Завдяки збалансованому складу та технологічним особливостям, використання кормів T-SALMO RANGE сприяє швидкому росту форелі, ефективному використанню корму та отриманню якісної товарної продукції.

Таблиця 2

Склад лінійки кормів B-EXTRA та старого корму B-EXTRA 22

Складові корму	Одиниця виміру	B-EXTRA 18 (4)	B-EXTRA 22 (4 / 8)	B-EXTRA 23 (4 / 8 / 10)
Протеїн	%	38,0	38,0	38,0
Жири	%	22,0	26,0	28,0
Перетравна енергія	МДж/кг	18,9	19,8	20,9
Співвідношення ПБ/ПЕ*	г/МДж	19,1	18,3	14,8
Загальна енергія	МДж/кг	20,7	21,8	22,7
Клітковина	%	1,4	1,2	0,9
Зола	%	10,8	10,7	10,9
Фосфор	%	2,0	2,0	2,0

Таблиця 3

Характеристика вітамінного складу корму

Вітамін	Одиниця виміру	<i>B-EXTRA 22</i>	<i>T-SALMO RANGE</i>
А	МО/кг*	8005,0	8005,0
Д ₃	МО/кг	1810,0	1810,0
Е	мг/кг	198,0	198,0
С	мг/кг	239,0	151,0

Примітка: *МО - міжнародна одиниця у фармакології.

Аналіз вітамінного складу (таблиця 3) показав відсутність суттєвих відмінностей між двома видами кормів. Незмінність якісних показників у цьому аспекті забезпечує стабільність раціону та дозволяє мінімізувати стресові реакції у риб при переході на новий тип корму, що є важливим чинником підтримання гомеостазу в організмі та профілактики порушень метаболізму.

Відповідно до інформації, наведеної в таблиці 4, можна зробити висновок, що вміст вітамінів у двох досліджуваних кормах практично не відрізняється.

3.3 Динаміка маси форелі

Оцінка показників росту райдужної форелі (таблиця 4) свідчить про те, що впродовж основного етапу експерименту підвищений рівень протеїну в раціоні позитивно вплинув на збільшення маси тіла риби.

Дослідження змін маси райдужної форелі протягом 45 днів виявило помітні відмінності між групами, які отримували різні види комбікормів.

Показники росту риби контрольної та дослідної груп подано на діаграмі (рис. 5).

Результати зважування маси тіла радужної форелі

Доба дослідження	Група радужної форелі		Співвідношення маси дослідної та контрольної групи
	Маса контрольної групи, г	Маса дослідної групи, г	
1	129,7±1,3	129,5±1,2	0,87
5	139,7±0,3	137,1±0,2	0,92
10	148,6±0,5	159,3±1,6	1,07
15	157,4±0,2	161,2±0,5	1,02
20	169,3±2,7	179,1±2,8	1,06
25	179,2±2,2	189,7±2,6	1,06
30	198,7±4,3	206,3±2,6	1,04
35	209,6±3,7	227,5±2,8	1,09
40	217,4±1,8	237,1±1,6	1,09
45	229,3±2,1	246,8±3,4	1,08

Аналіз результатів показав, що починаючи з 20-ї доби експерименту, у дослідної групи спостерігалися вищі прирости маси тіла порівняно з контрольною. Це підтверджує кращу засвоюваність корму T-SALMO RANGE та його позитивний вплив на ефективність вирощування.

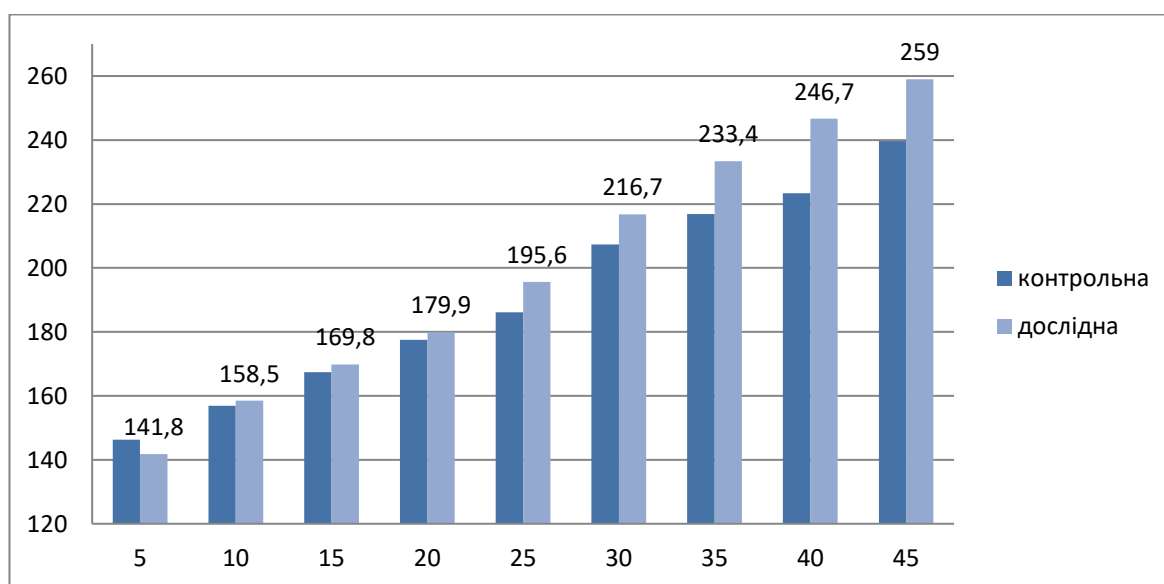


Рис. 5. Зміни показників росту радужної форелі протягом досліду.

Упродовж дослідження не було виявлено відхилень у поведінці риби, а її пристосування до нового корму відбувалося швидко й без ознак стресу. У контрольній групі, яка отримувала корм В-EXTRA, відзначалися поодинокі випадки сапролегніозу, тоді як у дослідній групі захворювань не зафіксовано. Це може свідчити про підвищення імунітету та стійкості до стресових факторів у риб, що споживали новий корм. Завдяки своєчасним діям ветеринарного спеціаліста вдалося зберегти більшість особин контрольної групи та продовжити проведення експерименту.

3.4 Фізіологічні, продуктивні і репродуктивні характеристики плідників райдужної форелі

Дослідження продуктивних і репродуктивних показників чотирирічних самоць райдужної форелі засвідчило високий рівень розвитку цих характеристик, що пов'язано із застосуванням корму T-SALMO RANGE.

Середня маса самоць дослідної групи становила $1796,42 \pm 2,17$ г, а середня довжина – $42,91 \pm 0,3$ см (табл. 5). Абсолютна робоча плодючість досягала 3986,24 ікринок, при цьому гонадосоматичний індекс (GSI) складав 15,96 % і визначався як відношення маси ікри до маси тіла самоці, помножене на 100.

У контрольній групі спостерігалася дещо більша абсолютна плодючість – 3986,62 ікринок при середній масі тіла 1697,2 г, що на 6,8 % перевищує показник дослідної групи. Однак відносний вміст ікри (GSI) був нижчим – 14,8 %, що вказує на менш ефективне використання біомаси самоць порівняно з дослідною групою.

Показник відносної плодючості (RF) у дослідній групі був вищим на 17,59 %, ніж у контролі, що свідчить про позитивний вплив корму T-SALMO RANGE на репродуктивні можливості риби. Цей показник визначався як кількість ікринок у розрахунку на одиницю маси тіла самоці.

Додатковий аналіз характеристик ікри показав, що у контрольній групі маса ікринок була меншою на 2,9 %, а їхній діаметр – на 9,8 % нижчим порівняно з дослідною групою. Це вказує на вищу якість ікри у риби, яка

споживала новий корм, що є важливим для ефективного відтворення в умовах інтенсивної аквакультури.

Отже, використання корму T-SALMO RANGE сприяє підвищенню відносної плодючості, збільшенню розмірів і маси ікри, більш раціональному використанню біомаси самиць та загальному покращенню репродуктивних показників. Це підтверджує доцільність його застосування у промисловому вирощуванні райдужної форелі.

Таблиця 5

**Характеристика чотирилітніх самиць райдужної форелі,
($M \pm m$, $n = 5$)**

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Маса тіла, г	$1692,13 \pm 0,74$	$1796,42 \pm 2,17$
Довжина риби, см	$43,60 \pm 0,2$	$42,91 \pm 0,3$
Довжина тіла без хвостового плавця, см	$39,49 \pm 0,2$	$39,41 \pm 0,4$
Найбільша висота, см	$11,05 \pm 0,1$	$11,02 \pm 0,2$
Найменша висота, см	$4,48 \pm 0,1$	$4,41 \pm 0,1$
Обхват тіла, см	$26,95 \pm 0,1$	$26,32 \pm 0,3$
Маса ікри, г	$142,55 \pm 0,7$	$155,7 \pm 1,1$
Маса ікри, % від маси самиць	$15,3 \pm 0,4$	$17,6 \pm 0,6$
Робоча плодючість, ікринок	$4249,7 \pm 1,1$	$4001,3 \pm 9,5$
Відносна плодючість, ікринок/кг	$2387,8 \pm 4,0$	$2826,1 \pm 6,1$
Маса ікринки, мг	$62,0 \pm 0,1$	$64,0 \pm 0,1$
Діаметр ікринки, мм	$4,6 \pm 0,1$	$5,1 \pm 0,1$

При дослідженні чотирилітніх самців райдужної форелі встановлено, що маса самців контрольної групи менша порівняно з райдужною фореллю дослідної групи на 1,7 % (табл. 6).

Характеристика чотирилітніх самців лососевих видів риб,**($M \pm m$, $n = 5$)**

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Маса тіла, г	$836,7 \pm 0,9$	$850,4 \pm 0,1$
Довжина риби, см	$41,30 \pm 0,4$	$41,32 \pm 0,7$
Довжина тіла без хвостового плавця, см	$37,16 \pm 0,4$	$37,28 \pm 0,5$
Найбільша висота тіла, см	$9,54 \pm 0,2$	$9,67 \pm 0,2$
Найменша висота тіла, см	$3,22 \pm 0,1$	$3,85 \pm 0,1$
Обхват тіла, см	$21,27 \pm 0,5$	$24,21 \pm 0,6$
Об'єм еякуляту, мл	$10,69 \pm 0,23$	$12,79 \pm 0,4$
Об'єм еякуляту, мл/кг маси самця	$7,95 \pm 0,3$	$8,16 \pm 0,2$

Дослідження репродуктивних характеристик чотирирічних самців райдужної форелі показало високий рівень якості сперми та її запліднювальної здатності. Середній об'єм еякуляту у самців контрольної групи становив $10,7 \pm 0,23$ мл, що на 15,7 % менше порівняно з особинами дослідної групи, які отримували корм T-SALMO RANGE. При цьому перерахунок об'єму еякуляту на 1 кг маси тіла не виявив істотних відмінностей між групами, що свідчить про стабільність цього показника незалежно від типу годівлі.

Під час інкубації ікри та раннього розвитку ембріонів встановлено, що тривалість ембріогенезу в дослідній групі становила 38 добу (327 градусо-день), тоді як у контрольній – 40 діб (329 градусо-дні). Отже, використання нового корму не вплинуло негативно на швидкість розвитку, яка залишалася в межах фізіологічної норми.

Вихід вільних ембріонів у дослідній групі досягав 88,9 % від закладеної ікри, тоді як у контрольній – 79,7 %. Це свідчить про вищу ефективність запліднення та кращу життєздатність личинок у риби, що отримували корм T-

SALMO RANGE.

Додатково встановлено позитивний зв'язок між об'ємом еякуляту самців і показниками якості потомства, що свідчить про суттєвий вплив годівлі на репродуктивний потенціал риби (рис. 6). Отримані дані підтверджують, що використання корму T-SALMO RANGE сприяє:

- покращенню якісних характеристик сперми та збільшенню об'єму еякуляту;
- підвищенню ефективності процесу запліднення;
- зростанню виходу життєздатних ембріонів;
- збереженню стабільної тривалості ембріонального розвитку та нормального перебігу ранніх стадій онтогенезу.

