

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва
Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

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

УДК 639.312
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Аналіз технології утримання та вирощування форелі райдужної
(*Parasalmo penshinensis*) в установках замкнутого циклу

(тема роботи)

207 Водні біоресурси та аквакультура
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Світлана Іванівна МАТКОВСЬКА
(прізвище, ім'я, по батькові)
К. С.-Г. Н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Бугайчук В.С. – Аналіз технології утримання та вирощування форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) в установках замкнутого циклу

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 207 – Водні біоресурси та аквакультура – Поліський національний університет, Житомир, 2025 рік.

В роботі надано аналіз фізіологічних та етологічних реакцій форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) на зміни абіотичних параметрів водного середовища в установках замкнутого циклу..

Наукова новизна одержаних результатів: вперше проведено комплексний порівняльний аналіз впливу на фізіологічний стан та поведінку форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) основних абіотичних чинників водного середовища при вирощуванні в установках замкнутого водопостачання.

Практичне значення одержаних результатів: розроблено комплексні рекомендації щодо створення оптимальних умов та особливостей проведення контролю за станом форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) при вирощуванні в установках замкнутого водопостачання.

Основні положення що виносяться на захист: комплексний аналіз впливу на фізіологічний стан та поведінку форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) основних абіотичних чинників водного середовища (температура, кислотність, жорсткість води) при вирощуванні в установках замкнутого водопостачання.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел. Робота викладена на 33 сторінках, містить 5 таблиць і 4 фотосвітлини підтвердження проведення досліджень. Список літератури становить 40 найменувань.

Ключові слова: райдужна форель, рециркуляційна аквакультурна система, ріст, виживаність, біохімічні показники, інтенсивне вирощування.

ABSTRACT

Bugaychuk V.S. - Analysis of the technology of keeping and growing trout of the Rainbow

Qualification work for a bachelor's degree in the specialty 207 - water bioresources and aquaculture - Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

The work provides an analysis of the physiological and ethological reactions of the Rainbow trout (*Parasalmo Penshinensis*) for changes in the abiotic parameters of the aquatic environment in the installations of the closed cycle ..

Scientific novelty of the obtained results: for the first time a comparative analysis of the impact on the physiological state and behavior of the trout of the Rainbow (*Parasalmo Penshinensis*) of the main abiotic factors of the aquatic environment when grown in closed water supply installations.

Practical significance of the results: comprehensive recommendations for creating optimal conditions and features of control over the condition of the Rainbow trout (*Parasalmo penshinensis*) when grown in closed water supply installations.

The main provisions of the protection: a comprehensive analysis of the impact on the physiological state and behavior of the trout of the rainbow (*parasalmo penshinensis*) of the main abiotic factors of the aquatic environment (temperature, acidity, water, water) when growing in closed water supply installations.

Structure of work. Qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, practical recommendations, a list of sources used. The work is laid out on 33 pages, contains 5 tables and 4 photos confirmation of research. The list of literature is 40 titles.

Keywords: rainbow trout, recirculation aquacultural system, growth, survival, biochemical indicators, intensive cultivation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	6
1.1. Форель райдужна – цінний об’єкт рибного господарства.....	6
1.2. Форель райдужна – цінний харчовий продукт.....	8
РОЗДІЛ II МЕТОДИКИ ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ	11
2.1. Біологічна, екологічна та етологічна характеристика форелі райдужної (<i>Parasalmo penshinensis</i>)	11
2.2. Програма досліджень	14
2.3. Методики досліджень.....	15
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	17
3.1. Вплив зміни температурного режиму на райдужну форель в умовах замкнутого водопостачання.....	17
3.2. Вплив кислотності та жорсткості води на поведінку райдужної форелі при утриманні в штучних умовах.....	21
3.3. Вплив умов утримання на розвиток райдужної форелі.....	24
ВИСНОВКИ.....	27
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	29
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	30
ДОДАТКИ.....	34

ВСТУП

Актуальність досліджень: Замкнуті системи водопостачання в аквакультурі сьогодні – це не просто технологія, а справжній прорив у відповідальному господарюванні водними ресурсами. Вони діють як Ці високотехнологічні ферми з вирощування райдужної форелі створюють ідеальний мікроклімат для зростання, нівелюючи погодні умови, загрозу хвороб та хижаків. Завдяки цьому, на відносно невеликих площах вдається отримувати великі обсяги якісної риби протягом усього року. Саме тому, розуміння особливостей вирощування райдужної форелі в установках замкненого водопостачання відкриває нові горизонти для задоволення потреб людства до рибних делікатесів, не завдаючи шкоди планеті.

