

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет тваринництва та водних біоресурсів

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

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
аквакультури
(назва кафедри)

_____ Кононенко Р.В.
(підпис) (ПІБ)

_____ Бех В.В.
(підпис) (ПІБ)

“ ” 2025 р.

“ ” 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**на тему “ПРОЄКТ РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА З ВИРОЩУВАННЯ
ТОВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ РАЙДУЖНОЇ ФОРЕЛІ (*ONCORHYNCHUS
MYKISS*)”**

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

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура
(назва)

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

Гарант освітньої програми

_____ д.б.н, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Рудик-Леуська Н.Я.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

_____ к.с.-г.н.
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Охріменко О.В.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Плужник Д.С.
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аквакультури
д.с.-г.н., професор _____ Бех В.В.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
“ ___ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Плужнику Денису Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура
(назва)

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

Тема магістерської кваліфікаційної роботи “Проект рибного господарства з вирощування товарної продукції райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*)” затверджена наказом ректора НУБіП України від 25.10.24 № 1915 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 01.10.2025
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: Повносистемне форелеве рибне господарство. Об'єкт аквакультури – райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*).

Облаштування та структура форелевого господарства, технології одержання потомства райдужної форелі, вирощування рибопосадкового матеріалу і товарної продукції. Потужність проектного господарства – 10 т.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Навести огляд літератури щодо сучасного стану та перспектив розвитку товарного форелівництва, дати характеристику біологічних особливостей райдужної форелі.

2. Навести основні технологічні процеси, провести необхідні розрахунки щодо потреб проектного господарства у різновікових групах біологічного матеріалу райдужної форелі та матеріально-технічних засобах.

3. Надати економічне обґрунтування проектованому господарству

Перелік графічного матеріалу (за потреби): таблиці, фото, рисунки.

Дата видачі завдання “01” листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Охріменко О.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Плужник Д.С.
(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Представлена робота присвячена розробленню комплексу технологічних, економічних та організаційних заходів, орієнтованих на впровадження ефективної моделі форелевого господарства в умовах інтенсивного розвитку аквакультури. Робота виконана на 57 сторінках друкованого тексту, містить 10 рисунків та 6 таблиці, список літератури налічує 51 джерела.

Актуальність теми. Форелеве господарство є однією з перспективних галузей аквакультури, що має значний потенціал для розвитку в Україні та інших країнах. З огляду на тенденції до здорового способу життя, споживання рибних продуктів, зокрема форелі, невпинно зростає. Крім того, форель є популярним продуктом на міжнародних ринках, що відкриває можливості для експорту. Форелеве господарство може бути організоване таким чином, щоб мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, зокрема за використання рециркуляційних аквакультурних систем.

Об'єкт дослідження – процес вирощування товарної продукції райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) в системах замкненого водопостачання (РАС).

Предмет дослідження – технологічні та економічні особливості проектування форелевого господарства з урахуванням біологічних вимог виду.

Мета роботи – розробка проекту рибного господарства, здатного забезпечити стабільне виробництво якісної товарної продукції форелі за умов інтенсифікації технологічних процесів.

Методи досліджень – аналітичний, розрахунковий, порівняльний та графічний.

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку форелівництва в Україні та світі.
2. Дослідити біологічні особливості райдужної форелі як об'єкта аквакультури.

3. Визначити оптимальні технологічні параметри для вирощування товарної форелі.
4. Розробити проєкт господарства із застосуванням установок замкненого водопостачання.
5. Провести економічну оцінку ефективності проєкту.
6. Розглянути питання охорони праці та біобезпеки у форелівництві.

Основну увагу приділено характеристиці біологічних особливостей райдужної форелі, сучасним методам її культивування у світі та в Україні, питанням профілактики захворювань, економічній оцінці діяльності господарства, а також заходам з охорони праці. У роботі наведено технологічні схеми функціонування РАС, приклади підбору обладнання, параметри вирощування та розрахунки ефективності виробництва. Практичне значення результатів полягає у можливості використання запропонованих підходів для створення нових або модернізації існуючих форелевих господарств різних масштабів.

**РАЙДУЖНА ФОРЕЛЬ, АКВАКУЛЬТУРА, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, РАС,
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ПРОЕКТУВАННЯ РИБНОГО
ГОСПОДАРСТВА.**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТОВАРНОГО ФОРЕЛІВНИЦТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	9
1.1. Райдужна форель як об'єкт аквакультури, її вимоги до умов культивування.....	9
1.2. Технологічні підходи до вирощування товарної продукції райдужної форелі.....	11
1.3. Профілактика захворювань лососевих в умовах аквакультури.....	17
1.4. Висновки за оглядом літератури	20
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
3.1. Основні вимоги до місця спорудження проектного форелевого господарства.....	29
3.2. Технологія відтворення та вирощування райдужної форелі в РАС.....	32
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТУ..	35
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	40
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

ВСТУП

Рибне господарство є однією з провідних галузей агропромислового комплексу України, яка забезпечує населення високоякісною білковою продукцією та робочими місцями, сприяє відтворенню природних водних ресурсів і розвитку регіональної економіки. У сучасних умовах зростаючої потреби у продовольстві, зниження біопродуктивності природних водойм та зміни клімату особливого значення набуває розвиток аквакультури, яка дозволяє стабільно отримувати рибну продукцію незалежно від природних факторів [1, 9].

Одним із найперспективніших напрямів аквакультури є вирощування райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) – представника родини лососевих, який відзначається високими смаковими якостями, швидким ростом, високим вмістом білка, незамінних амінокислот та Омега-3 жирних кислот. Цей вид має високу адаптаційну здатність до умов штучного вирощування, що робить його провідним об'єктом інтенсивного рибництва у багатьох країнах світу [12, 18, 20].

В Україні форелівництво має значний потенціал розвитку завдяки наявності сприятливих природно-кліматичних умов, доступу до джерел чистої води, а також наукових напрацювань у сфері аквакультури. Проте темпи зростання галузі залишаються недостатніми через низку проблем:

- застарілі технології вирощування;
- недостатню механізацію й автоматизацію процесів;
- втрати продукції через хвороби;
- високу собівартість кормів і енергоносіїв;
- недосконалу систему управління біобезпекою.

Для вирішення цих проблем необхідно впроваджувати інтенсивні технології вирощування риби, серед яких провідне місце займають установки замкненого водопостачання (РАС). Такі системи дають можливість багаторазово використовувати воду після очищення, створюють контрольоване середовище з оптимальними параметрами температури, кисню та гідрохімічного складу. Вони

дозволяють отримувати стабільно високі показники росту й збереженості поголів'я за мінімальних витрат водних ресурсів [17, 19, 24].

В умовах переходу українського рибництва на екологічно безпечні, енергоощадні та високотехнологічні методи виробництва надзвичайно актуальним є розроблення проєкту форелевого господарства, який поєднує економічну доцільність, біологічну ефективність і безпечність для довкілля [6, 9].

Рибництво є одним із найперспективніших напрямів сучасного сільського господарства України. Розвиток аквакультури сприяє зміцненню продовольчої безпеки держави, забезпеченню населення високоякісними білковими продуктами та створенню нових робочих місць у сільській місцевості [4, 6, 9]. Одним із найцінніших об'єктів прісноводного розведення є райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*), яка характеризується швидким ростом, високими смаковими якостями, доброю пристосованістю до різних гідрохімічних умов і стійким попитом на ринку.

Значимість роботи полягає у комплексному підході до розроблення проєкту інтенсивного форелевого господарства з урахуванням сучасних біотехнологічних і техніко-економічних параметрів [10, 11, 12, 19]. У роботі обґрунтовано оптимальні умови для підвищення рибопродуктивності та зниження собівартості продукції за рахунок ефективного використання води, енергії та кормів.

Використання розроблених технологічних рішень можливе у малих та середніх підприємствах аквакультури, що сприятиме розвитку форелівництва в Україні, підвищенню рівня продовольчої безпеки та конкурентоспроможності рибної продукції на внутрішньому й зовнішньому ринках [6, 9, 30].

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТОВАРНОГО ФОРЕЛІВНИЦТВА В УКРАЇНІ ТА СВІТІ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Райдужна форель як об'єкт аквакультури, її вимоги до умов культивування

Райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*) належить до родини лососевих (*Salmonidae*) і є одним із найпоширеніших об'єктів аквакультури у світі. Її вирощують у понад 70 країнах, а провідними виробниками є Норвегія, Чилі, Туреччина, Іран, Польща та Данія. В Україні форель культивується переважно у Карпатському регіоні, а також у господарствах, що використовують установки замкненого водопостачання (РАС) [10, 11, 18].

Райдужна форель – холодноводна, швидкоросла та високопродуктивна риба. Довжина дорослих особин зазвичай становить 30-40 см, маса - 0,5-2,0 кг, але в умовах інтенсивного вирощування у РАС риба може досягати маси понад 3 кг за 12-14 місяців. Тіло форелі видовжене, дещо сплюснуте з боків, забарвлення залежить від віку, умов утримання та стадії розвитку. Відмінною ознакою є характерна райдужна смуга, що простягається вздовж тіла від зябрової кришки до хвостового плавця (рис. 1.1.1.).



Рис. 1.1.1. Біологічні особливості райдужної форелі

Розмноження у природних умовах відбувається у чистій, швидкоплинній воді з кам'янистим або гравійним дном. У штучних умовах форель нереститься при температурі води 6-10 °С, а ікру інкубують у спеціальних апаратах.

Форель відзначається високим вмістом білка (до 18-20 %), незамінних амінокислот, Омега-3 жирних кислот, фосфору, йоду та вітамінів групи В. Завдяки цим показникам її відносять до дієтичних і цінних видів рибної продукції. Інтенсивний обмін речовин робить форель чутливою до якості водного середовища. Навіть незначні відхилення гідрохімічних параметрів можуть викликати стрес або загибель риби [16, 17].

Для успішного вирощування райдужної форелі необхідно забезпечити параметри водного середовища, наведені в таблиці 1.1.1.

Таблиця 1.1.1

Оптимальні параметри водного середовища пр культивуванні райдужної форелі

Показник	Оптимальне значення	Граничне відхилення
Температура води, °С	10–16	4–20
Розчинений кисень, мг/л	≥7,0	≥5,0
pH середовища	6,5-8,0	6,0–8,5
Аміак (NH ₃), мг/л	≤0,02	≤0,05
Нітриди (NO ₂ ⁻), мг/л	≤0,1	≤0,2
Вуглекислий газ (CO ₂), мг/л	≤15	≤20
Солоність, ‰	0-5	до 10

Оптимальним для форелі є постійний потік свіжої, чистої, прохолодної води, що містить велику кількість розчиненого кисню. В умовах РАС кисень подається за допомогою компресорів або оксигенаторів, що дозволяє підтримувати необхідну концентрацію навіть при високій щільності посадки (до 80-100 кг/м³).

Форель – типовий хижак, який у природі живиться дрібними рибами, личинками комах, ракоподібними та молюсками. В аквакультурі її утримують на збалансованих комбікормах із вмістом сирого білка 40-45 % і жиру 12-18 % [9, 16].

Для мальків використовують високобілкові мікрогранули, тоді як для підрощеної та товарної риби – гранули діаметром 2-6 мм. Частота годівлі залежить від температури води та віку риби, зазвичай 3-5 разів на добу.