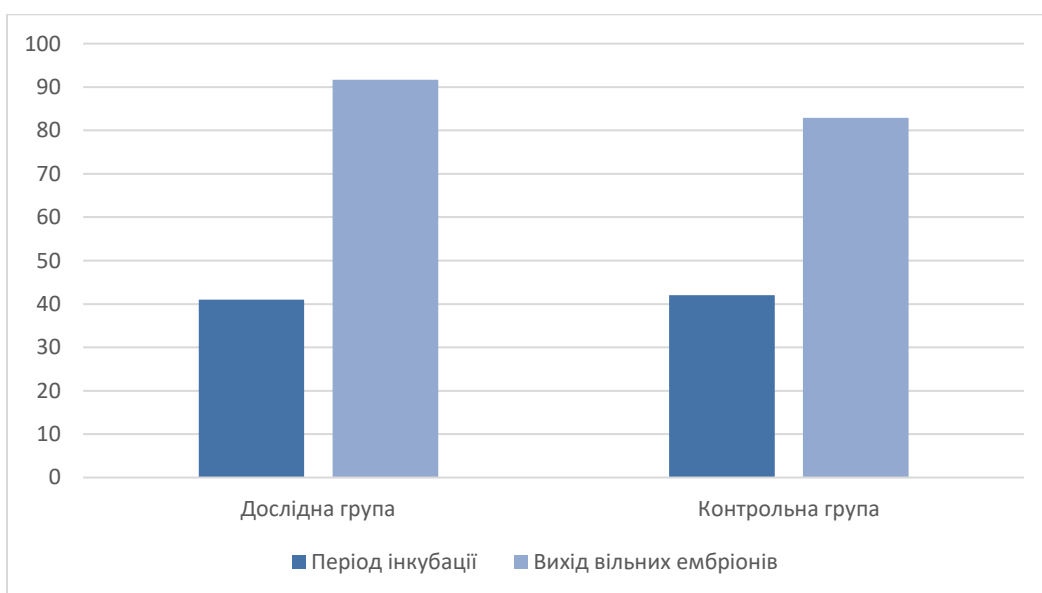


Рис. 6 Оцінка репродуктивних параметрів самців райдужної форелі

Отже, корм T-SALMO RANGE є доцільним для забезпечення високих репродуктивних показників самців райдужної форелі та покращення якості потомства в умовах інтенсивного промислового вирощування.

3.5 Лабораторні методи діагностики захворювання

До референс-лабораторій слід звертатися для направлення зразків, коли випробувальні лабораторії не можуть провести жоден з рекомендованих методів тестування, і проводиться тестування, яке призведе до повідомлення до МЕБ (додаток А).

Клінічні ознаки не є патогномонічними для окремого захворювання; однак вони можуть звужити діапазон можливих діагнозів.

Наявність інфекції, спричиненої ІННВ, слід підозрювати, якщо відповідає принаймні один із наступних критеріїв:

- 1) Масивна патологія або клінічні ознаки, пов'язані із захворюванням, як описано в цьому розділі, з підвищеною смертністю або без неї;
- 2) Гістопатологічні зміни, характерні для інфекції ІННВ;
- 3) Типова для ІННВ СРЕ Цитопатичний ефект у культурі клітин;
- 4) Позитивний результат ПЛР у реальному часі;
- 5) Позитивний результат звичайної ПЛР у реальному часі.

Наявність інфекції ІННВ вважається підтвердженою, якщо відповідає один або декілька з наступних критеріїв:

- 1) Позитивний результат ПЛР у реальному часі та виявлення ІННВ у зразку тканини за допомогою звичайної ПЛР у реальному часі, спрямованої на неперекриваючуся область геному та секвенування ампліконів;
- 2) СРЕ у клітинній культурі, ідентифікований як ІННВ за допомогою RT-ПЛР у реальному часі, звичайної RT-ПЛР, IFAT, Ag-ELISA, або за допомогою реакції нейтралізації та виявлення ІННВ у зразку тканини за допомогою RT-ПЛР у реальному часі;
- 3) СРЕ у клітинній культурі, ідентифікований як ІННВ за допомогою RT-ПЛР у реальному часі, звичайної RT-ПЛР, IFAT, Ag-ELISA, або за допомогою реакції нейтралізації та виявлення ІННВ у зразку тканини за допомогою звичайної RT-ПЛР та секвенування ампліконів.

До референс-лабораторій слід звертатися для направлення зразків, коли

тестові лабораторії не можуть провести жоден з рекомендованих методів тестування, і проводиться тестування, яке призведе до повідомлення МЕБ.

Діагностична ефективність тестів, рекомендованих для спостереження або діагностики інфекції ІННВ. Цю інформацію можна використовувати для розробки обстежень щодо інфекції, спричиненої ІННВ, проте слід зазначити, що діагностична ефективність залежить від обставин кожного дослідження діагностичної точності (включаючи мету тестування, популяцію джерела, типи зразків тканин та види хазяїв), а діагностична ефективність може відрізнятися за різних умов.

Смертність у тесті на зараження ІННВ

Риба, інфікована штамом ІННВ RtCc0517с, почала гинути з 5-го дня, а кінцевий показник СРМ досяг 85% на 30-й день, тоді як у контрольній групі протягом 30 днів смертності не спостерігалось (рисунок 7).

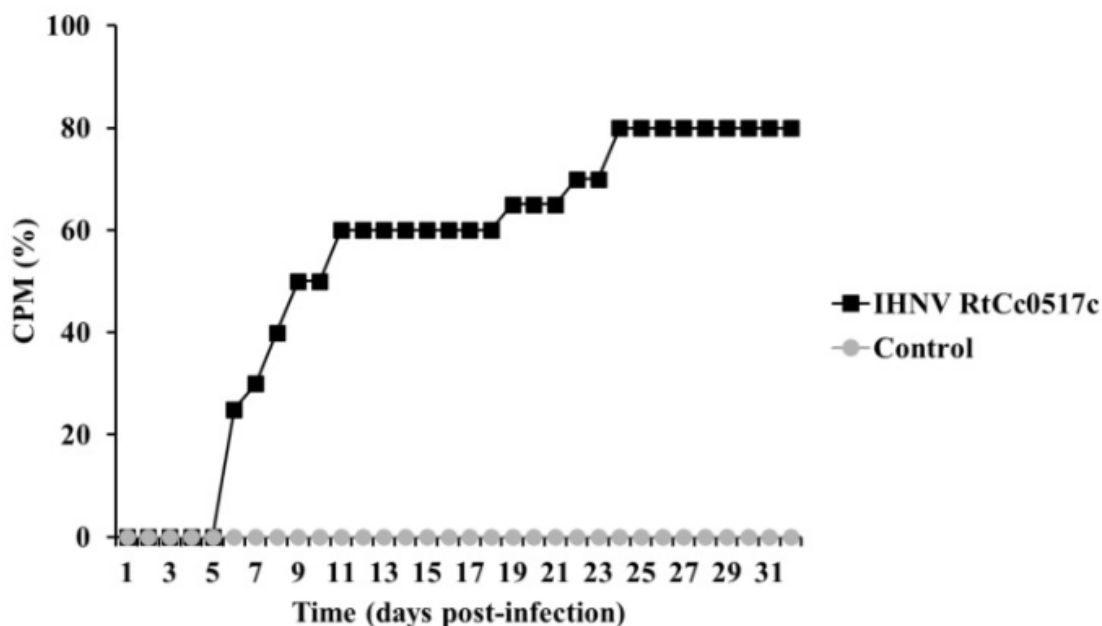


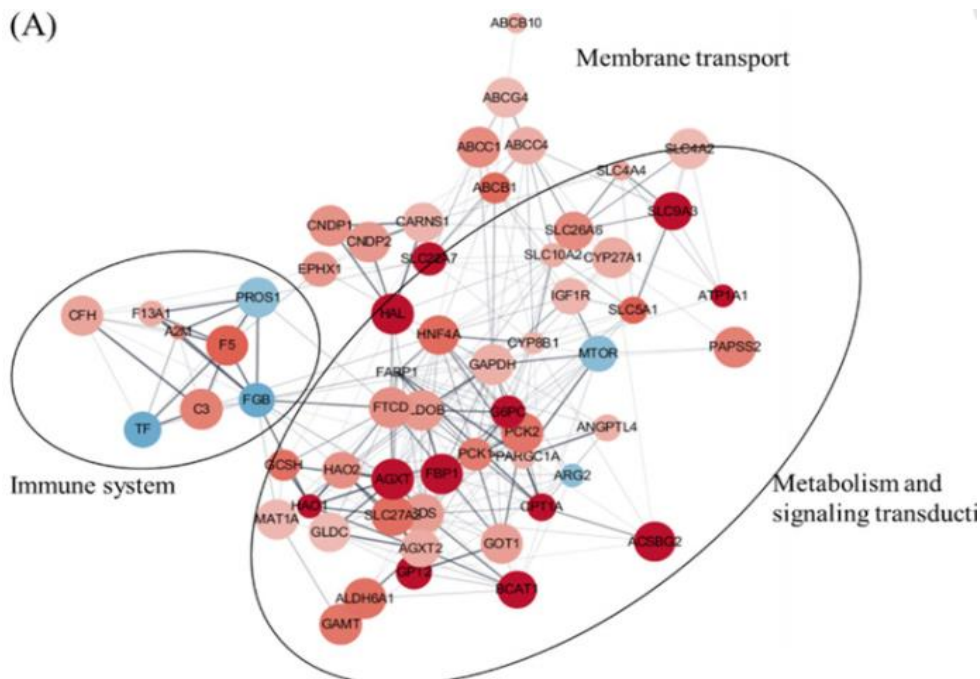
Рис. 7 Риба, інфікована штамом ІННВ

Кумулятивний відсоток смертності (СРМ) райдужної форелі, зараженої внутрішньо-черевно вірусом гепатиту А (ІННВ). Сорок райдужних форелей були розділені на дві групи та заражені PBS або штамом ІННВ RtCc0517с (104 PFU /риба, рис. 8). Смертність реєстрували щодня протягом 30 днів (таблиця 7).

**Зразки, проаналізовані в програмі спостереження за вірусом
інфекційного гематопоестичного некрозу (IHNV) у чутливих видів риб
(2023–2025 рр.)**

Рік дослідження	2023	2024	2025
Кількість рибних басейнів, проаналізованих на IHNV	167	205	64
ХВ-позитивний	0	13	0
Кількість місць/пулів для відбору проб, проаналізованих на IHNV	20	40	10
IHNV-позитивний	2	3	1

Аналіз мережі білок-білкової взаємодії диференційовано регульованих генів (DEG). Контроль проти IHNV. База даних STRING проаналізувала мережу білок-білкової взаємодії на основі білків, що відповідають вибраним DEG, на 1-й (A), 3-й (B) та 5-й (C) день.



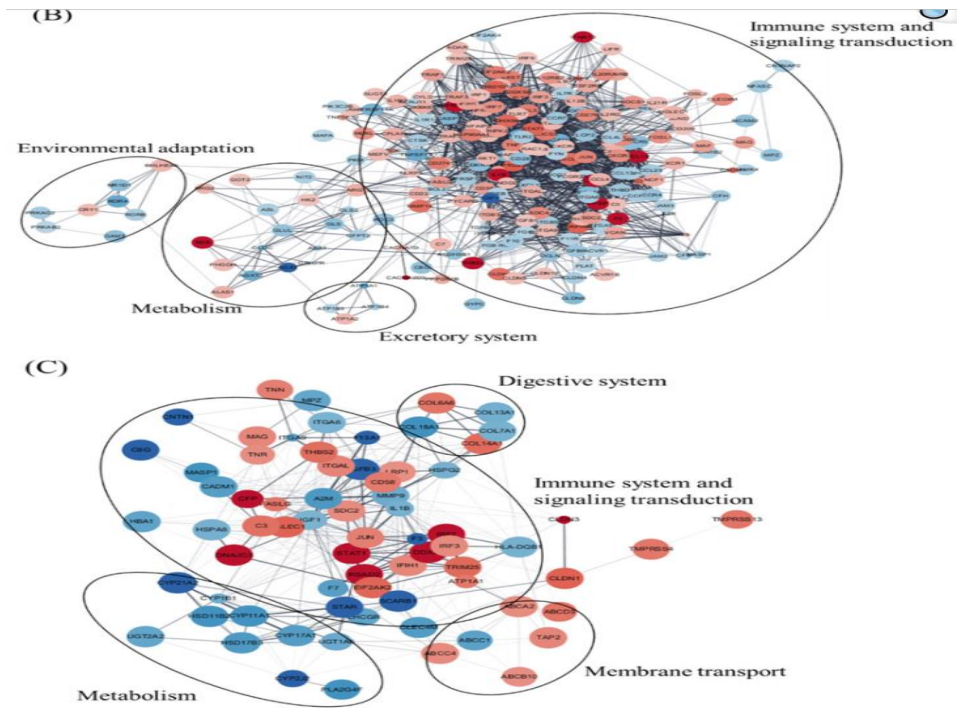


Рис. 8 Імунна система та мережа сигнальної трансдукції форелі, інфікованої штамом IHNV

Для формування мережі було обрано зв'язок білкової взаємодії DEG, що існує в базі даних струн (рис. 9). Червоний колір позначає гени з підвищеною регуляцією; синій колір позначає гени зі зниженою регуляцією. Розміри вузлів пропорційні p -значенням.