Мета роботи - провести аналіз фізіологічних та етологічних реакцій форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) на зміни абіотичних параметрів водного середовища в установках замкнутого циклу.

Об'єкт дослідження – форель райдужна (*Parasalmo penshinensis*) вирощена в установках замкнутого циклу.

Предмет дослідження – фізіологічні та етологічні реакції форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) на змінні абіотичні параметри водного середовища.

Методи дослідження: методи біометрії, розрахунок приросту маси, методи статистики, зокрема t-критерій Стьюдента.

Наукова новизна одержаних результатів: вперше проведено комплексний порівняльний аналіз впливу на фізіологічний стан та поведінку форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) основних абіотичних чинників водного середовища при вирощуванні в установках замкненого вододопостачання.

Практичне значення одержаних результатів: розроблено комплексні рекомендації щодо створення оптимальних умов та особливостей проведення контролю за станом форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) при вирощуванні в установках замкненого водопостачання.

Апробація результатів досліджень: за темою бакалаврського дослідження було опубліковано 2 тези на науково-практичних конференціях:

1. Бугайчук В.С. Екологія та етологія форелі райдужної (*Oncorhynchus mykiss*) // Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2025. Pp. 23-25. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientificresearch-modern-challenges-and-future-prospects-14-16-04-2025-myunhennimechchina-arhiv/>

2. Атаманчук Є. О., Бугайчук В. С., Гілевська Д. Л. Розведення декоративних риб у системах замкнутого водопостачання (узв)// European congress of scientific discovery. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2025. Pp. 19-22. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-europeancongress-of-scientific-discovery-28-30-04-2025-madrid-ispaniya-arhiv/>

Основні положення що виносяться на захист: комплексний аналіз впливу на фізіологічний стан та поведінку форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*) основних абіотичних чинників водного середовища (температура, кислотність, жорсткість води) при вирощуванні в установках замкненого водопостачання.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел. Робота викладена на 33 сторінках, містить 5 таблиць і 4 фотосвітлини підтвердження проведення досліджень. Список літератури становить 40 найменувань.

Ключові слова: райдужна форель, рециркуляційна аквакультурна система, ріст, виживаність, біохімічні показники, інтенсивне вирощування.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.2. Форель райдужна – цінний об'єкт рибного господарства

Природним середовищем існування райдужної форелі є річки та озера, що впадають у Тихий океан на західному узбережжі Північної Америки, простягаючись від південної межі Мексики до Аляски на півночі. Її також можна зустріти на тихоокеанському узбережжі Росії, на півострові Камчатка. Перші кроки у штучному розведенні були зумовлені зростаючим попитом на рибу, спричиненим освоєнням західних територій Сполучених Штатів, що призвело до виснаження природних популяцій. Основною метою на той час було покращення умов для спортивної риболовлі та відновлення природних запасів [1, 18].

Перше спеціалізоване рибницьке господарство, орієнтоване на розведення райдужної форелі, з'явилося у 1870 році на Сан-Леандро-Крік, притоці затоки Сан-Франциско в Каліфорнії. Для розведення використовувалися місцеві природні ресурси, ймовірно, включаючи лосося, мігруючу форму райдужної форелі. Значну роль у становленні цієї галузі відіграв Лівінгстон Стоун, який у 1879 році заснував першу державну рибоводну станцію Комісії з рибного господарства США на річці Мак Клауд у Каліфорнії. З цієї станції ікра райдужної форелі активно поширювалася по всій країні, сприяючи розвитку її розведення у багатьох федеральних рибницьких господарствах. Рибні ферми на річці Мак Клауд та Сан-Леандро стали ключовими першоджерелами більшості штучно виведеної райдужної форелі у світі [2, 31].

Ранні зусилля у розведенні райдужної форелі були тісно пов'язані з прагненням зберегти та відновити дикі популяції, а також забезпечити можливості для спортивного рибальства. Це відбувалося ще до того, як вона набула широкого застосування як харчовий ресурс. Генетичний склад сучасної фермерської райдужної форелі, ймовірно, є результатом схрещування різних місцевих підвидів у перших рибницьких господарствах. На початкових етапах рибництва, зокрема на річці Мак Клауд, відбувалося неконтрольоване

змішування ікри прибережної райдужної форелі з ікрою червоносмугової форелі річки Мак Клауд. Це призвело до формування різноманітних генетичних ліній, що також підтверджується дослідженнями натуралізованих популяцій, які мають численні джерела походження [2, 11].