Кормовий коефіцієнт становить 1,0-1,2, тобто для отримання 1 кг приросту риби необхідно витратити 1,0-1,2 кг корму.

Райдужна форель дуже чутлива до нестачі кисню. При концентрації менше 5 мг/л риба припиняє живлення, а при 3 мг/л спостерігається масова загибель. Важливим показником є також рівень аміаку – перевищення 0,05 мг/л призводить до ураження зябер і пригнічення росту.

Для підтримання стабільного гідрохімічного режиму у РАС застосовують біофільтри, механічні сита, денітрифікаційні колонії та ультрафіолетові стерилізатори. Це дозволяє повертати до 95 % очищеної води у виробничий цикл [11, 13, 36].

Температура є ключовим фактором росту та розвитку форелі. Оптимальна температура для швидкого росту становить 14-16 °С, але при 18-20 °С риба зазнає стресу, а при 22 °С – можливий летальний наслідок. Фотоперіод також впливає на швидкість росту та статеве дозрівання. Для інтенсивного вирощування застосовують регульоване освітлення – 12–16 годин світла на добу, що стимулює активне живлення.

Райдужна форель є одним із найцінніших і найперспективніших об'єктів аквакультури завдяки високим темпам росту, стійкості до утримання в штучних умовах та високій ринковій вартості. Для ефективного культивування виду необхідно забезпечити оптимальний гідрохімічний режим, збалансовану годівлю та стабільний температурний режим. Застосування сучасних технологій (зокрема РАС) дозволяє значно підвищити рибопродуктивність і мінімізувати екологічний вплив виробництва.

1.2. Технологічні підходи до вирощування товарної продукції райдужної форелі

Вирощування райдужної форелі є складним технологічним процесом, який потребує суворого дотримання біологічних та гідрохімічних параметрів середовища. У світі застосовують декілька основних методів культивування форелі, серед яких: ставовий, басейновий і в установках замкненого водопостачання (РАС). Кожен із них має свої переваги, недоліки та специфічні умови використання [2, 9, 20].

Ставовий метод є одним із найдавніших способів вирощування форелі. Його основою є використання природних або штучних водойм площею 0,3-1,0 га, глибиною 1,5-2 м, із постійним надходженням проточної води. Температура води підтримується в межах 10-16 °С, концентрація розчиненого кисню – не нижче 7 мг/л. У ставках створюють сприятливі умови для природної кормової бази (зоопланктон, бентос), що дозволяє частково зменшити витрати на комбікорми [1, 2].

Переваги ставової системи:

- простота облаштування;
- низькі капітальні витрати;
- екологічна стабільність.

Недоліки:

- залежність від сезонних факторів і кліматичних умов;
- низька щільність посадки (1–3 кг/м³);
- труднощі контролю параметрів води.

Продуктивність ставових господарств становить у середньому 0,5-1,0 т/га на рік, що робить цей метод малопридатним для інтенсивного виробництва.

Басейнові господарства дозволяють вести більш контрольований процес вирощування. Як правило, використовують бетонні або пластикові басейни довжиною 10-25 м, шириною 3-5 м і глибиною 1-1,5 м. [15, 26].

Постійна циркуляція води забезпечується гравітаційним способом або насосами. Щільність посадки форелі у таких умовах сягає 20-30 кг/м³, середньодобовий приріст маси – 1,5-2,0 г/добу, коефіцієнт конверсії корму – 1,2-1,4.

До переваг методу належать:

- можливість інтенсифікації виробництва;
- ефективний контроль параметрів води;
- легкість відбору риби та санітарної обробки ємностей.

Недоліки:

- значні витрати води;
- потреба у постійному енергопостачанні;
- необхідність систематичної очистки фільтрів і стоків.

Системи РАС є найсучаснішим і найбільш ефективним напрямом розвитку форелівництва. Принцип роботи полягає у багаторазовому використанні води після її механічного, біологічного та ультрафіолетового очищення. Витрата води скорочується у 20-30 разів порівняно з басейновими господарствами [11, 13, 23, 34]. (рис. 1.1.2.).

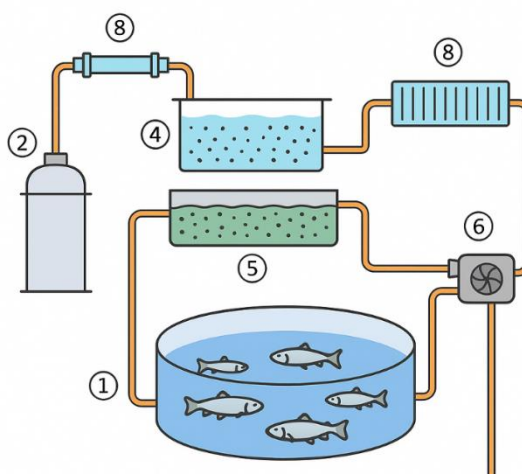


Рис. 1.1.2. Схема типової установки замкненого водопостачання (РАС)

Щільність посадки у РАС може досягати 80-100 кг/м³, коефіцієнт конверсії корму – 1,0-1,1, а продуктивність - до 100 кг/м³. Такі системи дають змогу вирощувати форель цілорічно, незалежно від кліматичних умов (табл. 1.1.2.).

Основні переваги РАС:

- стабільність параметрів середовища;
- контроль мікроклімату та якості води;
- мінімізація втрат від захворювань;
- економія водних ресурсів і площі.

Недоліки:

- високі капітальні витрати на монтаж обладнання;
- потреба у кваліфікованому обслуговуванні;
- ризик системних збоїв у разі відключення електроенергії.

Таблиця 1.1.2

Порівняльна ефективність технологій вирощування райдужної форелі

Показник	Ставова система	Басейнова система	РАС
Щільність посадки, кг/м ³	1-3	20-30	80-100
Середньодобовий приріст, г	0,8-1,2	1,5-2,0	2,5-3,5
Витрати корму (FCR)	1,4-1,6	1,2-1,4	1,0-1,1
Продуктивність, кг/м ³	300-500	20-30	80-100
Собівартість, грн/кг	180-200	150-170	130-150
Рентабельність, %	20-25	30-35	40-50

Останні роки характеризуються переходом форелевих господарств на енергоощадні та автоматизовані технології. Системи моніторингу дозволяють контролювати параметри води в режимі реального часу, автоматично регулювати подачу кормів і підтримувати стабільний кисневий баланс. Активно впроваджуються біофільтри нового покоління, що забезпечують ефективне очищення води від аміаку та органічних залишків.

Також набувають поширення комбіновані системи, де поєднуються елементи басейнової технології з РАС. Це дозволяє оптимізувати інвестиційні витрати та підвищити гнучкість виробництва [9, 12, 23].

У сучасному форелівництві головною тенденцією є перехід до інтенсивних технологій з використанням РАС. Саме ці системи забезпечують високу продуктивність, контроль якості води та екологічну стабільність. Для українських господарств впровадження РАС є найперспективнішим напрямом розвитку, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

1.3. Профілактика захворювань лососевих в умовах аквакультури

Профілактика хвороб лососевих риб є важливою складовою успішного ведення форелівництва, адже саме від санітарно-гігієнічного стану води, умов утримання й кормової бази залежить рівень збереженості поголів'я та економічна ефективність виробництва [5, 6, 8].

Основою профілактики є попередження потрапляння збудників захворювань у водойму та створення несприятливих умов для їх розвитку [19, 31]. Для цього необхідно забезпечити:

- постійний контроль гідрохімічного режиму води (температура, розчинений кисень, рН, вміст аміаку, нітритів і нітратів);
- дотримання оптимальної густоти посадки риби;
- використання якісних комбікормів, збалансованих за білками, жирами, вуглеводами, мінералами та вітамінами;
- регулярне очищення басейнів і фільтрів у системах РАС;
- дезінфекцію обладнання, інвентарю, ємностей і тари;
- недопущення потрапляння у воду відходів, мулу або залишків кормів.

Велике значення має карантин новопривбулої риби. Усі партії мальків і виробників перед посадкою в основні ємності утримують протягом 15-20 днів у окремих басейнах із профілактичною обробкою дезінфікуючими розчинами.

Однією з ключових умов стабільного вирощування є профілактика інфекційних і паразитарних захворювань (рис. 1.3.1). Найбільш поширені хвороби форелі:

- бактеріальні (аеромоноз, псевдомоноз, бактеріальна гниль зябер);
- вірусні (вірусна геморагічна септицемія, інфекційний панкреатичний некроз);
- паразитарні (іхтіофтіріоз, триходиноз, костііоз).

Основні профілактичні заходи:

- використання здорового посадкового матеріалу з карантинних господарств;
- регулярне очищення й дезінфекція басейнів;
- підтримання оптимальної температури та кисневого режиму;
- застосування пробіотиків, імуномодуляторів і збалансованих кормів;
- контроль мікробіологічних показників води.

Важливу роль відіграє ведення ветеринарного журналу та щомісячний моніторинг стану поголів'я [5, 41].



Рис. 1.3.1. Візуальні прояви основних хвороб райдувної форелі

Для зменшення ризику виникнення епізоотій на форелевих господарствах запроваджують систему біобезпеки, яка включає:

- обмеження доступу сторонніх осіб на територію підприємства;
- встановлення санітарного бар'єру при вході (дезінфекційний килим, рукомийники, змінне взуття);
- використання окремого інвентарю для різних технологічних ділянок;
- періодичну дезінфекцію приміщень, басейнів, трубопроводів, інструментів;
- проведення лабораторного контролю якості води та біоматеріалу.

Також важливо дотримуватись принципу не допущення змішування різних вікових груп риби в одному басейні. Це знижує ризик передачі збудників від дорослих особин до молоді.

Якісна годівля є одним із найефективніших методів профілактики. Збалансовані раціони з додаванням імуномодуляторів, пробіотиків та вітамінів підвищують резистентність організму риби до інфекцій. Особливу роль відіграє вітамін С, який покращує роботу імунної системи та прискорює загоєння тканин.

У сучасній практиці також застосовується вакцинація проти найпоширеніших бактеріальних хвороб (наприклад, аеромонозу). Вакцини вводять ін'єкційно або перорально через корм.

Профілактика хвороб у форелівництві базується на системному підході, який поєднує правильні гідрохімічні умови, санітарний контроль, збалансовану годівлю та заходи біобезпеки. Регулярний моніторинг стану риби, своєчасне виявлення перших ознак захворювань і проведення профілактичних обробок дозволяють запобігти значним економічним втратам і забезпечують стабільне виробництво здорової товарної продукції [17, 35].

1.4. Висновки за оглядом літератури

Аналіз наукових джерел, технічних звітів і практичного досвіду провідних господарств засвідчує, що райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*) є одним із найбільш технологічно придатних видів для вирощування в умовах інтенсивної аквакультури. Її висока пластичність до умов середовища, швидке зростання, ефективно засвоєння кормів і цінні смакові якості роблять цей вид ключовим об'єктом у світовому рибництві [10, 11, 20, 23].

За останні десятиліття світова продукція форелівництва зросла більш ніж утричі, і цей вид стабільно входить у п'ятірку найпоширеніших об'єктів аквакультури. Найбільшими виробниками є Норвегія, Чилі, Туреччина, Іран, Канада, Данія та Польща. У цих країнах форель вирощують переважно у басейнових господарствах та системах замкненого водопостачання (РАС), що дозволяє ефективно контролювати якість води, температурний режим і рівень кисню.