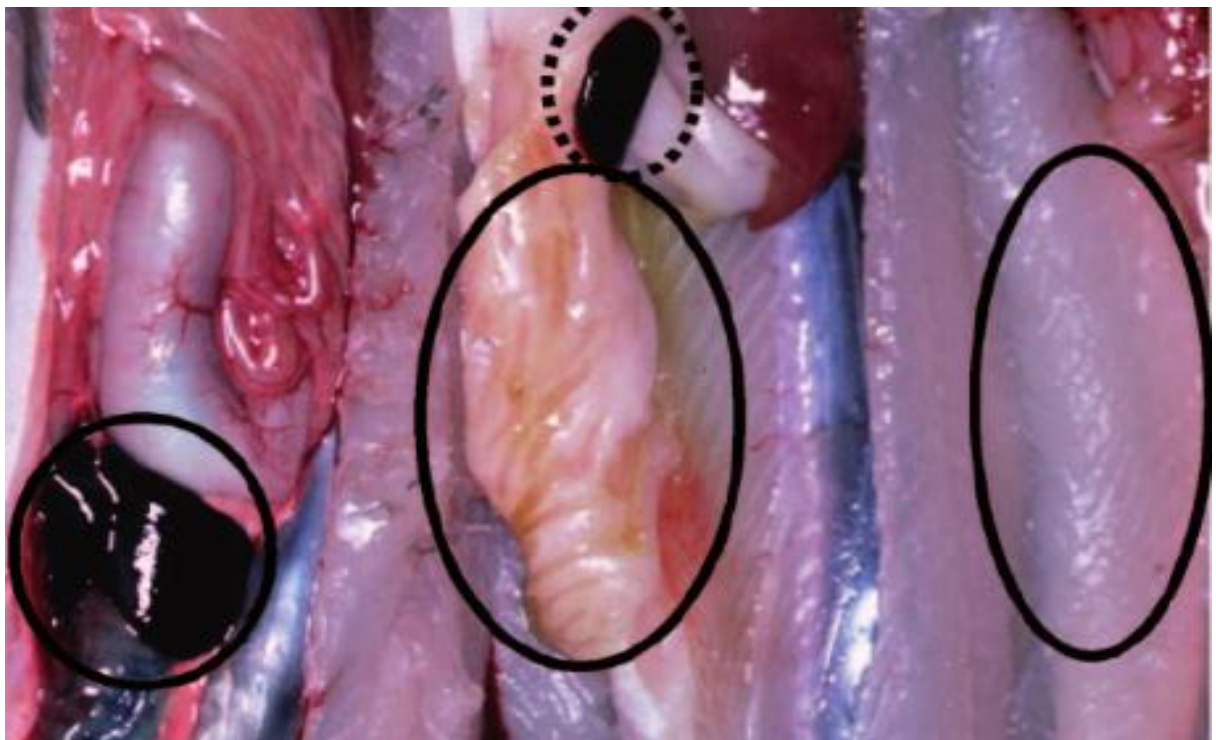


Рис. 9 Форель, інфікована IHNV (катаральне запалення, спленомегалія)

3.6 Оцінка економічної ефективності вирощування товарної райдужної форелі

Економічна ефективність рибоводних підприємств формується під впливом сукупності виробничих чинників, які можуть істотно відрізнятися залежно від розмірів господарства та організації реалізації продукції. Як свідчить світова практика, малі традиційні ферми зазвичай мають нижчий рівень рентабельності порівняно з великими високотехнологічними підприємствами з автоматизованими процесами.

До основних статей витрат у товарному рибництві належать витрати на корми, електроенергію та оплату праці персоналу. Водночас на загальну ефективність виробництва також впливають непрямі чинники, зокрема природно-кліматичні умови, якість водних ресурсів і стабільність водопостачання. Господарства, що функціонують у сприятливих гідрологічних умовах, мають додаткові переваги у вигляді стабільнішої продуктивності та нижчих виробничих ризиків. Значну роль відіграють і економічні умови – рівень витрат на робочу силу, ринкова ціна продукції та державна підтримка галузі.

У разі органічного або напівінтенсивного вирощування райдужної форелі важливим технологічним чинником є мінімізація втручання у виробничий процес, де ключову роль відіграє якість та склад корму. Використання високопротеїнових раціонів сприяє інтенсивнішому росту риби на всіх стадіях розвитку та зменшує коливання темпів росту під час зміни кормової бази.

Отримані результати дослідження свідчать, що застосування корму T-SALMO RANGE забезпечує прискорення росту райдужної форелі, скорочення тривалості технологічного циклу вирощування та, як наслідок, створює передумови для підвищення економічної ефективності та прибутковості підприємства (табл. 8).

Порівняльні економічні показники вирощування райдужної форелі за використання дослідного та контрольного раціонів годівлі.

Показник	Дослідна група (T-SALMO RANGE)	Контрольна група (B-EXTRA)	Відсоткова різниця (%)
Собівартість продукції, грн	157 387	139 985	+14,8
Витрати на корм, кг	15	12	+21,6
Приріст маси риби, кг	119	99,6	+19,4
Рентабельність, %	52,8	39,6	+22,7
Прибуток, грн	89 376*	58 781*	+42,6

** Орієнтовний прибуток визначали як різницю між виручкою від реалізації товарної продукції та загальними витратами на її вирощування (собівартістю виробництва).*

Собівартість товарної продукції у дослідній групі становила 157 387,0 грн, що на 17402,0 грн перевищує показник контрольного варіанту. Водночас рівень рентабельності у дослідній групі досяг 52,8 %, що є максимальним значенням серед усіх варіантів, розглянутих у дослідженні.

В умовах інтенсивного рибництва та необхідності збереження природних водних ресурсів особливого значення набувають органічні технології виробництва. У багатьох європейських країнах такі підходи активно підтримуються, оскільки вони сприяють зниженню антропогенного навантаження на екосистеми та відновленню природного середовища.

Економічні втрати, спричинені вилученням та утилізацією форелі, ураженої інфекційною хворобою, розраховували шляхом визначення вартості втраченої продукції. Для цього використовували розрахункову формулу:

$$З = Пз \times Ц + Вз,$$

де:

З – сукупний розмір збитків, грн;

Пз – маса вибракуваної риби, кг;

Ц – закупівельна вартість 1 кг продукції, грн;

Вз – витрати на утилізаційні заходи, грн.

У дослідженні закупівельна ціна одного кілограма коропа становила 299,0 грн, тоді як загальна маса риби, що підлягала вибракуванню, дорівнювала 21 364 000 кг.

Отже, втрати від нереалізованої продукції визначали за формулою:

$$299,0 \text{ грн} \times 21\,364\,000 \text{ кг} = 6\,387\,360\,000,0 \text{ грн.}$$

Таким чином, орієнтовний обсяг економічних втрат держави внаслідок вибракування інфікованої форелі склав 6,39 млрд грн (без урахування додаткових витрат на утилізацію).

На базі форелевого господарства «Стара Вага» Хустського району Закарпатської області впроваджено органічну систему вирощування райдужної форелі, яка передбачає використання відновлюваних ресурсів та комплекс природоохоронних заходів. До основних із них належать:

- ізоляція виробничих зон від відкритих природних водойм;
- попереднє механічне очищення води перед надходженням у виробничі басейни;
- біологічне очищення стічних вод із використанням двоступеневих відстійних ставків;
- регулярна санітарна обробка обладнання;
- підтримання належного технічного стану гідротехнічних споруд.

Таким чином, реалізована система виробництва забезпечує відповідність принципам органічного рибництва, водночас сприяючи підвищенню економічної ефективності та збереженню екологічної рівноваги в регіоні.

Розділ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Дослідження стану охорони праці на виробництві

У польових умовах організація праці та відпочинку значною мірою визначається погодними умовами. Сприятливі, сонячні дні зазвичай використовують для проведення основних робіт на відкритій місцевості, тоді як під час дощу або за хмарної погоди планують відпочинок чи виконання організаційних завдань. Одяг, взуття та головні убори повинні забезпечувати належний захист від впливу високих і низьких температур, опадів та вітру.

Правильне розташування табору, попереднє очищення території та облаштування безпечного місця для вогнища з обкопуванням запобігають поширенню полум'я й виникненню пожежі, а також зменшують ризик проникнення кліщів та інших переносників інфекцій до місця перебування людей.

За вітряної погоди намет встановлюють так, щоб його задня стінка була звернена у напрямку вітру. У спекотні сонячні дні його розміщують задньою частиною до сонця для зменшення нагрівання внутрішнього простору. У прохолодну, але ясну погоду доцільно орієнтувати вхід намету до сонця для кращого прогрівання. У лісовій місцевості, щоб зменшити вплив гнусу, намет розташовують дверима у напрямку вітру.

Дотримання правил особистої гігієни – підтримання чистоти тіла та регулярна зміна натільної білизни – має бути обов'язковою нормою під час перебування в польових умовах.

Найпоширенішими причинами виникнення пожеж є необережне поводження з багаттям, недбале використання відкритого вогню та неправильне зберігання легкозаймистих матеріалів. Вогнище слід облаштовувати на відстані не менше 5–6 метрів від намету з підвітряного боку.

Не допускається підкладати до багаття гілки чи сучки, що виступають за межі обкопаної захисної смуги. Заборонено розводити вогонь поблизу будівель, складів експедиційного майна або місць зберігання пально-мастильних матеріалів.

Багаття не можна залишати без нагляду – біля нього має бути організоване постійне чергування. Після завершення використання вогнище необхідно ретельно загасити водою, засипати ґрунтом і перевірити, чи не залишилося осередків тління, зокрема в корінні рослин.

Працівники пожежної служби систематично проводять профілактичні заходи, спрямовані на забезпечення протипожежної безпеки серед персоналу.

Розділ 5 ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ

5.1 Стратегії біобезпеки для нових РНК-вірусів у водних тварин

Професійна аудиторія, що займається біобезпекою аквакультури, знайома з багатьма процедурами, викладеними в підході Міжнародного консорціуму з біобезпеки водних ветеринарів (IAVBC) (рисунок 11; Паліч та ін. [16], Паліч та Скарф [17], Скарф та Паліч [18]); однак для цілей цього огляду необхідно виділити низку важливих елементів. Найважливіший аспект, який слід зазначити, полягає в тому, що хоча представлені принципи біобезпеки однаково застосовуються до будь-якої інфекційної хвороби чи установи, кожен конкретний план біобезпеки, розроблений в результаті впровадження цих принципів, є унікальним для відповідної ситуації та як живий документ підлягає постійним оновленням та змінам [18]. Хоча багато інших підходів до біозахисту посилаються на «керування» хворобами або «найкращі практики управління» (наприклад, Brummett та ін. [19]; FAO [20]), процес біозахисту, що обговорюється тут, цілеспрямовано та навмисно намагається уникнути використання цих пасивних термінів, коли активно вживаються правильні підходи, які апріорі включені до письмового плану біозахисту для конкретної операції або місця, що викликає занепокоєння.