В Україні форелівництво розвивається насамперед у західних регіонах — Закарпатті, Львівщині, Івано-Франківщині, де наявні природні джерела холодної проточної води. Однак останніми роками значного поширення набувають інтенсивні технології РАС, що дозволяють організовувати виробництво навіть у степових і лісостепових зонах, де немає природних джерел холодної води.

Літературні джерела підтверджують, що технологічна основа ефективного форелівництва базується на трьох ключових складових:

1. Забезпечення оптимального гідрохімічного режиму. Температура води для форелі має становити 10-16 °С, рівень кисню - не менше 7 мг/л, а вміст аміаку не повинен перевищувати 0,02 мг/л. Відхилення цих параметрів навіть на короткий час може призвести до пригнічення росту або масової загибелі риби.
2. Використання збалансованих кормів. Наукові дослідження доводять, що для оптимального росту форелі необхідно забезпечити 40-45

% білка та 12-18 % жиру в кормі, а також підтримувати правильне співвідношення незамінних амінокислот і жирних кислот.

3. Біобезпека та профілактика хвороб. Найчастіші збудники - бактерії родів *Aeromonas*, *Pseudomonas*, паразити *Ichthyophthirius*, *Trichodina*, а також грибки *Saprolegnia*. Основою профілактики є карантин новоприбулої риби, регулярна дезінфекція інвентарю та контроль параметрів води.

Огляд літератури також показує, що сучасні системи РАС значно переважають традиційні технології за ефективністю. Завдяки замкненому циклу водопостачання витрати води скорочуються у 20-30 разів, а густота посадки може сягати 100 кг/м³ без шкоди для росту риби. Біофільтри забезпечують стабільну очистку води, а оксигенатори підтримують необхідну концентрацію кисню [11, 13, 23, 34].

Наукові джерела вказують, що застосування автоматизованих систем управління (контроль температури, рівня кисню, рН та подачі корму) підвищує виживаність мальків на 10-15 %, а рентабельність виробництва - до 40-50 %. Це свідчить про високу економічну доцільність впровадження інноваційних технологій навіть у невеликих господарствах.

Особливої уваги заслуговує питання екологічної безпеки. При використанні РАС значно зменшується навантаження на довкілля, адже стічні води піддаються механічному, біологічному та УФ-очищенню. Відходи виробництва (осад, залишки корму, екскременти риби) можуть бути використані як органічні добрива у сільському господарстві, що сприяє замиканню екологічного циклу [9, 12, 24].

Основними напрямками розвитку форелівництва в Україні вони визначають:

- створення регіональних центрів розведення й вирощування форелі;
- удосконалення селекційної роботи для отримання високопродуктивних ліній;
- підготовку фахівців-рибоводів сучасного рівня;
- впровадження нових систем енергозбереження у РАС.

Серед актуальних проблем галузі залишаються висока вартість кормів, обмеженість фінансових ресурсів на модернізацію обладнання, нестача кваліфікованих кадрів і нерозвинена інфраструктура ринку збуту. Проте з урахуванням екологічної безпеки, стабільного попиту на форель і високого рівня рентабельності, розвиток форелівництва має значний потенціал для розширення на всій території України [18, 23, 28].

Отже, узагальнення літературних даних дозволяє зробити такі висновки:

- райдужна форель є біологічно та економічно доцільним об'єктом для вирощування в умовах аквакультури;
- інтенсивні технології на основі РАС є найефективнішим шляхом підвищення рибопродуктивності, збереження водних ресурсів і забезпечення стабільного виробництва;
- для сталого розвитку галузі необхідно поєднувати технологічні, екологічні та організаційні заходи - впроваджувати системи автоматичного моніторингу, стандарти якості та навчання персоналу;
- подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення енергоефективних технологій, зменшення витрат на корми й підвищення адаптивності форелі до умов різних кліматичних зон України.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Магістерська робота виконана на основі узагальнення наукових публікацій, нормативно-правових документів, методичних матеріалів і власних розрахунків, спрямованих на розробку проєкту рибного господарства з вирощування товарної продукції райдужної форелі в умовах установок замкненого водопостачання.

У процесі дослідження використано аналітичні, порівняльні, розрахункові та графічні методи [1, 2, 9].

Матеріалами для роботи стали:

- біологічні дані щодо райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*), включно з показниками росту, конверсії корму, виживання, фізіологічного стану;
- технологічні параметри РАС, запозичені з реальних проєктів діючих господарств України, Польщі та Данії;
- економічні показники, отримані з відкритих джерел - середні ціни на корми, електроенергію, заробітну плату, вартість обладнання тощо;
- нормативна база України, що регулює питання охорони праці, екологічної безпеки та аквакультури (Закони України «Про аквакультуру», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про працю») [6, 7, 8].

В основу проєкту покладено модель типового форелевого господарства з потужністю 10 тонн товарної продукції на рік, що працює за принципом замкненого водопостачання [9, 11, 23].

Схематична структура системи проєктованого господарства наведена на рис. 2.1.

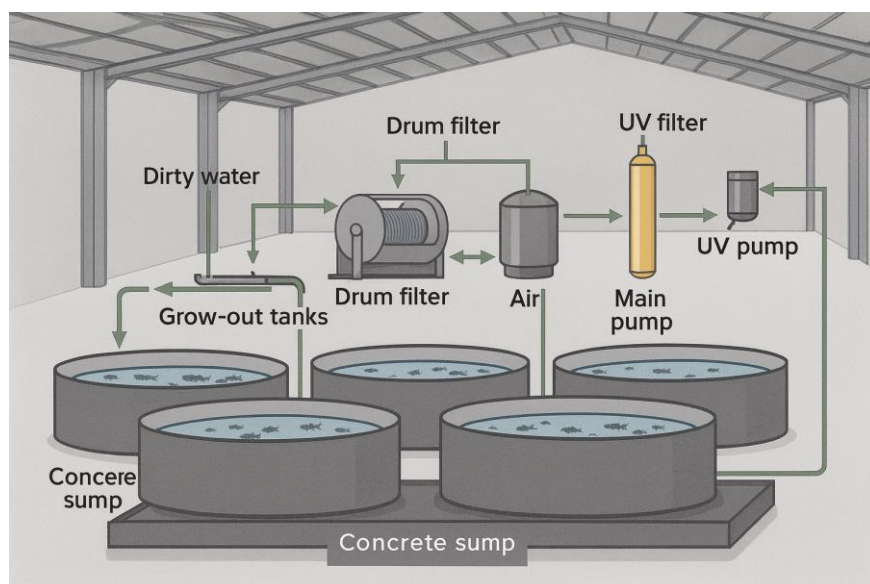


Рис. 2.1. Схема розташування основних елементів установок РАС для вирощування форелі

Аналітичний метод застосовувався для узагальнення даних літературних джерел і визначення оптимальних параметрів утримання форелі (температура, вміст кисню, рН, щільність посадки, швидкість потоку). Аналітичний метод передбачає збирання, узагальнення та аналіз наукових джерел, статистичних даних і практичного досвіду з метою виявлення закономірностей і тенденцій у розвитку аквакультури [10,14,16].

У цій роботі аналітичний метод застосовано для:

- оцінки сучасного стану форелівництва в Україні та світі;
- аналізу технологічних схем і способів вирощування райдужної форелі;
- визначення факторів, що впливають на рентабельність виробництва.

Цей метод дав змогу обґрунтувати напрями удосконалення технології вирощування форелі в РАС та розробити систему профілактичних заходів для зниження ризику захворювань.

Розрахунковий метод застосовується для визначення технологічних і економічних показників ефективності вирощування райдужної форелі в умовах аквакультури [9, 11, 24].

При розрахунках визначали:

- необхідний об'єм басейнів;
- оптимальну щільність посадки;
- обсяги водообміну;
- витрати на обладнання, електроенергію, корми, оплату праці;
- показники економічної ефективності (собівартість, прибуток, рентабельність).

Проєкт передбачає утримання трьох основних груп форелі:

- ✓ мальок - маса 10-30 г;
- ✓ підрощена риба - маса 80-150 г;
- ✓ товарна форель - маса 300-400 г.

Загальна тривалість циклу вирощування – 9-10 місяців. Щільність посадки становить до 60 кг/м³, температура води підтримується на рівні 14-16 °С, а вміст кисню - не менше 7 мг/л (рис. 2.1.2).

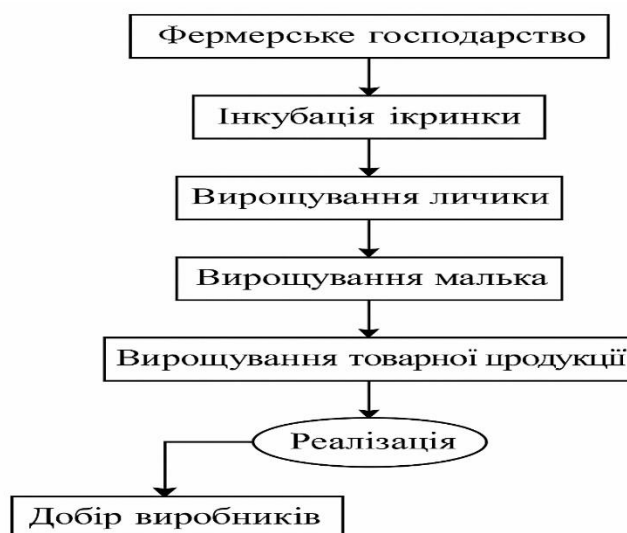


Рис. 2.2. Структура виробничого циклу вирощування райдужної форелі в проєктованому РАС

Розміщення форелевого господарства є одним із найважливіших етапів при його проєктуванні, адже від правильного вибору території залежать продуктивність, економічна ефективність та екологічна безпечність виробництва [1, 2, 9, 37].

Водні ресурси та якість води. Головною вимогою є наявність постійного джерела чистої, холодної та прозорої води. Для вирощування райдужної форелі необхідна вода з температурою в межах 10-16 °С, вмістом розчиненого кисню не менше 7 мг/л і рівнем рН 6,5-8,0. Вода повинна бути вільною від токсичних домішок, нафтопродуктів і хімічних забруднень. Джерелом водопостачання можуть бути річки, джерела або артезіанські свердловини з дебітом не менше 30-50 л/с для середніх за потужністю господарств [11, 13, 34].

Кліматичні та географічні умови. Для стабільного функціонування господарства обирають регіони з помірним кліматом, де різкі сезонні коливання температури мінімальні. Бажано, щоб територія була захищена від повеней, підтоплень і ерозії ґрунтів. Такі умови сприяють стабільному водному режиму й дозволяють підтримувати оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях для вирощування риби [18, 29, 37].

Топографічні умови. Рельєф місцевості повинен забезпечувати можливість самопливного подавання та відведення води. Територія має бути рівною або з невеликим нахилом у напрямку водовідвідних каналів. Не допускається розташування господарства на заболочених, кам'янистих чи підтоплюваних землях [2, 37].