Ефективний біозахист найкраще реалізується командою, яка з різних причин повинна включати осіб, які активно щодня керують тваринами (наприклад, керівників ділянок), тих, хто має повноваження надавати ветеринарні послуги клієнтам (ліцензованих або зареєстрованих ветеринарів чи ветеринарних помічників), а також державних службовців або осіб, знайомих з правилами охорони здоров'я водних організмів та хвороб [17].

Крім того, мало хто розглядав або обговорював викорінення інфекційних захворювань у підходах до біобезпеки для створення зон, вільних від хвороб або патогенів, оскільки це вважається кінцевою метою будь-якого підходу до запобігання або контролю захворювань і, зокрема, стосується вірусних захворювань, які не піддаються лікуванню в практичному ветеринарному сенсі,

а які можна запобігти або контролювати лише за допомогою різних стратегій біобезпеки [3, 21].

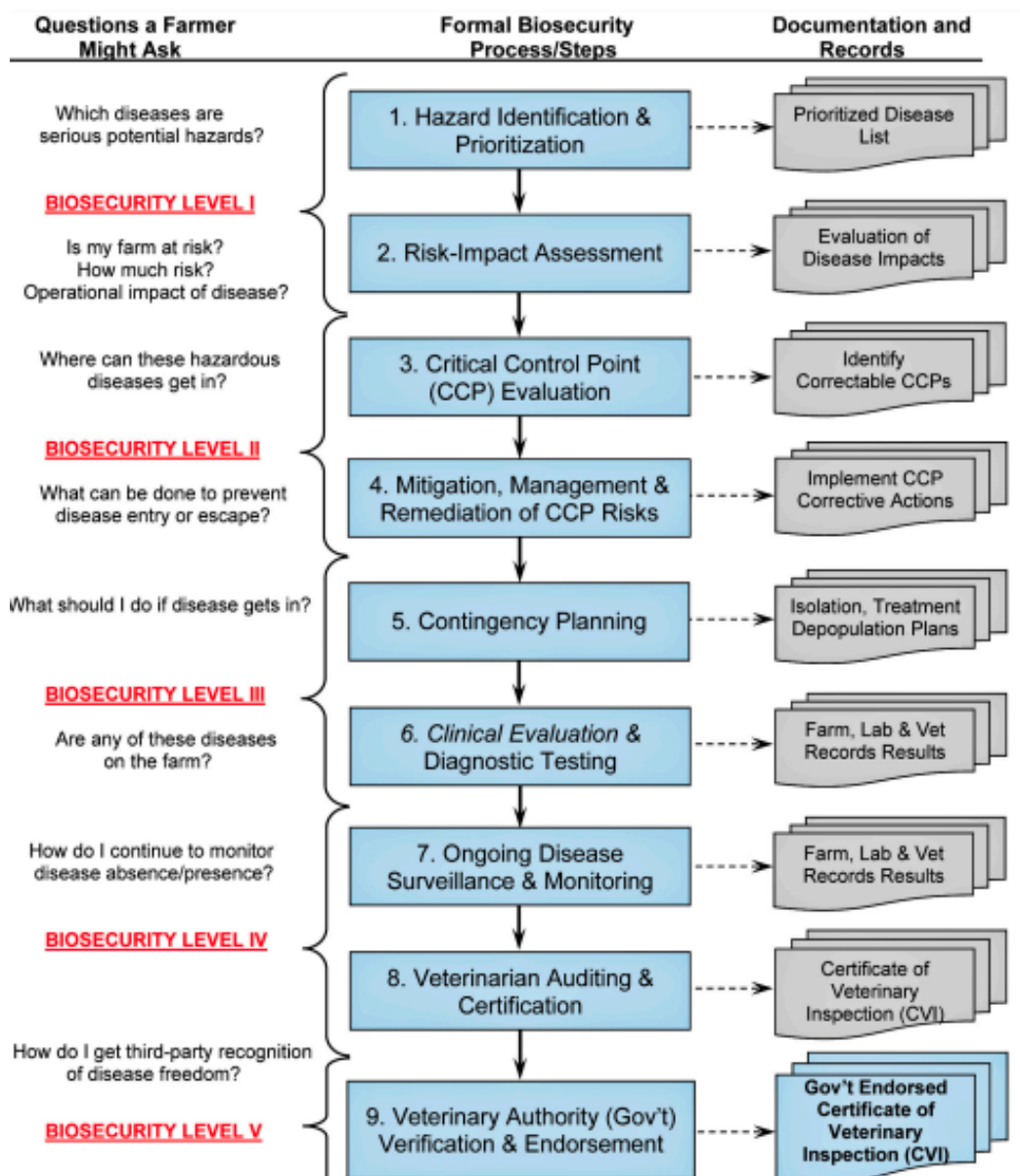


Рис. 10 Кроки біобезпеки, необхідні для розробки планів щодо нових РНК-вірусів у видів аквакультури та морських ссавців (диких тварин у неволі)

Важливо (як відображено в інформації WAHIS) враховувати відповідні географічні райони (ферму/установу, зону, регіон, країну), до яких можна застосовувати стандартизовані процедури біобезпеки, і вкрай важливо підходити до цих географічних районів як до епідеміологічних одиниць (EpiUnits). Підхід EpiUnit представляє особливий інтерес, коли виникають занепокоєння щодо

важкоконтрольованих захворювань, спричинених РНК-вірусами. Цей підхід також корисний через мінливість місць аквакультури, а також інтерактивні місця, такі як об'єкти для морських ссавців, та різноманітність застосовних заходів. Процес IAVBC, який пропонується застосовувати з модифікаціями до кожного з розглянутих вірусних агентів, зведено до кількох важливих кроків або ключових процесів, важливих для розробки будь-якого плану біобезпеки, адаптованого до конкретного ЕріUnit (від окремого резервуара або ставка до цілої країни, як показано на рисунку 10).

Загалом, процес планування біобезпеки та розробки програми, перегляду та ідентифікації патогенів, а також технічних та регуляторних прогалин у біобезпеці на різних ділянках вимагає поєднання кількох методів для підготовки документа, специфічного для конкретного місця [16]. Хоча більш детальна інформація щодо біобезпеки щодо кожного обговорюваного вірусного агента представлена в окремих розділах цього огляду, загальні кроки процесу включають наступне:

- Отримання даних з опублікованої інформації (пошук білої та сірої літератури в публічних базах даних, урядових та наукових звітах). Використання ГІС/картографування для встановлення передісторії випадку з накладанням фізичних/природних та антропологічних характеристик вибраного місця.

- Збір польових даних шляхом особистих відвідувань місць для проведення аудитів біобезпеки за допомогою прямих інтерв'ю та збору інформації шляхом обговорень із залученими зацікавленими сторонами. Стандартизовані питання для інтерв'ю/опитування будуть базуватися на кроках, наведених на рисунку 2.

- Використання зібраних даних, специфічних для місця, у напівкількісному аналізі ризиків та впливу, з подальшим визначенням критичних контрольних точок для входу/виходу захворювання та визначенням заходів щодо зменшення ризику.

- Встановлення протоколів клінічної оцінки та діагностики захворювання, які будуть використовуватися в процедурах спостереження/моніторингу та планах дій у надзвичайних ситуаціях.

– Розробка протоколу аудиту та сертифікації третьою стороною впроваджених та функціонуючих планів/програм біобезпеки для об'єктів з метою підтримки їхнього статусу вільних від специфічних патогенів (SPF). Зрештою, оскільки часто існують економічні перешкоди для впровадження оптимальних практик біобезпеки через їхню високу вартість, і вони можуть бути непрактичними для невеликих установ та ситуацій з прямою взаємодією між аудиторією та морськими ссавцями, важливо забезпечити різноманітні підходи до впровадження покращеної біобезпеки. Коли оптимальні методи неможливо впровадити, слід запропонувати менш дорогі альтернативи, засновані на надійних принципах боротьби з хворобами, разом з вибором з різноманітних підходів, для впровадження найбільш економічно ефективного підходу для різних рівнів дій у їхній місцевій ситуації [21].

Через відмінності в епідеміології та індивідуальні характеристики кожного вірусного агента та епідеміологічної одиниці ситуації, запропоновані заходи біобезпеки, засновані на вищезазначених загальних принципах, згадуються у відповідних розділах огляду.

Перелічені кроки для розробки, впровадження, аудиту та сертифікації ефективної програми біобезпеки, призначеної для запобігання, контролю та, можливо, викорінення хвороб у будь-якій епідеміологічній одиниці: визначеній популяції тварин, певною мірою відокремленій від інших популяцій, у яких можуть передаватися інфекційні та заразні хвороби.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Інфекція IHNV спричинює порушення імунних органів райдужної форелі протягом перших 5 днів, активує енергетичні метаболічні шляхи та споживала енергію для реплікації вірусу на ранній стадії першого дня. Крім того, вірулентна інфекція IHNV індукує захисний механізм інфікованої риби. Можна вважати, що вірулентний IHNV індукує патогенез, контролюючи метаболізм хазяїна, затримуючи імунний захист та спричинюючи порушення загоєння ран, що призводить до загибелі риб.

2. Кількість патогенних бактерій значно збільшується після вірусної інфекції, що вказує на те, що пошкодження ворсинок кишечника, викликане інфекцією IHNV, може спричинити вторинну бактеріальну інфекцію. На 28-й день після інфікування чисельність домінуючих бактерій на рівні типу (Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes та Bacteroidetes) значно відновлюється. Однак, все ще існують відмінності в чисельності окремих типів, що свідчить про те, що кишечник форелі, що вижив, сам по собі може підтримувати бактеріальний гомеостаз.

3. Форель, інфікована IHNV, демонструє стан дисбактеріозу в кишечнику, що призводило до проліферації слизової оболонки кишечника, що, спричинює вторинну бактеріальну інфекцію. Подальші дослідження необхідні, щоб визначити, чи є подібні результати на інших стадіях росту, включаючи старшу стадію, коли риби менш сприйнятливі до інфекції IHNV, та молодшу стадію, коли риби ще не розвинули стійку кишкову імунну систему. GALT форелі можуть викликати імунні відповіді в кишечнику для нейтралізації вірусів та відновлення мікробного гомеостазу.

За підсумками проведеного дослідження доцільно запропонувати такі заходи:

- у межах державної системи моніторингу забезпечувати щорічне обстеження форелієвих ставків з метою виявлення інфекційних захворювань;
- удосконалювати та впроваджувати дієві профілактичні й лікувальні заходи щодо форелі у ставкових господарствах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бучацький, Л. П., Руд, Ю. М., & Тушницька, Н. М. (2019). Молекулярна діагностика вірусу інфекційного гемопоетичного некрозу (IHNV) у інтенсивних господарствах райдужної форелі в Україні. Журнал досліджень аквакультури, 10(3), 1-8. <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000457>
2. Грициняк, І. І., Тушницька, Н. М., & Бучацький, Л. П. (2017). ПЛР-діагностика вірусних патогенів у інтенсивних господарствах райдужної форелі в Україні. Український журнал рибного господарства та акватичного біології, 1(45), 23-29.
3. Ковальчук, В. М., Бучацький, Л. П., & Руд, Ю. М. (2022). Філогенетичний аналіз ізолятів IHNV з українських форелівницьких господарств. Український біотехнологічний журнал, 15(1), 12–21.
4. Майстренко, М. І. (2020). Нові вірусні хвороби коропів та райдужної форелі: діагностика та профілактика [Докторська дисертація, Київський національний університет]. Репозиторій Київського національного університету. <https://ir.library.knu.ua/entities/publication/0a8b7b0f-6630-4238-99c5-204564edaebb>
5. Методика дослідної справи у рибництві”. Методичний посібник М.Ю. Євтушенко, П.Г. Шевченко. К.: 2005. – 44 с.
6. Руд, Ю. М., & Бучацький, Л. П. (2018). Ізоляція та характеристика вірусу інфекційного гемопоетичного некрозу (IHNV) з українських господарств райдужної форелі. Патологія риб, 53(2), 95–104. <https://doi.org/10.3147/jsfp.53.95>
7. Шевчук, О. В., & Литвиненко, С. П. (2021). Особливості розповсюдження вірусу IHNV у водних об'єктах Закарпаття. Актуальні питання аквакультури України, 5(2), 45–52.
8. Abonyi F., Eszterbauer E., Baska F., Hardy T., Doszpoly A. First Experimental Application of DNA-Layered Salmonid Alphavirus-Based Replicon Vaccine in Non-Salmonid Fish: Induced Early Semi-Specific Protection against Spring Viremia of Carp Virus (SVCV) in Common Carp (*Cyprinus carpio*) Animals. 2024;14:2698. doi: 10.3390/ani14182698.
9. Ahmadivand S., Fux R., Palić D. Role of T Follicular Helper Cells in Viral

Infections and Vaccine Design. Cells. 2025;14:508. doi: 10.3390/cells14070508.

10. Ahmadivand, S.; Savage, A.C.N.P.; Palic, D. (2025). Biosecurity and Vaccines for Emerging Aquatic Animal RNA Viruses. Viruses 2025, 17, 768. <https://doi.org/10.3390/v17060768>

11. Ahmadivand S., Krpetic Z., Martínez M.M., García-Ordoñez M., Roher N., Palić D. Self-Assembling Ferritin Nanoplatfrom for the Development of Infectious Hematopoietic Necrosis Virus Vaccine. Front. Immunol. 2024;15:1346512. doi: 10.3389/fimmu.2024.1346512.

12. Ahmadivand S., Palić D., Weidmann M. Molecular epidemiology of Novirhabdoviruses emerging in Iranian trout farms. Viruses. 2021;13:448. doi: 10.3390/v13030448.

13. Bonami J.R., Shi Z., Qian D., Sri Widada J. White tail disease of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*: Separation of the associated virions and characterization of MrNV as a new type of nodavirus. J. Fish Dis. 2005;28:23–31. doi: 10.1111/j.1365-2761.2004.00595.x. .

14. Bossart G.D., Duignan P.J. Emerging Viruses in Marine Mammals. CAB Rev. 2018;13:052. doi: 10.1079/PAVSNNR201813052.

15. Bossart G.D., Reif J.S., Schaefer A., Goldstein J., Fair P.A., Salikii J.T. Morbillivirus infection in free-ranging Atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the southeastern United States: Seroepidemiologic and pathologic evidence of subclinical infection. Vet. Microbiol. 2010;143:160–166. doi: 10.1016/j.vetmic.2009.11.024.

16. Campagna C., Uhart M., Falabella V., Campagna J., Zavattieri V., Vanstreels R.E.T., Lewis M.N. Catastrophic mortality of southern elephant seals caused by H5N1 avian influenza. Mar. Mammal Sci. 2024;40:322–325. doi: 10.1111/mms.13101.

17. Chamtim P., Suwan E., Dong H.T., Sirisuay S., Areechon N., Wangkahart E., Hirono I., Mavichak R., Unajak S. Combining segments 9 and 10 in DNA and recombinant protein vaccines conferred superior protection against tilapia lake virus in hybrid red tilapia (*Oreochromis* sp.) compared to single segment vaccines. Front.

Immunol. 2022;13:935480. doi: 10.3389/fimmu.2022.935480.

18. Chang C.J. Development and evaluation of DNA vaccine against salmonid alphavirus. *Methods Mol. Biol.* 2022;2411:205–218. doi: 10.1007/978-1-0716-1888-2_12.

19. Chinchilla B., Encinas P., Coll J.M., Gómez-Casado E. Differential Immune Transcriptome and Modulated Signalling Pathways in Rainbow Trout Infected with Viral Haemorrhagic Septicaemia Virus (VHSV) and Its Derivative Non-Virion (NV) Gene Deleted. *Vaccines*. 2020;8:58. doi: 10.3390/vaccines8010058.

20. Christiansen D.H., Østergaard P.S., Snow M., Dale O.B., Falk K. A Low-Pathogenic Variant of Infectious Salmon Anemia Virus (ISAV1-HPR0) is Highly Prevalent and Causes a Non-Clinical Transient Infection in Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in the Faroe Islands. *J. Gen. Virol.* 2011;92:909–918. doi: 10.1099/vir.0.027094-0.

21. Cueva M.D., Villena G.K., Kitazono A.A. Efficient cloning of tilapia lake virus complementary DNAs using an in vivo strategy in baker's yeast. *J. World Aquac. Soc.* 2021;52:1209–1220. doi: 10.1111/jwas.12776.

22. de Graaf M., Bodewes R., Koopmans M.P.G. Norovirus Infection in Harbor Porpoises. *Emerg. Infect. Dis.* 2017;23:87–91. doi: 10.3201/eid2301.161081.

23. de Vries R.D., Duprex W.P., de Swart R.L. Morbillivirus infections: An introduction. *Viruses*. 2015;7:699–706. doi: 10.3390/v7020699.

24. Duignan P.J., Van Bresse M.F., Cortés-Hinojosa G.A., Kennedy-Stoskopf S. Viruses. In: Gulland F.M.D., Dierauf L.A., Whitman K.L., editors. *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine*. 3rd ed. CRC Press; Boca Raton, FL, USA: 2018. pp. 331–365.

25. Edgar Amar C., Faisan J.P. Efficacy of an Inactivated Vaccine and Nutritional Additives Against White Spot Syndrome Virus (WSSV) in Shrimp (*Penaeus monodon*) *Isr. J. Aquac. Bamidgeh*. 2011;63:9.

26. Embregts C.W.E., Rigau deau D., Tacchi L., Pijlman G.P., Kampers L., Veselý T., Pokorová D., Boudinot P., Wiegertjes G.F., Forlenza M. Vaccination of carp against SVCV with an oral DNA vaccine or an insect cell-based subunit vaccine.

Fish Shellfish Immunol. 2019;85:66–77. doi: 10.1016/j.fsi.2018.03.028.

27. FAO. Development of a Regional Aquatic Biosecurity Strategy for the Southern African Development Community (SADC) FAO; Rome, Italy: 2018. 344p FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. C1149.

28. Farook M.A., Sundar Raj N., Madan N., Vimal S., Abdul Majeed S., Taj G., Rajkumar T., Santhoshkumar S., Sivakumar S., Sahul Hameed A.S. Immunomodulatory effect of recombinant *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus capsid protein (r-MCP) against white tail disease of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879) Aquaculture. 2014;433:395–403. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.07.004. 0

29. Fereidouni S.R., Harder T.C., Gaidet N., Ziller M., Hoffmann B., Hammoumi S., Globig A., Starick E., Kaleta E.F., Eiden M., et al. Influenza Virus Infections in Marine Mammals. Emerg. Infect. Dis. 2016;22:839–842. doi: 10.1007/s10393-014-0968-1. .

30. Gadzhiev A., Petherbridge G., Sharshov K., Sobolev I., Alekseev A., Gulyaeva M., Litvinov K., Boltunov I., Teymurov A., Zhigalin A., et al. Pinnipeds and avian influenza: A global timeline and review of research on the impact of highly pathogenic avian influenza on pinniped populations with particular reference to the endangered Caspian seal (*Pusa caspica*) Front. Cell. Infect. Microbiol. 2024;14:1325977. doi: 10.3389/fcimb.2024.1325977.

31. Gangnonngiwa W., Bunnontae M., Phiwsaiya K., Senapin S., Dhar A.K. In experimental challenge with infectious clones of *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus (MrNV) and extra small virus (XSV), MrNV alone can cause mortality in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Virology. 2020;540:30–37. doi: 10.1016/j.virol.2019.11.004. .

32. Horchanok A. V. Fluctuating fish asymmetry in natural and artificial reservoirs of Dnipro region on example of invasion types. Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2019. T. 7. № 3. C. 147–152.

33. Jeong K.H., Kim H.J., Kim H.J. Current status and future directions of fish vaccines employing virus-like particles. Fish Shellfish Immunol. 2020;100:49–57. doi:

10.1016/j.fsi.2020.02.060.

34. Jha R.K., Babikian H., Kristina, Srisombat S. Managing Infectious Myonecrosis Virus (IMNV) in Vannamei Shrimp Culture: Learning by Doing. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.* 2021;9:385–391. doi: 10.22271/fish.2021.v9.i1e.2424. 0

35. Jo W.K., Osterhaus A.D., Ludlow M. Transmission of morbilliviruses within and among marine mammal species. *Curr. Opin. Virol.* 2018;28:133–141. doi: 10.1016/j.coviro.2017.12.005.

36. Kennedy J.M., Earle J.A.P., Omar S., Abdullah H., Nielsen O., Roelke-Parker M.E., Cosby S.L. Canine and Phocine Distemper Viruses: Global Spread and Genetic Basis of Jumping Species Barriers. *Viruses.* 2019;11:944. doi: 10.3390/v11100944.

37. Kibenge F.S.B., Kibenge M.J.T. Orthomyxoviruses of Fish. In: Kibenge F.S.B., Godoy M.G., editors. *Aquaculture Virology*. Academic Press; Cambridge, MA, USA: 2016. pp. 299–326.

38. Kim Y.S., Son A., Kim J., Kwon S.B., Kim M.H., Kim P. Chaperna-mediated assembly of ferritin-based Middle East respiratory syndrome-coronavirus nanoparticles. *Front. Immunol.* 2018;9:1093. doi: 10.3389/fimmu.2018.01093.

39. Koonin E.V., Krupovic M., Surachetpong W., Wolf Y.I., Kuhn J.H. ICTV Virus Taxonomy Profile: Amnoonviridae 2023. *J. Gen. Virol.* 2023;104:001903. doi: 10.1099/jgv.0.001903.

40. Li C., Zhang Y., Yuan M., Zhu W., Pei C., Zhao X., Kong X. An oral vaccine against spring viremia of carp virus induces protective immunity in common carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture.* 2023;566:739167. doi: 10.1016/j.aquaculture.2022.739167. 0

41. Lueangyangyuen A., Senapin S., Dong H.T., Unajak S., Wangkahart E., Khunrae P. Expression and purification of S5196-272 and S6200-317 proteins from Tilapia Lake Virus (TiLV) and their potential use as vaccines. *Protein Expr. Purif.* 2022;190:106013. doi: 10.1016/j.pep.2021.106013.

42. Lv P., Song Y., Liu C., Yu L., Shang Y., Tang H., Sun S., Wang F. Application of *Bacillus subtilis* as a live vaccine vector: A review. *J. Vet. Med. Sci.*

2020;82:1693–1699. doi: 10.1292/jvms.20-0363.

43. Lyngstad T.M., Hjortaas M.J., Kristoffersen A.B., Markussen T., Karlsen E.T., Jonassen C.M., Jansen P.A. Use of Molecular Epidemiology to Trace Transmission Pathways for Infectious Salmon Anaemia Virus (ISAV) in Norwegian Salmon Farming. *Epidemics*. 2011;3:1–11. doi: 10.1016/j.epidem.2010.11.001.

44. Ma J., Bruce T.J., Jones E.M., Cain K.D. A Review of Fish Vaccine Development Strategies: Conventional Methods and Modern Biotechnological Approaches. *Microorganisms*. 2019;7:569. doi: 10.3390/microorganisms7110569.

45. Mai T.T., Kayansamruaj P., Taengphu S., Senapin S., Costa J.Z., Del-Pozo J., Thompson K.D., Rodkhum C., Dong H.T. Efficacy of heat-killed and formalin-killed vaccines against *Tilapia tilapinevirus* in juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *J. Fish Dis.* 2021;44:2097–2109. doi: 10.1111/jfd.13523.

46. Morris S.E., Zelner J.L., Fauquier D.A., Rowles T.K., Rosel P.E., Gulland F., Grenfell B.T. Partially Observed Epidemics in Wildlife Hosts: Modelling an Outbreak of Dolphin Morbillivirus in the Northwestern Atlantic, June 2013–2014. *J. R. Soc. Interface*. 2015;12:20150676. doi: 10.1098/rsif.2015.0676.

47. Murawski A., Fabrizio T., Ossiboff R., Kackos C., Jeevan T., Jones J.C., Kandeil A., Walker D., Turner J.C.M., Patton C., et al. Highly pathogenic avian influenza A(H5N1) virus in a common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in Florida. *Commun. Biol.* 2024;7:476. doi: 10.1038/s42003-024-06173-x.