Інженерна інфраструктура. Для ефективної роботи форелевого господарства необхідна наявність під'їзних шляхів, електропостачання, системи каналізації та зв'язку. Важливо передбачити резервне джерело електроенергії (наприклад, дизель-генератор) для забезпечення безперервної роботи насосів, компресорів та систем життєзабезпечення риби у разі аварійного відключення.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Основні вимоги до місця спорудження проектного форелевого господарства

Транспортна доступність. Господарство має бути розташоване поблизу автомобільних або залізничних шляхів, що полегшить транспортування кормів, матеріалів і реалізацію готової продукції на ринки збуту. Оптимальною є відстань до транспортних комунікацій - не більше 3-5 км [4, 18, 32].

Санітарно-захисна зона. Місце для спорудження господарства вибирають з урахуванням дотримання санітарних норм. Відстань до житлових будинків має становити не менше 300 метрів. Територія повинна бути відокремлена захисною смугою зелених насаджень. Заборонено будівництво поруч із промисловими підприємствами, каналізаційними колекторами, полігонами відходів або тваринницькими комплексами [7, 8].

Екологічна безпека. Розташування господарства має забезпечувати мінімальний вплив на навколишнє середовище. Необхідно передбачити систему очищення стічних вод перед їх поверненням у природні водойми, а також контроль за якістю відпрацьованої води. Будь-яке порушення екологічного балансу може призвести до загибелі риби та погіршення стану довкілля.

Трудові ресурси. Вибір ділянки повинен враховувати наявність поблизу населених пунктів, що дає змогу забезпечити підприємство кваліфікованими кадрами — рибоводами, інженерами, зоотехніками, технічним персоналом. Це дозволяє скоротити витрати на логістику працівників і підвищити ефективність виробничого процесу [1, 2, 18].

Місце спорудження форелевого господарства повинно відповідати комплексу гідрологічних, кліматичних, топографічних, санітарних та економічних вимог. Лише за умови правильного вибору території можна забезпечити високу продуктивність, безпечні умови праці та стабільний розвиток господарства.

Основні показники якості води для форелевих господарств подано у таблиці 3.1.1.

Таблиця 3.1.1

Основні гідрохімічні параметри води для вирощування райдужної форелі

Температура води	12–18 °С
Розчинений кисень	не менше 6 мг/л
рН середовища	6,5–8,0
Вміст амонію (NH_4^+)	до 0,02 мг/л
Вміст нітритів (NO_2^-)	до 0,01 мг/л
Солоність	до 2 г/л

Джерелом водопостачання може бути свердловина або поверхнева водойма. Для господарств інтенсивного типу доцільно використовувати артезіанську воду, оскільки вона характеризується стабільним складом і низьким бактеріальним забрудненням (рис.3.1.1.) [23, 34].

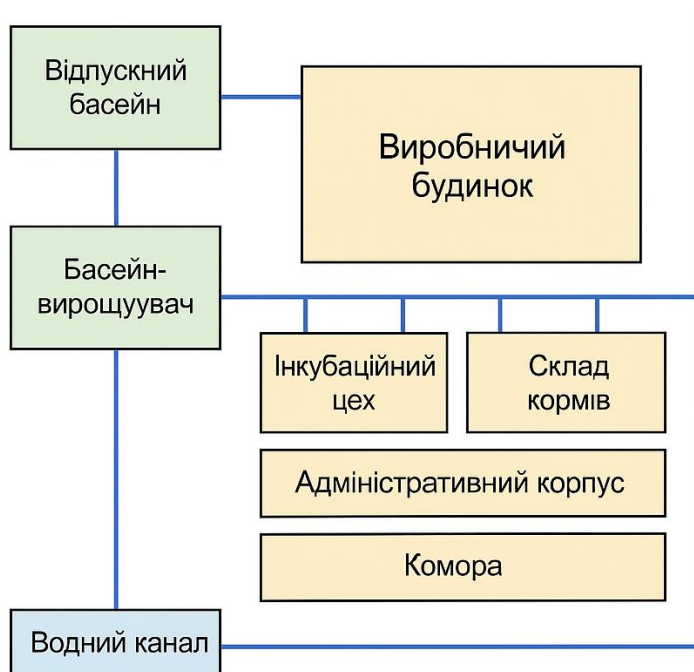


Рис. 3.1.1. Схема розташування елементів форелевого господарства

Важливою умовою є енергетична забезпеченість господарства. Для безперебійної роботи систем РАС потрібно 10-15 кВт потужності. Рекомендується встановлення резервного генератора на випадок аварійного відключення електроенергії [11, 23].

Рециркуляційні системи аквакультури являють собою складні інженерні комплекси, метою яких є забезпечення стабільного водообміну та підтримання високих стандартів якості водного середовища. Вони включають кілька ключових елементів, кожен із яких виконує унікальні функції в структурі системи:

1. Резервуари для риби: ці спеціалізовані басейни або танки служать місцем утримання риби, забезпечуючи необхідні умови для її росту і розвитку.

2. Механічні фільтри: ці компоненти виконують функцію первинного очищення води, видаляючи з неї тверді частинки та залишки корму, що потрапляють у систему під час годування.

3. Біофільтри: за допомогою нітрифікуючих бактерій вони реалізують біологічну фільтрацію води, трансформуючи токсичний аміак, який продукується рибою, у менш шкідливі нітрати.

4. Дегазатори: головним завданням цих пристроїв є видалення надлишкового вуглекислого газу, що накопичується у водному середовищі під час життєдіяльності риб.

5. Ультрафіолетові стерилізатори: вони забезпечують дезінфекцію води, ефективно знищуючи патогенні мікроорганізми та зменшуючи ризик захворювань у популяції риб.

6. Системи аерації та оксигенації: ці механізми слугують для підтримання необхідного рівня концентрації кисню у воді, що є критично важливим фактором для забезпечення життєдіяльності та благополуччя риб.

7. Системи терморегуляції: до таких належать установки для нагріву чи охолодження води, які адаптують температурні параметри до специфічних потреб різних видів риб, що утримуються в системі.

Вода, яка циркулює між резервуарами та іншими компонентами системи, проходить через ретельно налаштований цикл очищення та обробки, що гарантує її відповідність екологічним та біологічним вимогам для аквакультури.

Рециркуляційні аквасистеми (РАС) забезпечують ефективне вирощування риби шляхом багаторазового використання однієї й тієї ж кількості води, яка безперервно очищується та повертається в рибоводні резервуари. Одним із ключових факторів успішної роботи таких систем є ефективність блоків очищення. Система регенерації води в РАС повинна якісно видаляти з водного середовища зважені частинки і розчинені метаболіти, а також підтримувати оптимальні параметри температури, газового складу та солоності води.

Методи очищення, що застосовуються в РАС, умовно поділяються на чотири групи: фізичні (осадження, фільтрація, флотація), хімічні (окислення та коагуляція органічних сполук), фізико-хімічні (адсорбція, іонообмін) та біологічні. У таких установках ці способи можуть використовуватися як самостійно, так і комбіновано. Сучасні РАС найчастіше покладаються на фізичне (механічне) та біологічне очищення води.

У типових системах регенерації води в замкнутих установках передбачається наявність кількох основних компонентів. Це блок механічного очищення, відповідальний за видалення твердих відходів; блок біологічного очищення для усунення розчинених токсичних речовин; а також модуль остаточного очищення та підготовки води. На цьому етапі вода доводиться до необхідних параметрів через терморегуляцію, насичення киснем, знезараження, корекцію рівня рН тощо.

Окрім метаболічних продуктів, які виділяють риби, у водойму потрапляють залишки корму та екскременти. Ці речовини частково розчиняються, формуючи зважені частки, проте основна їх частина осідає на дні. У разі відсутності своєчасного видалення, дані відходи підлягають поступовому розкладанню, що призводить до додаткового забруднення водного середовища. Таке накопичення органічних речовин може мати негативний вплив на якість екосистеми.

Практичні дослідження свідчать, що механічна фільтрація води, яка циркулює через рибоводні басейни, є найбільш дієвим методом для усунення органічних залишків, забезпечуючи стабільне функціонування системи.

Для видалення зважених частинок із води застосовують методи осадження та фільтрації. Осадження здійснюється в різних типах відстійників: вертикальних, горизонтальних, радіальних та тонкошарових, які оснащені спеціальними пристроями для збору осаду. Головними недоліками таких відстійників є їх значні габарити та недостатня ефективність очищення, яка зазвичай не перевищує 35-40%. Окрім цього, для осадження часто використовують центрифуги або гідроциклони, які не лише освітлюють воду, а й частково видаляють азотні сполуки. Проте через високу вартість обладнання та значні енерговитрати ці методи не отримали широкого розповсюдження в галузі рибництва.

Механічні фільтри різних типів стали найпоширенішими пристроями для очищення води в рециркуляційних аквасистемах. Вони ефективно видаляють тверді частки, забезпечуючи якісну фільтрацію та широко використовуються у цій галузі. До методів механічного очищення води належать гравійні, піщано-гравійні та швидкі піщані фільтри. Водночас ці варіанти мають істотні недоліки: низька продуктивність, складність у процесі промивання та значні витрати води під час очищення самих фільтрів. Сьогодні найбільшу популярність здобули самопромивні барабанні фільтри та плаваючі моделі, які відрізняються підвищеною ефективністю й зручністю у використанні.

Біологічне очищення здійснюється через утилізацію розчинених забруднень за допомогою мікроорганізмів, які беруть участь у процесі денітрифікації. Ця технологія ефективно видаляє азотисті сполуки з води, що сприяє суттєвому покращенню її якості та підтримує стабільність умов у рециркуляційних аквасистемах.

Кінцевим продуктом білкового метаболізму у риб є аміак, який становить 60–80% усіх азотистих сполук, що постійно виділяються організмом риб через зябра та нирки у воду. Ця речовина є основним токсичним елементом, протидія

якому є ключовою функцією систем біологічного очищення в рециркуляційних аквасистемах. Ефективне видалення аміаку відіграє важливу роль у підтримці стабільного та сприятливого середовища для життя риб. Процес біологічного очищення здійснюється завдяки діяльності специфічних мікроорганізмів, які заселяють поверхні фільтрувального матеріалу або утворюють активний мул. Основну роль у цих системах відіграють автотрофні та гетеротрофні нітрифікуючі бактерії. Вони перетворюють токсичні азотисті сполуки, такі як аміак, на менш шкідливі форми, що сприяє очищенню води та збереженню екологічної рівноваги в аквасистемах.

Ефективність функціонування біофільтра в системах рециркуляції аквасередовища значною мірою залежить від температурного режиму та рівня рН води. Оптимальні умови для процесу нітрифікації забезпечуються при температурі в межах 10–35 °С. Вихід за зазначені температурні межі істотно уповільнює цей процес, що може негативно вплинути на загальну продуктивність системи біологічного очищення. Для досягнення максимальної інтенсивності бактеріальної нітрифікації необхідно підтримувати рівень рН вище 7. Однак надмірне підвищення значення рН може призводити до накопичення аміаку (NH_3), який посилює токсичний вплив на рибу. Найбільш збалансованим діапазоном, який забезпечує ефективну нітрифікацію та безпеку для водних організмів, вважається рівень рН між 7,0 і 7,5.