48. Overturf, K., LaPatra, S., & Powell, M. (2001). Real-time PCR for the detection and quantitative analysis of IHNV in salmonids. *Journal of Fish Diseases*, 24(6), 325–333. Portico. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2001.00296.x>

49. Petrella A., Mazzariol S., Padalino I., Di Francesco G., Casalone C., Grattarola C., Di Guardo G., Smoglica C., Centelleghes C., Gili C. Cetacean morbillivirus and *Toxoplasma gondii* co-infection in Mediterranean monk seal pup, Italy. *Emerg. Infect. Dis.* 2021;27:1237–1239. doi: 10.3201/eid2704.204131.

50. Plaza P.I., Gamarra-Toledo V., Euguí J.R., Lambertucci S.A. Recent Changes in Patterns of Mammal Infection with Highly Pathogenic Avian Influenza A(H5N1) Virus Worldwide. *Emerg. Infect. Dis.* 2024;30:444–452. doi:

10.3201/eid3003.231098.

51. Postel A., King J., Kaiser F.K., Kennedy J., Lombardo M.S., Reineking W., de le Roi M., Harder T., Pohlmann A., Gerlach T., et al. Infections with highly pathogenic avian influenza A virus (HPAIV) H5N8 in harbor seals at the German North Sea coast, 2021. *Emerg. Microbes Infect.* 2022;11:725–729. doi: 10.1080/22221751.2022.2043726.

52. Rahmati-Holasoo H., Ahmadvand S., Marandi A., Shokrpour S., Palić D., Jahangard A. Identification and characterization of lymphocystis disease virus (LCDV) from Indian glassy fish (*Parambassis ranga* Hamilton, 1822) in Iran. *Aquac. Int.* 2022;30:2593–2602. doi: 10.1007/s10499-022-00922-7. 0

53. Rahmati-Holasoo H., Ahmadvand S., Shokrpour S., El-Matbouli M. Detection of Carp pox virus (CyHV-1) from koi (*Cyprinus carpio* L.) in Iran; clinico-pathological and molecular characterization. *Mol. Cell. Probes.* 2020;54:101668. doi: 10.1016/j.mcp.2020.101668.

54. Ramírez R., Marshall S.H. Identification and Isolation of Infective Filamentous Particles in Infectious Salmon Anemia Virus (ISAV) *Microb. Pathog.* 2018;117:219–224. doi: 10.1016/j.micpath.2018.02.029.

55. Rimondi A., Vanstreels R., Olivera V., Donini A., Lauriente M., Uhart M.M. Highly Pathogenic Avian Influenza A(H5N1) Viruses from Multispecies Outbreak, Argentina, August 2023. *Emerg. Infect. Dis.* 2024;30:812–814. doi: 10.3201/eid3004.231725.

56. Rojas-Peña M., Aceituno P., Salvador M.E., Garcia-Ordoñez M., Teles M., Ortega-Villaizan M.M., Perez L., Roher N. How Modular Protein Nanoparticles May Expand the Ability of Subunit Anti-Viral Vaccines: The Spring Viremia Carp Virus (SVCV) Case. *Fish Shellfish Immunol.* 2022;131:1051–1062. doi: 10.1016/j.fsi.2022.10.067.

57. Runstadler J.A., Puryear W. A Brief Introduction to Influenza A Virus in Marine Mammals. In: Spackman E., editor. *Animal Influenza Virus. Methods in Molecular Biology.* Volume 2123. Humana; New York, NY, USA: 2020.

58. Russell F.A., Hutmacher D.W., Dargaville T.R., Beagley K. Vaccine

delivery: Overcoming the challenges of vaccinating livestock and wildlife. *Vet. Vaccine*. 2024;3:100093. doi: 10.1016/j.vetvac.2024.100093. 0

59. Sevilla N., Lizarraga W., Jimenez-Vasquez V., Hurtado V., Molina I.S., Huarca L., Lope-Pari P., Vargas I., Arotinco G., Padilla-Rojas C. Highly pathogenic avian influenza A (H5N1) virus outbreak in Peru in 2022–2023. *Infect. Med.* 2024;3:100108. doi: 10.1016/j.imj.2024.100108.

60. Shams F., Pourtaghi H. Effect of maternally derived antibodies on two commercial vaccines in changes of serum antibody titres against distemper in puppies. *Vet. Med. Sci.* 2023;9:698–703. doi: 10.1002/vms3.1076.

61. Soltani M., Ahmadvand S., Ringø E. Chapter 11—*Bacillus* as Probiotics in Shellfish Culture. In: Soltani M., Elumalai P., Ghosh K., Ringø E., editors. *Bacillus Probiotics for Sustainable Aquaculture*. Taylor & Francis' CRC Press; Boca Raton, FL, USA: 2024. p. 280.

62. Souto S., Mérour E., Le Coupanec A., Lamoureux A., Bernard J., Brémont M., Millet J.K., Biacchesi S. Recombinant Viral Hemorrhagic Septicemia Virus with Rearranged Genomes as Vaccine Vectors to Protect against Lethal Betanodavirus Infection. *Front. Immunol.* 2023;14:1138961. doi: 10.3389/fimmu.2023.1138961. [DOI] [PMC free article] .

63. Sri Widada J., Durand S., Cambournac I., Qian D., Shi Z., Dejonghe E., Richard V., Bonami J.R. Genome-based detection methods of *Macrobrachium rosenbergii* nodavirus, a pathogen of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*: Dot-blot, in situ hybridization and RT-PCR. *J. Fish Dis.* 2003;26:583–590. doi: 10.1046/j.1365-2761.2003.00493.x.

64. Stone B.M., Blyde D.J., Saliki J.T., Morton J.M. Morbillivirus infection in live stranded, injured, trapped, and captive cetaceans in southeastern Queensland and northern New South Wales, Australia. *J. Wildl. Dis.* 2012;48:47–55. doi: 10.7589/0090-3558-48.1.47.

65. Syahidah D., Elliman J., Constantinoiu C., Owens L. Mosquito cells (C6/36) fail to support the complete replication of *Penaeus merguensis* hepadensovirus. *J. Invertebr. Pathol.* 2017;145:31–38. doi: 10.1016/j.jip.2017.03.006.

66. Tammas I., Bitchava K., Gelasakis A.I. Transforming Aquaculture through Vaccination: A Review on Recent Developments and Milestones. *Vaccines*. 2024;12:732. doi: 10.3390/vaccines12070732.
67. Tattiyapong P., Kitiyodom S., Yata T., Jantharadej K., Adamek M., Surachetpong W. Chitosan nanoparticle immersion vaccine offers protection against tilapia lake virus in laboratory and field studies. *Fish Shellfish Immunol*. 2022;131:972–979. doi: 10.1016/j.fsi.2022.10.063.
68. Thwaite R., Ji J., Torrealba D., Coll J., Sabés M., Villaverde A., Roher N. Protein nanoparticles made of recombinant viral antigens: A promising biomaterial for oral delivery of fish prophylactics. *Front. Immunol*. 2018;9:1652. doi: 10.3389/fimmu.2018.01652.
69. Uhart M.M., Vanstreels R.E.T., Nelson M.I., Olivera V., Campagna J., Zavattieri V., Lemey P., Campagna C., Falabella V., Rimondi A. Epidemiological data of an influenza A/H5N1 outbreak in elephant seals in Argentina indicates mammal-to-mammal transmission. *Nat. Commun*. 2024;15:9516. doi: 10.1038/s41467-024-53766-5.
70. Vigil K., Wu H., Aw T.G. A Systematic Review on Global Zoonotic Virus-Associated Mortality Events in Marine Mammals. *One Health*. 2024;19:100872. doi: 10.1016/j.onehlt.2024.100872.
71. Wellehan J., Cortes-Hinojosa G. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy, Volume 9*. National Institutes of Health; Bethesda, MD, USA: 2019. Marine Mammal Viruses; pp. 597–602.
72. World Organisation for Animal Health (WOAH) Salmonid Alphavirus (SAV) Standard. [(accessed on 30 January 2025)]. Available online: https://www.woah.org/fileadmin/Home/fr/Health_standards/aahm/current/2.3.08_SAV.pdf.
73. Zhao Z., Jiang F.Y., Zhou G.Q., Duan H.X., Xia J.Y., Zhu B. Protective immunity against spring viremia of carp virus by mannose modified chitosan loaded DNA vaccine. *Virus Res*. 2022;320:198896. doi: 10.1016/j.virusres.2022.198896.

ДОДАТКИ

Додаток А

Діагностична ефективність тестів, рекомендованих для спостереження або діагностики інфекції IHNV.

Test type	Test purpose	Source populations	Tissue or sample types	Species	DSe (n)	DSp (n)	Reference test	Citation
Real-time RT-PCR	Diagnosis	Experimentally infected salmon	Kidney	Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	100 (50)	100 (50)	Animals of known infection status	Purcell et al., 2013
RT-PCR (single step)	Diagnosis	Experimentally infected salmon	Kidney	Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	58 (50)	100 (50)	Animals of known infection status	Purcell et al., 2013
Virus Isolation	Diagnosis	Experimentally infected salmon	Kidney	Rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	84 (50)	100 (50)	Animals of known infection status	Purcell et al., 2013
		Field samples	Kidney and spleen	Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>)	80-86 (50)	100 (50)	Clinical signs – history	McClure et al., 2008

DSe = діагностична чутливість; DSp = діагностична специфічність; n = кількість зразків, використаних у дослідженні

ІНФЕКЦІЙНИЙ ГЕМАТОПОЕТИЧНИЙ НЕКРОЗ (IHNV) У ЛОСОСЕВИХ РИБ: МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ ТА ВАКЦИННІ СТРАТЕГІЇ

Вірус інфекційного гематопоетичного некрозу (IHNV) є збудником інфекційного хвороби у лососевих риб, таких як лосось та форель, які є одними з найважливіших видів в аквакультурі. Виробництво лосося та форелі, що вирощуються у світі, перевищує 3 мільйони тон щороку, що коштує понад 17,5 мільярда доларів [1].

Раннє виявлення IHNV має вирішальне значення для контролю та запобігання поширенню цього інфекційного захворювання, оскільки ефективного лікування вірусної інфекції не існує. Попередня діагностика IHNV часто ґрунтується на спостереженні за клінічними ознаками та змінами в поведінці риб. Зовнішні клінічні ознаки та зміни в поведінці риб, інфікованих IHNV, легко розпізнати, і ці діагнози можуть дати ймовірні докази інфекції IHNV. Однак для підтвердження інфекції IHNV все ще потрібні серологічні діагностичні методи, такі як реакція нейтралізації вірусу (VNT) та імуноферментний аналіз (ELISA). Методи молекулярної діагностики, засновані на ПЛР та технологіях петлевої ізотермічної ампліфікації (LAMP), зазвичай вважаються більш просунутими завдяки їхній вищій чутливості виявлення порівняно із серологічними методами.

Кілька надійних клінічних методів виявлення та ідентифікації IHNV базуються на макроскопічній та мікроскопічній патології, хімічній патології, відбитках тканин та електронно-мікроскопічному аналізі. Мазкові патологічні ознаки інфікованих риб включають бліді внутрішні органи, такі як печінка, нирки та селезінка; роздутий живіт з желатинозною речовиною; екзофтальмію; петехіальні крововиливи в м'язах і тканинах, що оточують органи порожнини тіла; та деформації хребта у риб, що вижили. Тоді як мікроскопічні патологічні ознаки включають некроз еозинофільних гранулярних клітин у стінці кишечника та дегенеративний некроз у гемопоетичних тканинах, травному тракті, нирках, печінці, селезінці та підшлунковій залозі.

Ефективність вакцини може залежати від шляху її введення, оскільки різні підходи до вакцинації впливають на локалізацію вакцини та активацію імунних клітин, а отже, на системні імунні відповіді [2]. Через складність різних вакцин, господарів, доз вакцини, типів ад'ювантів, об'ємів ін'єкцій та інтервалів між ін'єкціями, відносна імуногенність вакцин, що вводяться різними шляхами, може значно відрізнятися. Основний механізм впливу різних шляхів вакцинації на ефективність ДНК-вакцини у риб залишається незрозумілим.

Досягнення в біотехнологічних методах викликали інтерес серед дослідників до створення рекомбінантного G-білка IHNV у бактеріях та дріжджах як потенційних кандидатів на вакцину проти цієї хвороби. Крім того, біоінформатичний аналіз нуклеотидних послідовностей IHNV, депонованих у GenBank, показав, що сайти мутацій G-білка IHNV при позитивному відборі є потенційними кандидатами на рекомбінантну вакцину. Цю ідею прийняли вчені, які створили серію живих рекомбінантних IHNV за допомогою зворотного генетичного підходу. Це дослідження показало, що послідовність N-білка відіграє найважливішу роль в ослабленні вірулентності IHNV, а модифікації послідовностей N та G забезпечують різний ступінь захисту та імунітету.

Література

1. Dixon, P., Paley, R., Alegria-Moran, R., Oidtmann, B. (2016). Epidemiological characteristics of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV): a review. *Veterinary Research*, 47(1). <https://doi.org/10.1186/s13567-016-0341-1>

* Науковий керівник – к.с-г.н., доцентка А. В. Горчанок



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



СЕРТИФІКАТ

засвідчує, що

Зажарська Софія Володимирівна

брав/ла участь у роботі Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Біотехнологія, екологія, тваринництво та природокористування: сучасні виклики та забезпечення сталого розвитку»

11 листопада 2025 року, м. Харків, Україна

Голова оргкомітету,
проректор з наукової роботи, професор

Співголова оргкомітету,
декан факультету біотехнологій, професор



Валерій МИХАЙЛОВ

Олена ЩЕРБАК

3. Латка О.М. (2010). Ефективність методів удосконалення української верхової породи коней. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН, №103, 79-82.
4. Литвищенко, Л.О., Лесновська, О.В., Пішан, С.Г., Гутий, Б.В., Бегма, Н.А., Логвінова, В.В., Сапронова, В.О. та Милостивий, Р.В. (2025). Вплив кліматичних та антропогенних факторів на сучасне управління конярством: виклики та стратегії адаптації. *Український журнал ветеринарних та сільськогосподарських наук*, 8 (2), 56-64. <https://doi.org/10.32718/ujvas8-2.10>
5. Петрушко, М. П., Кабасова, І. О. (2018). Взаємозв'язок типу вищої нервової діяльності з роботоздатністю спортивних коней групи конкуру. *Scientific Progress & Innovations*, (1), 112–114.

GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPORT HORSES

Dyakonova O., applicant for Higher Education

Nechaeva O., applicant for Higher Education

Lesnovska O.V., candidate of agricultural sciences, associate professor, Dnipro State Agrarian and Economic

University, Dnipro, Ukraine ORCID: 0000-0002-9027-6734

E-mail: lesnovska.o.v@dsau.dp.ua

Abstract. Control of growth and development of young sport horses in the farm is an important element of selection and breeding work and the system of training animals for sports use. It makes it possible to assess the intensity of growth of young animals, the harmony of the development of the organism, timely identify deviations in the formation of the exterior and adjust the conditions of feeding, maintenance and training. Determination of mass, body measurements of young animals is carried out in different age periods, which allows you to trace the patterns of animal growth. Control of the development of the skeleton, muscles and limbs is of particular importance, since the working capacity, endurance and sports fitness of horses depend on this.

Keywords: sport horses, young animals, growth and development, breeding features.

УДК 639.3.03(063)

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ФОРЕЛІ РАЙДУЖНОЇ В УМОВАХ ФОРЕЛЕВОГО ГОСПОДАРСТВА «СТАРА ВАГА» ХУСТСЬКОГО РАЙОНУ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Зажарська С. В.

здобувачка вищої освіти бакалаврського рівня

кафедра водних біоресурсів та аквакультури, Дніпровський державний

аграрно-економічний університет

e-mail: 10351749@student.dsau.dp.ua

Зажарський В. В.

кандидат ветеринарних наук

Кафедра інфекційних хвороб тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2674-2494>

e-mail: zazharskiyv@gmail.com

М. С. Оржинська

викладач

Кафедра інфекційних хвороб тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет

e-mail: marta1990333@gmail.com

Анотація. У роботі наведено результати досліджень технології вирощування форелі в Хустському районі, яка ґрунтується на поєднанні природних гідрологічних умов Карпат та інтенсивної басейнової аквакультури. Основними чинниками успішного виробництва є використання високоякісної проточної води, контроль температурного режиму, повноцінна годівля та належна організація каскадної системи вирощування, що забезпечує стабільний ріст і високу продуктивність райдужної форелі.

Дослідження репродуктивних характеристик чотирирічних самців райдужної форелі показало високий рівень якості сперми та її запліднювальної здатності. Середній об'єм еякуляту у самців контрольної групи становив $10,7 \pm 0,23$ мл, що на 15,7 % менше порівняно з особинами дослідної групи, які отримували корм T-SALMO RANGE.

Ключові слова: райдужна форель, інтенсивне вирощування, інфекційний гематопоестичний некроз (IHNV), епізоотична ситуація, економічні збитки.

Теоретичною основою для проведення досліджень є фундаментальні та прикладні роботи вітчизняних і зарубіжних вчених [1, 2, 4].

Мета роботи – проаналізувати інфекційні захворювання форелевих риб в акваріумальному комплексі м. Дніпро на прикладі вірусу інфекційного гематопоестичного некрозу (IHNV).

Матеріали та методи досліджень. Дослід реалізовували в лабораторному приміщенні, обладнаному системою акваріумів; її структурні особливості.

Для проведення експерименту було сформовано вибірку з 50 екземплярів форелі райдужної (*Oncorhynchus mykiss*) породи внутрішньопородного типу із середньою масою тіла близько 400 г, відібраних за принципом подібності. Риб утримували групами по 10 особин у двох резервуарах об'ємом 250 л кожен.

Адаптаційний період становив 7 діб, упродовж якого всі особини перебували за однакових гідрохімічних та технологічних умов. Подача води в систему здійснювалася після хлорування, а інтенсивність її заміни підтримували на рівні 20 л/год для кожного резервуара.

У процесі дослідження проведено оцінювання стану здоров'я риб з метою виявлення захворювань (рис. 1), а також виконано кількісну обробку отриманих результатів із застосуванням загальноприйнятих біометричних методів (Zar, 2010).



Рис. 1. Робота з отриманими зразками: А) проведення мікроскопії; Б) гістологічні зразки

Біометричну обробку результатів досліджень проводили за загальноприйнятими методиками [3].

Результати досліджень. Установлено, що технологія вирощування форелі в Хустському районі базується на поєднанні природних гідрологічних умов Карпат і інтенсивної басейнової аквакультури. Основними факторами успішного виробництва є якісна проточна вода, контроль температури, повноцінна годівля та правильна організація каскадної системи вирощування, що забезпечує стабільний ріст і високу продуктивність райдужної форелі. (рис. 2).

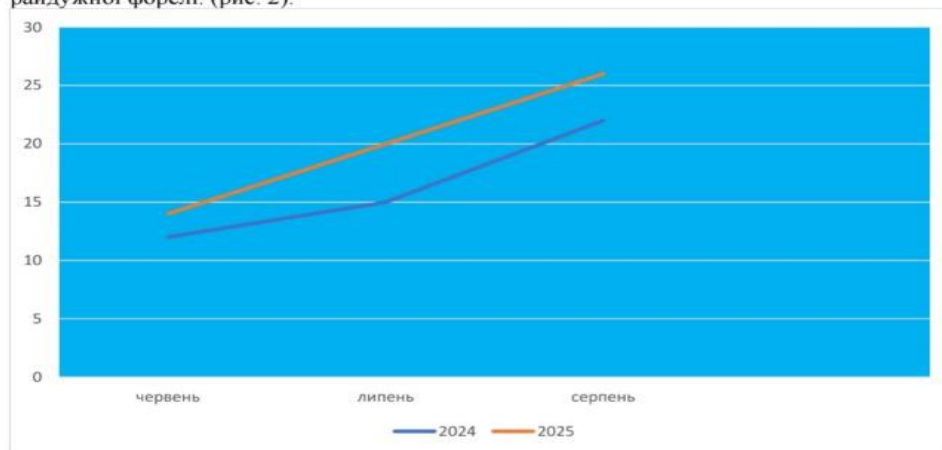


Рис. 2 Температура води у період 2024-2025 років

Аналіз кліматичних аномалій останніх років свідчить про тенденцію до підвищення літніх температур повітря, що безпосередньо впливає на гідротермічний режим річок: у 2024 році температура води в регіоні в літній період переважно становила 20–25 °C у низинних ділянках, тоді як гірські потоки залишалися прохолоднішими (8–16 °C). У 2025 році відзначалися періоди підвищеного прогрівання води, особливо в маловодні та посушливі фази літа, що призводило до локального наближення температур до 18–22 °C у басейнових системах із слабкішою проточністю.

Такі коливання є критичними для форелевих господарств, оскільки райдужна форель є холодноводним видом і оптимально розвивається при температурі 10–16 °C.

Висновки для форелевих господарств.

Гірські річки Закарпаття загалом забезпечують сприятливий температурний режим для форелі, особливо у проточних та тіньових ділянках.

У роки з підвищеною температурою повітря (як 2024–2025) зростає ризик перевищення оптимальних значень, що може впливати на:

- зниження розчиненого кисню;
- уповільнення росту риби;
- підвищення стресу.

Басейнові форелеві господарства змушені компенсувати температурні коливання за рахунок гідротехнічних рішень (аерація, проточність, тіньові конструкції, використання джерельної води).

Підвищення температури води в літній період 2024–2025 років призвело до зміни кисневого балансу (рис. 3) у форелевих господарствах:

- при зростанні температури знижується розчинність кисню у воді;

- посилюється біологічне споживання кисню (мікроорганізмами та рибою);
- у малопроточних басейнах спостерігається зниження концентрації до 5–7 мг/л у пікові періоди спеки;
- у гірських потоках із доброю аерацією показники залишаються стабільнішими — 7–9 мг/л.

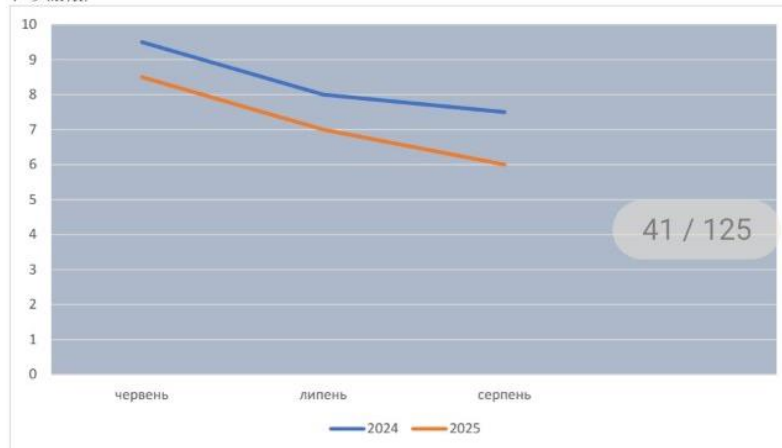


Рис. 3 Вміст кисню у воді у період 2024-2025 років

У 2025 році, за умов більш виражених температурних аномалій, фіксувалися короткочасні періоди кисневого дефіциту, особливо у денні години, коли температура води була максимальною.

Нами визначено, що вміст протеїну у попередньому кормі є нижчим на 4,8 %. Така різниця, ймовірно, матиме вплив на показники росту райдужної форелі. Лінійка кормів T-SALMO RANGE призначена для вирощування райдужної форелі в умовах інтенсивної аквакультури. Вона застосовується як у ставкових господарствах, так і в установках замкнутого водопостачання, забезпечуючи ефективне поєднання поживної цінності та економічної доцільності.

Ці корми характеризуються підвищеним вмістом протеїну (у межах 39–45 %), значна частина якого має тваринне походження, що сприяє кращому засвоєнню. Важливу роль відіграють компоненти морського походження, зокрема рибне борошно та риб'ячий жир. Рівень жиру становить приблизно 21–27 %, що забезпечує рибу необхідною енергією для росту, тоді як низький вміст клітковини покращує процеси травлення.