3.2. Технологія відтворення та вирощування райдужної форелі в РАС

Технологічна схема вирощування форелі в установках замкненого водопостачання включає такі етапи:

1. Інкубація ікри - проводиться у інкубаційних апаратах за температури 10-12 °С.
2. Вирощування малька - у невеликих басейнах об'ємом 1-2 м³ при зниженій щільності посадки (10-15 кг/м³).
3. Підрощування молоді - тривалістю 2-3 місяці, до середньої маси 100-150 г.

4. Вирощування до товарної маси - у великих басейнах об'ємом 10-20 м³ при щільності 40-60 кг/м³.

5. Вилов, сортування та підготовка до реалізації.

Для інтенсивного вирощування використовуються високобілкові корми (42-46 % протеїну) з додаванням вітамінів і мікроелементів. Годівля проводиться автоматичними дозаторами 3-4 рази на добу. Відсоток виживання упродовж циклу становить 92-95%. Середній показник кормового коефіцієнту - 1,1, тобто на 1 кг приросту потрібно 1,1 кг корму (рис. 3.2.1.) [17, 25].

Для підтримання якості води використовуються:

- механічні фільтри (барабанного типу),
- біофільтри з пластиковим завантаженням,
- УФ-стерилізатори,
- аераційні колони для насичення киснем.

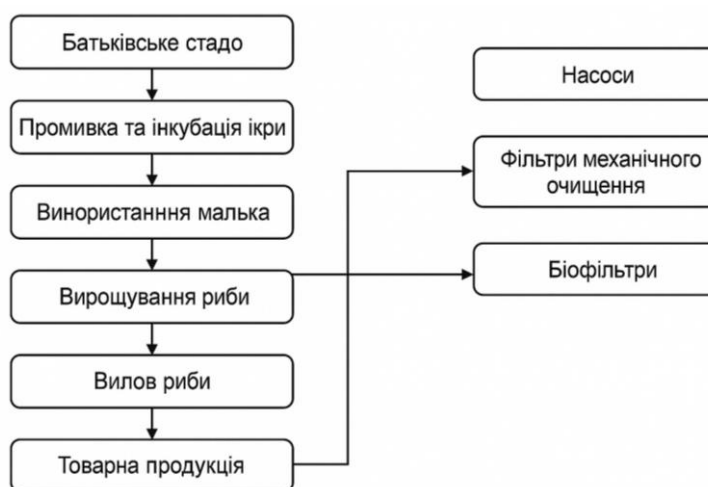


Рис. 3.2.1. Технологічна схема процесу вирощування форелі в РАС

Витрати електроенергії залежать від кількості насосів, компресорів і систем освітлення. У середньому, споживання становить 10-12 кВт·год на 1 т продукції. Питомі витрати води - 1,5-2 м³/кг риби, що у 50 разів менше, ніж у традиційних проточних системах [11, 23].

Райдужна форель, вирощена в РАС, характеризується високою якістю м'яса, відсутністю стороннього запаху та рівномірною структурою філе. Продукція придатна для реалізації у свіжому, охолодженому чи копченому вигляді.

Встановлено, що застосування технологій РАС забезпечує стабільний ріст форелі, економне використання ресурсів і високу якість продукції. Отримані дані підтверджують доцільність впровадження подібних систем для комерційного вирощування форелі в Україні [9, 18, 23].

Управління розведенням і утриманням племінного поголів'я форелі вимагає ретельного підбору репродуктивних особин із певними показниками віку та маси. Зокрема, самок рекомендується використовувати у віці 4-6 років з масою від 800 до 3000 грамів, у той час як оптимальні показники для самців становлять вік 3-5 років і масу 500-1500 грамів.

Раціональне співвідношення між самцями та самками у стаді має бути на рівні 1:3 або 1:4. При цьому передбачається створення резерву з 50% додаткових самок і 10% самців від загальної чисельності виробників, що забезпечує стабільну репродуктивну ефективність. Частина виробничого поголів'я піддається регулярній вибраковці через вікові обмеження, що вимагає чіткого планування щодо наявності ремонтного молодняку. Молоді риби віком 2-3 років мають забезпечувати своєчасну заміну вибраних виробників, оскільки щорічна частка вибраковки сягає 25-30%.

Водночас переведення ремонтного молодняку до категорії маточного стада здійснюється після всебічної оцінки фізичних параметрів. Оцінюються маса особин, їхні зовнішні морфологічні ознаки, а також якісні характеристики ікри та сперми. Для включення до маточного стада самки повинні досягати мінімальної маси 800 грамів, тоді як для самців цей показник складає не менше 500 грамів. Забезпечення таких умов є важливим етапом для підтримання продуктивності та генетичної якості стада форелі.

Формування ремонтного стада здійснюється з заплідненої ікри самок середнього віку, що характеризуються добре розвиненими екстер'єрними ознаками та виразними статевими характеристиками. Ікринки повинні

відповідати мінімальним параметрам діаметру, становити 4–5 мм, при цьому їхня маса має варіюватися у межах від 60 до 80 мг. Процес осіменіння проводять із використанням суміші сперми, отриманої від 3–4 однорічних самців, які відзначаються високою якістю сперматозоїдів. З метою мінімізації ризику інбридингу рекомендовано утримання двох окремих племінних груп плідників, що сприяє ефективному впровадженню двохлінійного методу промислового схрещування. У таких популяціях співвідношення самців до самок має підтримуватися в межах від 1:4 до 1:10. У великих господарствах, для забезпечення стабільності та оптимізації процесу розведення, доцільно залишати резервну кількість плідників, яка перевищує фактичну потребу на 10–15%.

Вирощування плідників форелі здійснюється в спеціально облаштованих ставках та басейнах площею 150–160 м², з дотриманням пропорції сторін від 1:5 до 1:10, максимальною глибиною 2 м і рівнем води не нижче 1 м. Щільність розміщення дорослих особин та ремонтної молоді регламентується гідрологічними умовами та особливостями годівлі. При забезпеченні високої якості води та її достатньої кількості, щільність посадки плідників з масою 2–3 кг може досягати 30 особин на 100 м², а для риб масою 1-2 кг – до 100 особин на 100 м². Ремонтна молодь із середньою масою 400-600 г розміщується зі щільністю до 10 особин на 1 м². Застосування високоякісних гранульованих кормів дозволяє суттєве збільшення щільності посадки. У цьому випадку для плідників допустимою є щільність до 5 особин на 1 м², а для ремонтного молодняка - до 20 особин на 1 м². Проте особливо важливим залишається систематичний контроль параметрів навколишнього середовища, що є ключовим фактором для успішного утримання та розведення форелі.

Час досягнення статевої зрілості у форелі визначається спадковими характеристиками риби та впливом навколишнього середовища, таким як освітлення, температура та інтенсивність течії води. У райдужної форелі дозрівання відбувається швидше за умов короткої тривалості денного освітлення. Прискорити цей процес можливо шляхом підвищення температури

води або використання гіпофізарних ін'єкцій. Активна течія води також позитивно впливає на швидкість дозрівання.

Для визначення стадії зрілості статевих продуктів у риб проводиться регулярний відлов із подальшим оглядом. У зрілих самок ікра вільно переміщується всередині черевної порожнини, а при легкому натисканні на черевце або згинанні тіла виходить через генітальний отвір. Під час періоду масового дозрівання огляд самок проводять 2-3 рази на тиждень. За результатами обстеження їх поділяють на три категорії: зрілі (із здатністю виділяти ікру), такі, що перебувають напередодні дозрівання (черевце м'яке, але ікра ще не виділяється), та ті, що знаходяться на початкових стадіях дозрівання (черевце щільне). Ікру зі зрілих самок зазвичай збирають у день огляду або наступного дня. Самок у стадії наближення до дозрівання перевіряють повторно через 3-5 днів, а тих, що знаходяться на ранніх стадіях, оглядають знову через 6-10 днів.

Ікру та сперму форелі зазвичай отримують методом відціджування, застосовуючи попередній анестезуючий вплив (рис. 3.2.2.).



Рис. 3.2.2. Відціджування ікри у форелі

Для цього використовуються речовини на основі хінальдіну або інші препарати в концентрації 1:10 000-50 000. Риб поміщають у підготований розчин анестетика на одну хвилину, після чого дія наркозу спадає через 5-7 хвилин після

повернення риб до водного середовища зі звичайними умовами. Після анестезії риб обережно споліскують чистою водою, а їх поверхню делікатно висушують за допомогою м'якої сухої тканини. Збір ікри здійснюється в спеціалізовану ємність від 5-8 самок, після чого її змішують із спермою, отриманою від 3-5 самців, для подальшого запліднення.

Для розведення форелі застосовують два методи запліднення ікри: сухий і напівсухий. У випадку сухого методу ікру змішують зі спермою, проводячи ретельне перемішування. Потім додають воду, достатню для покриття ікри, і знову обережно перемішують. Після цього ікру залишають ненадовго, приблизно на 5–10 хвилин, щоб вона відпочила, а потім промивають для видалення залишків рідини та сперми. Далі ікру залишають у тазах на кілька годин (зазвичай 2–3), дозволяючи їй набухати, при цьому забезпечуючи легкий рух води (рис. 3.2.3).



Рис. 3.2.3. Осіменіння ікри

Напівсухий метод передбачає розведення сперми водою безпосередньо перед початком процесу запліднення. Розведену сперму з'єднують із ікряю та негайно перемішують, забезпечуючи взаємодію статевих продуктів.

Під час інкубації ікри форелі необхідно ретельно контролювати основні параметри середовища, включаючи рівень розчиненого кисню у воді, стабільність температурного режиму, рівень освітленості, а також уникати будь-

якого зовнішнього механічного втручання, яке може пошкодити ікру. Інкубаційний процес здійснюється за допомогою спеціалізованих горизонтальних або вертикальних апаратів. У горизонтальних системах ікра розташовується в площині, паралельній поверхні, тоді як у вертикальних - у пристроях із вертикальною орієнтацією. В умовах форелевих господарств найбільше поширення отримали лоткові установки, зокрема системи Аткинса та Шустера, які забезпечують оптимальні умови для розвитку ікри (рис. 3.2.4).



Рис. 3.2.4. Процес інкубування ікри

В інкубаційні апарати подається очищена вода без будь-яких домішок, із температурним діапазоном 6–10°C. Концентрація розчиненого кисню має становити не менше 7 мг/л. Хоча збільшення температури води сприяє пришвидшенню ембріонального розвитку, це водночас знижує показники виживаності ембріонів. Ікра форелі в період ембріонального розвитку залишається надзвичайно чутливою до світла, особливо на етапі від запліднення до моменту пігментації очей. Після цієї стадії чутливість поступово знижується. З огляду на це, ікру та вільних ембріонів слід тримати у повній темряві.

Під час інкубації потрібно регулярно видаляти мертву ікру, використовуючи сифони або піпетки. Для запобігання розвитку сапролегнії рекомендується здійснювати профілактичну обробку на початкових етапах інкубації та на стадії, коли починається пігментація очей. Для цього використовують розчини: формалін у концентрації 1:2000, хлорамін - 1:30 000 чи малахітовий зелений - 1:150 000 з експозицією тривалістю 10 хвилин. У період

від пігментації очей до моменту вилуплення ембріонів обробку проводять один або два рази на тиждень.

Тривалість розвитку ікри райдужної форелі від моменту її закладки до вилуплення значно залежить від температурного режиму води. При температурі 6°C цей процес займає приблизно 61 добу (що становить 366 градусо-днів), тоді як підвищення температури до 12°C скорочує його до 26 діб (312 градусо-днів). За умови високої якості ікри й сперми, а також забезпечення оптимальних умов для ембріонального розвитку, загальні втрати під час інкубації зазвичай не перевищують 10-20%.

Залежно від типу інкубаційного обладнання, процес викльову ембріонів може проходити безпосередньо в апараті або ж ікру попередньо переносять у спеціально підготовлені лотки чи басейни. Після завершення викльову, який зазвичай триває протягом 5–7 днів при температурі води до 12°C, рекомендується поступово підвищувати температуру до 14°C. Це створює оптимальні умови для ефективного розсмоктування жовткового мішка та пришвидшення переходу ембріонів на комбіноване харчування. Вільних ембріонів продовжують тримати у лотках інкубаційного обладнання або у відповідних басейнах, забезпечуючи належні умови для їх подальшого розвитку (рис. 3.2.5).



Рис. 3.2.5. Ембріогенез форелі

Мальків вирощують у басейнах прямокутної або квадратної форми. Ефективність цього процесу значною мірою визначається дотриманням відповідного гідрологічного режиму, зокрема рівнем інтенсивності водообміну. Ідеальна температура води для вирощування знаходиться в межах 14-18°C, при цьому концентрація розчиненого кисню повинна бути щонайменше 7 мг/л.

Товарну форель можна вирощувати у ставках, садках або басейнах, адаптуючи умови до специфіки кожного способу. У басейнах забезпечується щільність посадки 300-350 екз/ м³ за умови оновлення води кожні 10-15 хвилин, що дозволяє досягти рибопродуктивності до 75 кг з цього ж об'єму. У ставках зменшують щільність посадки до 150-250 екз/ м³. У садках, за температури води, що не перевищує 20°C, і концентрації кисню щонайменше 7 мг/л, рекомендується підтримувати щільність посадки на рівні 100-250 екз/ м³.

Розрахунок у потребі біологічного матеріалу для проєктованого господарства:

Потужність господарства 10000 кг/рік. Маса 1 екз. товарної райдужної форелі становить 0,2 кг, буде реалізовано 50000 екз.

При отриманні товарної продукції кожні 3 місяці матимемо 25 00 кг – 125 00 екз. однорічок.

12500 екз. райдужної форелі буде вирощено на 4 етапі вирощування.

- ✓ Кількість молоді наприкінці третього етапу вирощування становитиме:

$$12500 : 0,98 = 12755 \text{ екз.}$$

- ✓ Кількість молоді наприкінці другого етапу вирощування становитиме:

$$12755 : 0,98 = 13015 \text{ екз.}$$

- ✓ Кількість молоді наприкінці першого етапу вирощування:

$$13015 : 0,95 = 13700 \text{ екз.}$$

- ✓ Кількість молоді масою 1 г складе:

$$13700 : 0,93 = 14731 \text{ екз.}$$

- ✓ Кількість личинок за розрахунками складе:

$$14731: 0,9 = 16368 \text{ екз.}$$

- ✓ Кількість постембріонів становитиме:

$$16368:0,9 = 18187 \text{ екз.}$$

- ✓ Кількість заплідненої ікри:

$$18187: 0,91 = 19985 \text{ ікр.}$$

- ✓ Загальна кількість ікри:

$$19985:0,91 = 21962 \text{ ікр.}$$

Розраховуємо потребу в плідниках:

Необхідна кількість самок становитиме:

$$21962 / 3000 = 7 \text{ самок}$$

Загальна кількість самок необхідна для господарства з врахуванням резерву

складе:

$$7 * 4 = 28 \text{ екз.}$$

Кількість самців відповідно складе:

$$28/3/2 = 5 \text{ екз.}$$

Загальна кількість плідників господарства складе 33 екз.

Розрахунок у площі басейнів:

Плідники:

$$\text{♀ } 28 \text{ екз.} / 10 \text{ екз/м}^3 = 3 \text{ м}^3$$

$$\text{♂ } 5 \text{ екз.} / 10 \text{ екз/м}^3 = 0,5 \text{ м}^3$$

Розрахунок потреби в кормах:

Корми для нульового етапу вирощування:

$$16368 \text{ екз.} * 0,0007 \text{ кг/екз.} * 1,5 = 18 \text{ кг}$$

Корми для першого етапу вирощування:

$$14731 \text{ екз.} * 0,004 \text{ кг/екз.} * 1,3 = 76 \text{ кг}$$

Корми для другого етапу вирощування:

$$13700 \text{ екз.} * 0,015 \text{ кг/екз.} * 1,1 = 226 \text{ кг}$$

Корми для третього етапу вирощування:

$$13015 \text{ екз.} * 0,06 \text{ кг/екз.} * 1,1 = 859 \text{ кг}$$

Корми для четвертого етапу вирощування:

$$12755 \text{ екз.} * 0,12 \text{ кг/екз.} * 1,1 = 1683 \text{ кг}$$

Разом протягом року 11449 кг

Корми для плідників:

$$28 \text{ екз.} * 3 \text{ кг/екз.} = 84 \text{ кг}$$

$$84 \text{ кг} * 0,01 * 365 \text{ діб} = 307 \text{ кг}$$

Загалом протягом року: 391 кг

Водогосподарські розрахунки.

Об'єм води в вирощувальних басейнах 115 м³.

20% води від об'єму, що циркулює в установці, знаходиться в системі водопідготовки та водопровідній системі. Тому загальний об'єм води, що постійно знаходиться в РАС складі:

$$115 \text{ м}^3 * 1,2 = 140 \text{ м}^3.$$

Враховуємо поповнення води за добу 10%:

$$140 \text{ м}^3 * 0,1 = 14 \text{ м}^3$$

Тому джерело водопостачання (свердловина) повинна забезпечувати мінімум 0.6 м³/год води.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЄКТУ

Проектом передбачається створення форелевого господарства з потужністю 10 тонн товарної продукції на рік, яке функціонує на основі установки замкненого водопостачання. Господарство включає такі основні елементи:

- басейни для вирощування риби,
- механічний і біологічний фільтри,
- насосну станцію,
- аераційне обладнання,
- кормові автомати,
- допоміжні приміщення для інкубації та зберігання кормів.

Загальна площа виробничої зони становить приблизно 300 м², допоміжна площа - 50 м².

Тривалість виробничого циклу - 3 місяці, після чого проводиться реалізація готової продукції.

Капітальні витрати включають будівництво, закупівлю обладнання, монтаж, а також первинне придбання малька і кормів. Капітальні витрати підприємства – це довгострокові інвестиції, спрямовані на придбання, модернізацію або створення основних засобів, що забезпечують розвиток виробництва та підвищення його ефективності. До них належать витрати на будівництво чи реконструкцію будівель, споруд, закупівлю машин, устаткування, транспортних засобів, а також на впровадження нових технологій.

Основною метою капітальних витрат є забезпечення стабільного функціонування підприємства у майбутньому, підвищення його конкурентоспроможності та продуктивності. Такі інвестиції, на відміну від поточних витрат, мають тривалий економічний ефект і відшкодовуються протягом кількох років за рахунок отриманих прибутків (табл. 4.1.1.) [23, 44].

Таблиця 4.1.1

Структура капітальних витрат форелевого господарства

Найменування статті витрат	Сума, грн
Будівельно-монтажні роботи	480 000
Басейни поліпропіленові (6 шт.)	360 000
Фільтри механічні й біологічні	190 000
Насоси, компресори, аератори	145 000
Система УФ-стерилізації	60 000
Система контролю якості води	45 000
Кормові автомати (6 шт.)	54 000
Первинне заселення мальком	25 000
Закупівля кормів для першого циклу	90 000
Інші витрати (доставка, монтаж, документи)	51 000
Разом капітальні витрати	1 500 000 грн

Таким чином, загальна вартість створення господарства становить 1,5 млн грн.

До поточних витрат належать витрати на корми, енергоносії, заробітну плату, обслуговування обладнання, ветеринарні засоби та інші матеріали. Поточні витрати підприємства — це витрати, пов'язані з щоденною діяльністю та забезпеченням безперервного виробничого процесу. Вони включають оплату праці працівників, придбання сировини, матеріалів, палива, енергії, оплату послуг, податків, транспортних і адміністративних витрат. Основна мета поточних витрат полягає в забезпеченні нормального функціонування підприємства в короткостроковому періоді. На відміну від капітальних, ці витрати не створюють нових активів, а споживаються у процесі виробництва, безпосередньо впливаючи на собівартість продукції та фінансові результати діяльності підприємства. (таб.4.1.2.).

Таблиця 4.1.2

Річні поточні витрати господарства

Найменування статті	Витрати, грн/рік
Корми (ККК= 1,1; 11 т корму × 90 грн/кг)	990 000
Електроенергія (12 000 кВт·год × 6 грн)	72 000
Заробітна плата (2 працівники × 18 000 грн × 12 міс.)	432 000
Ветеринарні препарати, дезінфекція	25 000
Обслуговування обладнання	30 000
Витрати на воду, комунальні платежі	18 000
Амортизаційні відрахування (10 % від капітальних)	150 000
Разом поточні витрати	1 717 000 грн/рік

Доходи та фінансові результати

Реалізаційна ціна форелі на ринку становить у середньому **250 грн/кг**.
При виробництві **10 000 кг** товарної риби на рік валовий дохід складе:

$$Д=10000 \times 250 = 2500000 \text{ грн.}$$

Валовий прибуток визначається як різниця між доходами і поточними витратами:

$$П = 2500000 - 1717000 = 783000 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності виробництва:

Термін окупності проекту

$$R = \frac{В}{П} \times 100 = \frac{783000}{1717000} \times 100 = 45,6\%.$$

Окупність капітальних вкладень (ри. 4.1.1.):

$$T = \frac{K}{\Pi} = \frac{1\,500\,000}{783\,000} = 1,9 \text{ роки.}$$

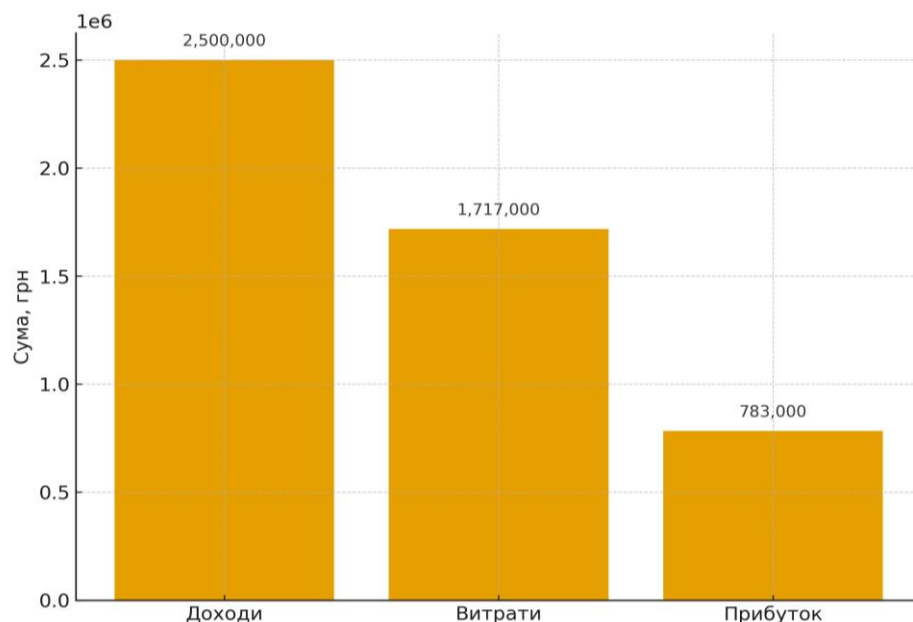


Рис.4.1.1. Графік співвідношення доходів і витрат форелевого господарства

Для оцінки ризиків проведено аналіз впливу зміни основних чинників на прибутковість (табл. 4.1.3.).