До складу кормів входять як тваринні, так і рослинні інгредієнти (зернові, соєві та ріпакові компоненти), а також комплекс вітамінів і мінералів. Корм випускається у вигляді гранул різного діаметра, що дозволяє підбирати його відповідно до віку та розміру риби, а також у різних формах — плаваючих або тонучих.

Завдяки збалансованому складу та технологічним особливостям, використання кормів T-SALMO RANGE сприяє швидкому росту форелі, ефективному використанню корму та отриманню якісної товарної продукції.

Дослідження змін маси райдужної форелі протягом 45 днів виявило помітні відмінності між групами, які отримували різні види комбікормів.

Показники росту риби контрольної та дослідної груп подано на діаграмі (рис. 4). Аналіз результатів показав, що починаючи з 20-ї доби експерименту, у дослідної групи спостерігалися вищі прирости маси тіла порівняно з контрольною. Це підтверджує кращу

засвоєності корму T-SALMO RANGE та його позитивний вплив на ефективність вирощування.

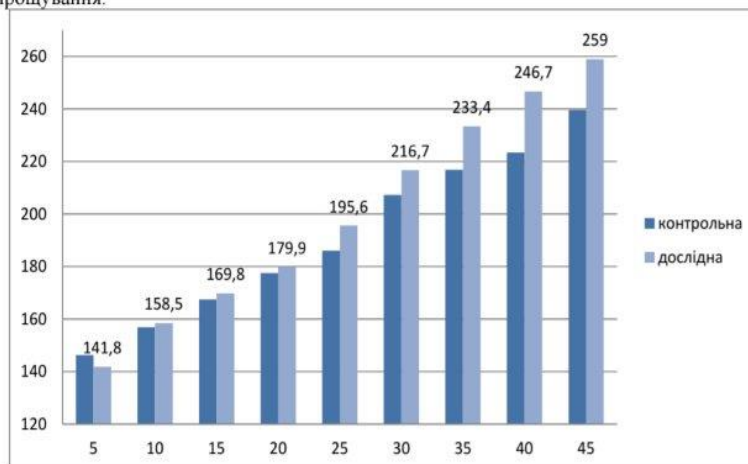


Рис. 4. Зміни показників росту райдужної форелі протягом дослідів.

Упродовж дослідження не було виявлено відхилень у поведінці риби, а її пристосування до нового корму відбувалося швидко й без ознак стресу. У контрольній групі, яка отримувала корм B-EXTRA, відзначалися поодинокі випадки сапролегніозу, тоді як у дослідній групі захворювань не зафіксовано. Це може свідчити про підвищення імунітету та стійкості до стресових факторів у риб, що споживали новий корм. Завдяки своєчасним діям ветеринарного спеціаліста вдалося зберегти більшість особин контрольної групи та продовжити проведення експерименту.

Вивчення фізіологічних, продуктивних і репродуктивних характеристик плідників райдужної форелі. Дослідження продуктивних і репродуктивних показників чотирирічних самиць райдужної форелі засвідчило високий рівень розвитку цих характеристик, що пов'язано із застосуванням корму T-SALMO RANGE.

Середня маса самиць дослідної групи становила $1796,42 \pm 2,17$ г, а середня довжина — $42,91 \pm 0,3$ см (табл. 1). Абсолютна робоча плодючість досягала 3986,24 ікринок, при цьому гонадосоматичний індекс (GSI) складав 15,96 % і визначався як відношення маси ікри до маси тіла самиці, помножене на 100.

У контрольній групі спостерігалася дещо більша абсолютна плодючість — 3986,62 ікринок при середній масі тіла 1697,2 г, що на 6,8 % перевищує показник дослідної групи. Однак відносний вміст ікри (GSI) був нижчим — 14,8 %, що вказує на менш ефективне використання біомаси самиць порівняно з дослідною групою.

Показник відносної плодючості (RF) у дослідній групі був вищим на 17,59 %, ніж у контролі, що свідчить про позитивний вплив корму T-SALMO RANGE на репродуктивні можливості риби. Цей показник визначався як кількість ікринок у розрахунку на одиницю маси тіла самиці.

Додатковий аналіз характеристик ікри показав, що у контрольній групі маса ікринок була меншою на 2,9 %, а їхній діаметр — на 9,8 % нижчим порівняно з дослідною групою. Це вказує на вищу якість ікри у риби, яка споживала новий корм, що є важливим для ефективного відтворення в умовах інтенсивної аквакультури.

Отже, використання корму T-SALMO RANGE сприяє підвищенню відносної плодючості, збільшенню розмірів і маси ікри, більш раціональному використанню біомаси самиць та загальному покращенню репродуктивних показників. Це підтверджує

доцільність його застосування у промисловому вирощуванні райдужної форелі.

Таблиця 1. Характеристика чотирирічних самиць райдужної форелі, (M ± m, n = 5)

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Маса тіла, г	1692,13 ± 0,74	1796,42 ± 2,17
Довжина риби, см	43,60 ± 0,2	42,91 ± 0,3
Довжина тіла без хвостового плавця, см	39,49 ± 0,2	39,41 ± 0,4
Найбільша висота, см	11,05 ± 0,1	11,02 ± 0,2
Найменша висота, см	4,48 ± 0,1	4,41 ± 0,1
Обхват тіла, см	26,95 ± 0,1	26,32 ± 0,3
Маса ікри, г	142,55 ± 0,7	155,7 ± 1,1
Маса ікри, % від маси самиць	15,3 ± 0,4	17,6 ± 0,6
Робоча плодючість, ікринок	4249,7 ± 1,1	4001,3 ± 9,5
Відносна плодючість, ікринок/кг	2387,8 ± 4,0	2826,1 ± 6,1
Маса ікринки, мг	62,0 ± 0,1	64,0 ± 0,1
Діаметр ікринки, мм	4,6 ± 0,1	5,1 ± 0,1

При дослідженні чотирирічних самиць райдужної форелі встановлено, що маса самиць контрольної групи менша порівняно з райдужною фореллю дослідної групи на 1,7 % (табл. 2).

Дослідження репродуктивних характеристик чотирирічних самиць райдужної форелі показало високий рівень якості сперми та її запліднювальної здатності. Середній об'єм еякуляту у самиць контрольної групи становив 10,7 ± 0,23 мл, що на 15,7 % менше порівняно з особинами дослідної групи, які отримували корм T-SALMO RANGE. При цьому перерахунок об'єму еякуляту на 1 кг маси тіла не виявив істотних відмінностей між групами, що свідчить про стабільність цього показника незалежно від типу годівлі.

Таблиця 2. Характеристика чотирирічних самиць лососевих видів риби, (M ± m, n=5)

Показники	Контрольна група	Дослідна група
Маса тіла, г	836,7 ± 0,9	850,4 ± 0,1
Довжина риби, см	41,30 ± 0,4	41,32 ± 0,7
Довжина тіла без хвостового плавця, см	37,16 ± 0,4	37,28 ± 0,5
Найбільша висота тіла, см	9,54 ± 0,2	9,67 ± 0,2
Найменша висота тіла, см	3,22 ± 0,1	3,85 ± 0,1
Обхват тіла, см	21,27 ± 0,5	24,21 ± 0,6
Об'єм еякуляту, мл	10,99 ± 0,3	12,79 ± 0,4
Об'єм еякуляту, мл/кг маси самця	7,95 ± 0,3	8,16 ± 0,2

Під час інкубації ікри та раннього розвитку ембріонів встановлено, що тривалість ембріогенезу в дослідній групі становила 38 добу (327 градусо-день), тоді як у контрольній — 40 днів (329 градусо-днів). Отже, використання нового корму не вплинуло негативно на швидкість розвитку, яка залишалася в межах фізіологічної норми.

Вихід вільних ембріонів у дослідній групі досягав 88,9 % від закладеної ікри, тоді як у контрольній — 79,7 %. Це свідчить про вищу ефективність запліднення та кращу життєздатність личинок у риби, що отримували корм T-SALMO RANGE.

Додатково встановлено позитивний зв'язок між об'ємом еякуляту самиць і показниками якості потомства, що свідчить про суттєвий вплив годівлі на репродуктивний потенціал риби (рис. 5). Отримані дані підтверджують, що використання корму T-SALMO RANGE сприяє:

- покращенню якісних характеристик сперми та збільшенню об'єму еякуляту;

- підвищенню ефективності процесу запліднення;
- зростанню виходу життєздатних ембріонів;
- збереженню стабільної тривалості ембріонального розвитку та нормального перебігу ранніх стадій онтогенезу.

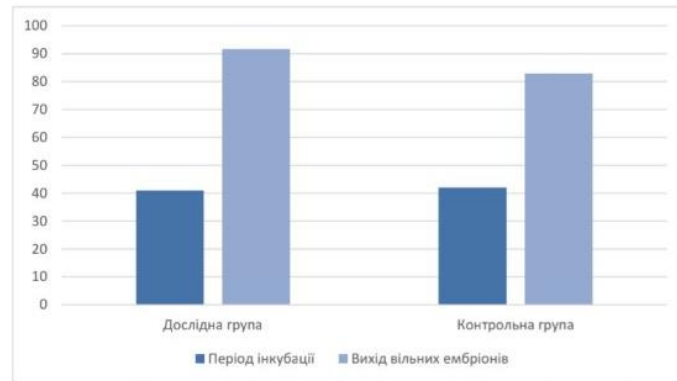


Рис. 5. Оцінка репродуктивних параметрів самців райдужної форелі.

Отже, корм T-SALMO RANGE є доцільним для забезпечення високих репродуктивних показників самців райдужної форелі та покращення якості потомства в умовах інтенсивного промислового вирощування.

Висновки

1. Інфекція IHNV спричинює порушення імунних органів райдужної форелі протягом перших 5 днів, активує енергетичні метаболічні шляхи та споживала енергію для реплікації вірусу на ранній стадії першого дня. Крім того, вірулентна інфекція IHNV індукує захисний механізм інфікованої риби. Можна вважати, що вірулентний IHNV індукує патогенез, контролюючи метаболізм хазяїна, затримуючи імунний захист та спричинюючи порушення загоєння ран, що призводить до загибелі риб.

2. Кількість патогенних бактерій значно збільшується після вірусної інфекції, що вказує на те, що пошкодження ворсинок кишечника, викликане інфекцією IHNV, може спричинити вторинну бактеріальну інфекцію. На 28-й день після інфікування чисельність домінуючих бактерій на рівні типу (Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes та Bacteroidetes) значно відновлюється. Однак, все ще існують відмінності в чисельності окремих типів, що свідчить про те, що кишечник форелі, що вижив, сам по собі може підтримувати бактеріальний гомеостаз.

3. Форель, інфікована IHNV, демонструє стан дисбактеріозу в кишечнику, що призводило до проліферації слизової оболонки кишечника, що, спричинює вторинну бактеріальну інфекцію. Подальші дослідження необхідні, щоб визначити, чи є подібні результати на інших стадіях росту, включаючи старшу стадію, коли риби менш сприйнятливі до інфекції IHNV, та молодшу стадію, коли риби ще не розвинули стійку кишкову імунну систему. GALT форелі можуть викликати імунні відповіді в кишечнику для нейтралізації вірусів та відновлення мікробного гомеостазу.

4. За підсумками проведеного дослідження доцільно запропонувати такі заходи:

- у межах державної системи моніторингу забезпечувати щорічне обстеження форелієвих ставків з метою виявлення інфекційних захворювань;
- удосконалювати та впроваджувати дієві профілактичні й лікувальні заходи щодо форелі у ставкових господарствах.

Література

1. Abonyi F., Eszterbauer E., Baska F., Hardy T., Doszpoly A. First Experimental Application of DNA-Layered Salmonid Alphavirus-Based Replicon Vaccine in Non-Salmonid Fish: Induced Early Semi-Specific Protection against Spring Viremia of Carp Virus (SVCV) in Common Carp (*Cyprinus carpio*) Animals. 2024;14:2698. doi: 10.3390/ani14182698.