Таблиця 4.1.3

Залежність прибутку від ціни реалізації продукції

Ціна, грн/кг	220
Прибуток, тис. грн	530

Збільшення ціни на 10 % підвищує прибуток на 13–15 %. Навіть при зниженні ціни до 220 грн/кг господарство залишається рентабельним.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Рибне господарство, як невід’ємна частина агропромислового комплексу України, відіграє суттєву роль у забезпеченні населення продовольством, національної економіки — сировиною, а також у відновленні природних ресурсів і підвищенні рівня зайнятості населення. Збільшення виробництва рибної продукції має супроводжуватися вдосконаленням технічного стану обладнання підприємств і створенням безпечних умов праці для працівників галузі [6, 7, 9].

До основних обов’язків рибовода, який відповідає за стан охорони праці, входить: забезпечення працівників правилами, положеннями та іншими нормативними документами; складання планів роботи підприємства у сфері охорони праці; ведення обліку нещасних випадків; розроблення інструкцій за професіями; контроль технічного стану устаткування і рівня безпеки на виробничих ділянках.

Рибне господарство належить до галузей сільського господарства, де працівники під час виконання технологічних процесів зазнають впливу численних шкідливих та небезпечних виробничих факторів. До фізичних факторів належать вантажно-розвантажувальні роботи з використанням механізмів, кранів, човнів, очеретокосарок тощо. До хімічних відносять токсичні речовини, що застосовуються в лабораторіях — мінеральні добрива, кормові добавки, дезінфекційні засоби. Біологічні фактори включають вплив хижих риб, патогенних мікроорганізмів, білкових препаратів. Усі ці фактори, окремо або в комплексі, можуть викликати негативні наслідки для здоров’я працівників. Саме тому питання охорони праці є надзвичайно актуальними для рибних господарств [9, 30, 47].

Крім зазначених чинників, під час трудової діяльності на працівників також впливають психофізіологічні фактори — стан здоров’я, емоційна напруга,

психологічний клімат у колективі тощо. Будь-яка праця має дві взаємопов'язані складові: фізичну (механічну), що визначається роботою м'язів, і психофізіологічну - пов'язану з діяльністю органів чуття, пам'яті, мислення, емоцій і волі. Співвідношення цих складових залежить від характеру праці: під час фізичної роботи переважає м'язова активність, тоді як у розумовій діяльності - процеси мислення. Водночас будь-який вид роботи регулюється центральною нервовою системою [11, 42, 50].

З погляду фізіології праці, на працездатність людини впливають її антропометричні дані, обсяг інформації, що сприймається і обробляється, рівень фізичного, емоційного та інтелектуального навантаження, ритм і темп виконання завдань, монотонність дій. Це дає можливість визначити ступінь і характер навантаження організму під час роботи, відповідність робочого місця анатомо-фізіологічним особливостям людини та розробити рекомендації щодо раціональних режимів праці й відпочинку, організації робочого місця, професійного добору й орієнтації.

На підприємстві проводяться медичні огляди відповідно до статті 17 Закону України «Про охорону праці» (2002 р.). Роботодавець зобов'язаний власним коштом організувати попередні (при прийнятті на роботу) і періодичні медичні огляди працівників, які зайняті на роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці або потребують професійного добору, а також щорічні огляди осіб віком до 21 року. За результатами медичних оглядів роботодавець має забезпечити проведення необхідних оздоровчих заходів [6, 7, 8].

Медичні огляди є обов'язковими для працівників, що виконують роботи з підвищеною небезпекою або контактують із рибною продукцією. Працівники, які ухиляються від проходження обов'язкових медичних оглядів, можуть бути відсторонені від роботи без збереження заробітної плати. За період проходження огляду за ними зберігається місце роботи та середній заробіток.

Охорона праці є невід'ємною складовою частиною виробничої діяльності будь-якого підприємства, у тому числі рибницького господарства. Її головною

метою є створення безпечних і здорових умов праці для всіх працівників, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій.

Вимоги щодо охорони праці в Україні регламентуються такими основними нормативно-правовими документами:

- Закон України «Про охорону праці»;
- Закон України «Про працю»;
- Кодекс цивільного захисту України;
- НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві»;
- ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною праці та безпекою здоров'я».

Власник або керівник господарства зобов'язаний забезпечити відповідність умов праці чинним нормам безпеки, провести інструктаж, навчання персоналу, медичні огляди та контроль за технічним станом обладнання.

Виробничі процеси у фореєвому господарстві, що функціонує за системою РАС, супроводжуються низкою потенційних небезпек (рис. 5.1.1): [11, 49, 37].

- контакт із водою, електрообладнанням і рухомими механізмами;
- використання компресорів, насосів, систем освітлення;
- підвищена вологість і температура у приміщеннях;
- ризик ураження електричним струмом;
- небезпека підскокування через мокру підлогу.

Для усунення або мінімізації небезпечних факторів передбачено:

- електробезпеку - застосування УЗО, заземлення всього електрообладнання;
- пожежну безпеку - встановлення вогнегасників (порошкових типу ОП-5), систем сигналізації та інструкцій з евакуації;
- захист від травмування - використання огорожень рухомих частин обладнання, гумових килимків і діелектричних рукавиць;
- санітарно-гігієнічні заходи - вентиляція, контроль вологості (до 80 %), регулярне прибирання та дезінфекція.

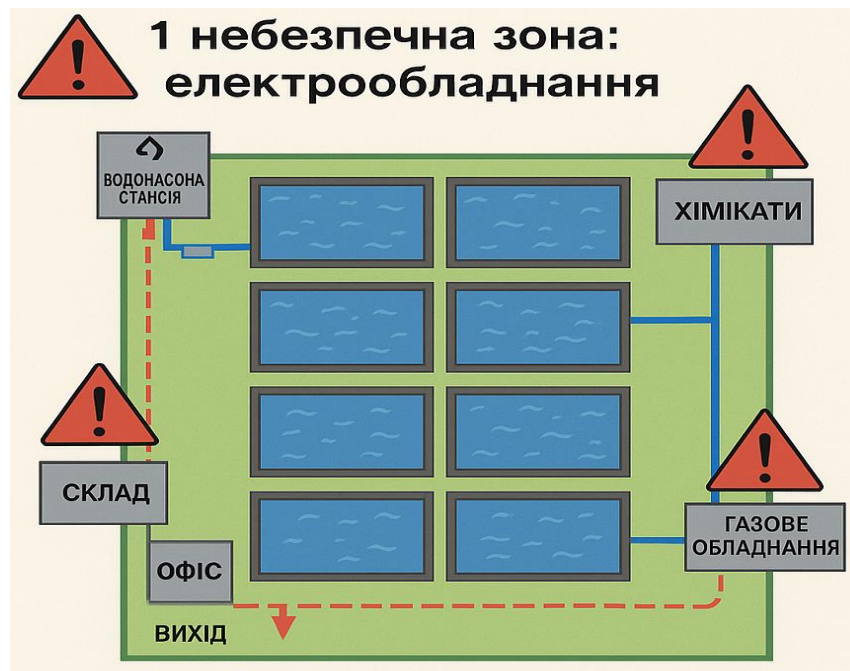


Рис. 5.1.1. Основні зони потенційної небезпеки у форелевому господарстві

Працівники, що обслуговують системи РАС, повинні пройти:

- вступний інструктаж з охорони праці;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний інструктаж не рідше одного разу на шість місяців;
- навчання з електробезпеки не нижче I групи допуску.

До роботи допускаються лише особи, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань до роботи в умовах підвищеної вологості.

Працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту:

- гумові чоботи, фартухи, рукавички;
- діелектричні рукавиці (при роботі з електрообладнанням);
- захисні окуляри та респіратори при роботі з дезінфекційними розчинами.

Для запобігання виникненню пожеж у приміщеннях господарства необхідно:

- не допускати перевантаження електромереж;
- проводити регулярну перевірку ізоляції кабелів;
- зберігати горючі матеріали (корм, деревину) у віддалених зонах;

- забезпечити доступ до засобів пожежогасіння;
- щорічно проводити навчання персоналу діям у разі пожежі.

На території господарства повинні бути (рис. 5.1.2.):

- щонайменше 2 вогнегасники типу ОП-5,
- пожежний щит із відрами, багром, лопатою,
- резервуар з водою або гідрант,
- план евакуації на видному місці.

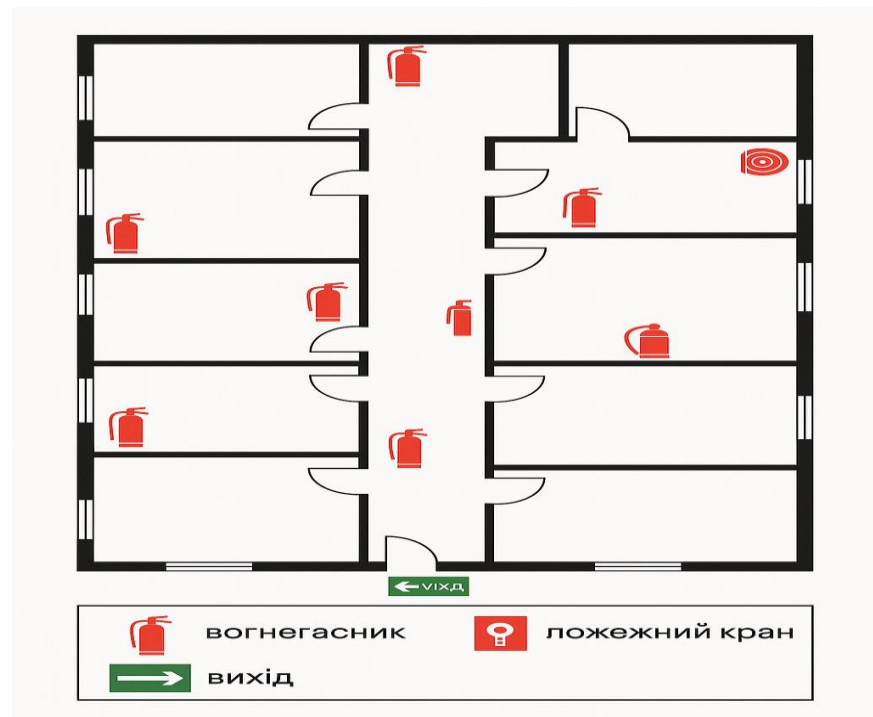


Рис. 5.1.2. Схема розміщення пожежного обладнання на підприємстві

Електрообладнання установок РАС працює у вологому середовищі, що створює підвищений ризик ураження електричним струмом. Для забезпечення безпеки: [31, 43].

- усі електричні прилади повинні мати заземлення;
- електрощитові обладнуються попереджувальними знаками;
- проводка прокладається в герметичних коробах;
- заборонено експлуатацію обладнання з пошкодженими ізоляційними елементами;
- при виявленні несправностей роботу слід негайно зупинити.

Напруга живлення більшості пристроїв у приміщенні не повинна перевищувати 220 В, для освітлення у вологих зонах рекомендується використовувати світильники на 12–24 В.

Одним із важливих аспектів охорони праці є дотримання екологічної безпеки. Стічні води з РАС підлягають очищенню через біофільтри, перед повторним використанням або скиданням у водойму [19, 36, 48].

Використані фільтрувальні матеріали, осад і залишки кормів повинні утилізуватися відповідно до вимог ДСТУ 8759:2017.

Забороняється скидати неочищену воду чи відходи без дозволу контролюючих органів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*) є найціннішим об'єктом холодноводної аквакультури завдяки поєднанню біологічних і господарсько-корисних властивостей. Вона характеризується високими темпами росту, ефективним засвоєнням корму, стійкістю до змін середовища, гарною конверсією кормів (1,0-1,2) і високими органолептичними показниками м'яса. Ці якості зумовлюють широке поширення форелі у світовому виробництві та доцільність її культивування в Україні.

2. Аналіз сучасного стану форелівництва показав, що у світі спостерігається стабільне зростання виробництва, особливо у країнах Європи, Азії та Південної Америки. Основним напрямом розвитку є інтенсифікація виробництва з використанням енергоефективних систем замкненого водопостачання (РАС). В Україні галузь перебуває на стадії активного становлення, зосереджуючись переважно у Карпатському регіоні, однак має великий потенціал поширення на території всієї держави.

3. Встановлено, що головним фактором ефективного вирощування райдужної форелі є забезпечення стабільних параметрів водного середовища. Оптимальна температура води становить 10-16 °С, вміст розчиненого кисню – не менше 7 мг/л, а рН – у межах 6,5-8,0. Надлишок аміаку (понад 0,02 мг/л) і нітритів (понад 0,1 мг/л) негативно впливають на стан зябер та загальну життєздатність риби.

4. Порівняння технологій вирощування показало, що системи РАС мають перевагу над ставовими й басейновими методами завдяки стабільності параметрів води, можливості цілорічного виробництва та високій щільності посадки (до 100 кг/м³). Використання біофільтрів, механічних сит і оксигенаторів забезпечує до 95 % повторного використання води, що значно знижує екологічне навантаження на довкілля.

5. Розроблений проєкт форелевого господарства базується на принципах раціонального використання водних, енергетичних і кормових

ресурсів, що забезпечує комплексну ефективність виробництва. Пропонована структура господарства включає повний технологічний цикл: інкубацію, вирощування, нагул, карантин і сортування риби.

6. Економічний аналіз показав, що господарство, розраховане на вирощування 10 тонн товарної форелі на рік, при собівартості 130-150 грн/кг і ціні реалізації 220-250 грн/кг забезпечує рівень рентабельності близько 40-45 %, а термін окупності інвестицій становить близько 2,5 років. Це підтверджує високу інвестиційну привабливість проєкту.

7. Виробнича безпека є невід'ємною частиною функціонування форелевого господарства. Встановлено, що основними небезпечними факторами є підвищена вологість, електричний струм, слизькі поверхні та робота з механізованими системами. Регулярні інструктажі, санітарно-гігієнічне забезпечення, спецодяг і технічне обслуговування обладнання знижують ризики травматизму та профзахворювань.

Пропозиції:

1. Розвиток інфраструктури форелівництва в Україні має базуватися на державній підтримці малих і середніх підприємств, що впроваджують енергоефективні технології. Доцільним є створення регіональних кластерів аквакультури для спільного використання інкубаційних і переробних потужностей.

2. Впровадження систем замкненого водопостачання слід розглядати як головний напрям технологічного оновлення галузі. Держава може стимулювати це шляхом податкових пільг, грантових програм і компенсацій на придбання обладнання.

3. Розробка вітчизняних повноцінних комбікормів з оптимальним співвідношенням білків, жирів і вуглеводів дозволить зменшити залежність від імпорту та собівартість продукції на 15-20 %.

4. Впровадження автоматизованих систем моніторингу та керування процесами у РАС, що дозволить у реальному часі контролювати температуру, кисень, рівень рН, освітлення та подачу корму, мінімізуючи людський фактор.

5. Забезпечення екологічної стійкості виробництва шляхом використання технологій очищення та повторного використання стічних вод, переробки осадів у біодобрива, а також запровадження стандартів екологічного маркування рибної продукції.

6. Популяризація споживання форелі серед населення через інформаційні кампанії, участь у виставках, фестивалях і програмах здорового харчування. Це сприятиме зростанню внутрішнього попиту та збільшенню обсягів реалізації продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андриющенко А.І., Вовк Н.І., Базаєва А.В. - Методичний посібник/ Технології виробництва риби в ставовій аквакультурі та схеми основних ланок технологічних процесів – Київ – 2014. – 273с.
2. Андриющенко А.І., Алимов С.І. Ставове рибництво. – К.: Видавничий центр НАУ, 2008 – 636 с
3. Грициняк І.І. Науково – практичні основи раціональної годівлі риб. - К.: „Рибка моя”, 2007. – 306 с.
4. Вдовенко Н.М. Економіка рибогосподарських підприємств: [підручник]. К.: Видавничий дім «Кондор», 2017 – 212 с.
5. Власенко В.В. Хвороби риб : навч. посіб. для вузів / В. Власенко, Ю.Д. Темніханов. – Вінниця : Балюк І.Б., 2012. – 523с.
6. Державна служба статистики України. Виробництво риби та продукції аквакультури в Україні за 2024 рік. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua>
7. Закон України «Про аквакультуру» від 18.09.2012 р. № 5293-VI. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5293-17>
8. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-XII. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
9. Кононенко Р.В., Шевченко П.Г., Кондратюк В.М., Кононенко І.С. Інтенсивні технології в аквакультурі. Навчальний посібник. «Центр учбової літератури» Київ. 2016. 412с.
10. FAO (Food and Agriculture Organization). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. – Rome: FAO, 2024. – 266 p.
11. Timmons, M. B., Ebeling, J. M. Recirculating Aquaculture Systems. – 4th ed. – Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2023. – 947 p.

12. Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. Better management practices for recirculating aquaculture systems. – *Aquacultural Engineering*, 2020. – Vol. 89. – P. 102–118.
13. Martins, C. I. M. et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. – *Aquacultural Engineering*, 2021. – Vol. 95. – P. 50–65.
14. Wedemeyer, G. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. – New York: Springer, 2019. – 332 p.
15. Davidson, J., Good, C., Welsh, C., & Summerfelt, S. Comparative performance of rainbow trout reared in RAS and flow-through systems. – *Aquacultural Engineering*, 2020. – Vol. 87. – P. 15–27.
16. Bureau, D. P., Hua, K. Nutritional requirements of salmonids in aquaculture. – *Reviews in Aquaculture*, 2019. – Vol. 11(3). – P. 1228–1246.
17. Hardy, R. W. *Nutrition of rainbow trout and other salmonids*. – 2nd ed. – New York: Springer, 2020. – 415 p.
18. European Aquaculture Society (EAS). *Trout farming: sustainability and innovation in Europe*. – Brussels, 2023. – 64 p.
19. FAO Fisheries Division. *Guide to good aquaculture practices for salmonids*. – Rome: FAO, 2022. – 103 p.
20. Woynarovich, A., Hoitsy, G., & Moth-Poulsen, T. *Small-scale rainbow trout farming*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 561. Rome: FAO, 2011.
21. FAO. *Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) - Cultured aquatic species*. FAO Fisheries and Aquaculture Division.
22. D'Agaro, E. Recent trends and economic aspects in the rainbow trout sector: a review. *Applied Sciences*, 2022.
23. Grandez-Yoplac, D. E. *Recirculating Aquaculture Systems (RAS) for cultivating rainbow trout: a comprehensive review*. *Sustainability*, 2025.
24. Pepe-Victoriano, R. Growth of *Oncorhynchus mykiss* reared in a recirculating system at high altitude. *Scientific Reports*, 2024.

25. Aas, T. S. Utilization of feed resources in the production of rainbow trout. 2022.
26. Seafood Watch. Rainbow trout - Aquaculture assessment (United States). Monterey Bay Aquarium Seafood Watch, 2023.
27. CABI. *Oncorhynchus mykiss* (rainbow trout). CABI Compendium, 2024.
28. Andersson, M. Co-farming rainbow trout and sea lettuce: benefits for RAS and integrated systems. 2025.
29. Єгоров, Б. В. Стан та перспективи розвитку форелівництва. 2011.
30. Гриневич, Н. Є. Холодноводне рибництво: практичні рекомендації щодо відтворення та вирощування форелі. 2022.
31. Ефективність вирощування райдужної форелі за різних рівнів та співвідношень лізину та аргініну у комбікормі. *Scientific Reports*, 2023.
32. Ancso, J. A. Characterization and cluster analysis of rainbow trout farming profitability. 2023.
33. Pottinger, T. G., & Carrick, T. R. Indicators of reproductive performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) selected for high and low responsiveness to stress. *Journal of Fish Biology*, 56(6), 1281–1293, 2000.
34. Pepe-Victoriano, R. Evaluation of water quality in the production of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in a recirculating aquaculture system (RAS) in Chile. *Water*, 17(11), 1685, 2025.
35. Verdile, L. Evaluation of rainbow trout organotypic intestinal in vitro platforms: application to feed formulation. *Frontiers in Marine Science*, 2023.
36. Improvement of the water quality in rainbow trout farming by integrated recirculating systems. 2019.
37. Land suitability for sustainable aquaculture of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Molinopampa District, Peru. 2021.
38. Review on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming in desert and saline groundwater conditions. *Fisheries Science Journal*, 2020.
39. Use of a rainbow trout intestinal in vitro cell-line platform: feed comparisons. *Frontiers in Marine Science*, 2025.

40. Analysis on the development and current situation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production in Mexico. 2015.
41. Effects of stress on the reproductive performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biology of Reproduction*, 58(2), 439-446, 1998.
42. Aquacultured rainbow trout possess a consistent core intestinal microbiota despite major changes in diet and rearing density. 2013.
43. Land/habitat-specific biomass, survival and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in small coastal stream habitats. U.S. Forest Service, 2003.
44. Co-farming rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea lettuce: benefits for RAS and integrated systems. *ScienceDirect*, 2025.
45. The FishSite. How to farm rainbow trout. 2011.
46. Seafood Watch. Rainbow Trout - Aquaculture assessment (United States). Monterey Bay Aquarium, 2023.
47. Seafood Watch. Rainbow Trout - Aquaculture assessment (Colombia). Monterey Bay Aquarium, 2023.
48. Aquaculture: The Rainbow Trout. *Aquaculture Journal*, 100(1), 2011.
49. Scientific Research on Farmed Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Government of Canada, *Aquaculture R&D Review*, 2019.
50. Andersson, M. Integrated aquaculture systems for rainbow trout and macroalgae: ecological and production benefits. 2025.
51. European Commission. Guidance on sustainable aquaculture of salmonids in freshwater. Brussels, 2023.