Перші міжнародні поставки ікри райдужної форелі були здійснені до Японії у 1877 році. У 1883 році ікру було відправлено до Нової Зеландії, а у 1885 році – до Національної асоціації рибництва в Англії, яка згодом створила власне маточне поголів'я. Невдовзі після цього розведення райдужної форелі розпочалося в Данії. Завдяки своїй здатності пристосовуватися до різноманітних умов, райдужна форель була інтродукована та успішно сформувала самовідтворювані популяції у багатьох країнах світу, на всіх континентах, крім Антарктиди, часто з метою розвитку спортивного рибальства та туризму [23, 38].

Ці інтродукції мали позитивний вплив на спортивну риболовлю та туристичну галузь, особливо в таких регіонах, як Нова Зеландія та Південна Америка, де також успішно прижилася струмкова форель. Однак широке зариблення іноді призводило до негативних наслідків для місцевої флори та фауни. Наприклад, інтродукція райдужної форелі в озера Сьєрра-Невади в Каліфорнії спричинила значне скорочення популяції гірської жовтоногої жаби, оскільки форель стала її конкурентом та хижаком. У Новій Зеландії інтродукована форель, конкуруючи та переносячи хвороби, сприяла зникненню новозеландського харіуса у 1930-х роках. Легкість адаптації райдужної форелі до нових середовищ та її привабливість для рибалок стали ключовими факторами її швидкого глобального поширення, хоча це іноді мало ненавмисні екологічні наслідки [14, 27, 36].

Значний перехід до аквакультури як джерела харчування відбувся з розвитком комерційного вирощування "столової" форелі на початку ХХ століття. Особливо важливим став інноваційний дизайн ферми в Данії близько 1900-х років, який передбачав покращений проточний режим води через кожен ставок, що значно підвищило продуктивність та здоров'я риби, зменшуючи

ризик захворювань. Саме ця данська інновація започаткувала комерційну галузь розведення форелі для споживання.

Традиційні методи вирощування форелі в Сполучених Штатах, що сягають XIX століття, включали використання відкритих ставків або проточних басейнів, які живилися холодною джерельною водою. Однак данська система початку XX століття з оптимізованим водотоком стала значним кроком вперед, підвищивши ефективність виробництва та знизивши захворюваність риби. Після 1950-х років, з появою гранульованих кормів, спостерігалось стрімке зростання комерційного виробництва райдужної форелі по всьому світу [10,21].

У XX та XXI століттях з'явилися сучасніші системи аквакультури. До них належать прісноводні садки, що використовуються в озерах та водосховищах, а також наземні установки замкнутого водопостачання. Ці системи забезпечують кращий контроль над умовами довкілля, такими як температура води, рівень кисню та видалення відходів, що може підвищити стійкість та ефективність виробництва. Крім того, були розроблені генетичні лінії райдужної форелі, спеціально відібрані для аквакультури за такими цінними ознаками, як швидкий ріст та стійкість до хвороб. Еволюція методів вирощування форелі відображає загальну тенденцію до інтенсифікації, підвищення продуктивності та впровадження більш екологічно відповідальних практик, що зумовлено зростаючим попитом на рибу та постійним технологічним прогресом.

1.2. Форель райдужна – цінний харчовий продукт

Райдужна форель – цінний представник родини лососевих, що вирізняється характерною райдужною смугою вздовж тіла, яка переливається рожевими відтінками. Походженням з тихоокеанських басейнів Північної Америки, цей вид був успішно інтродукований на всіх континентах, окрім Антарктиди, з метою розвитку спортивного рибальства та аквакультури [16, 32]. Завдяки своїй адаптивності та цінним якостям, райдужна форель набула світового значення як у рекреаційній сфері, так і в комерційному рибництві. Метою цієї розвідки є всебічне дослідження історичного шляху розведення райдужної форелі, аналіз її цінності з погляду харчування та економіки, а також

визначення її місця в народному господарстві, з особливим акцентом на українських реаліях, де це можливо [12, 34].

Райдужна форель є цінним джерелом білка, забезпечуючи приблизно 17-22 грами на порцію у 85 грамів. Білок є основним будівельним матеріалом для м'язів та відіграє ключову роль у багатьох фізіологічних процесах. При цьому калорійність райдужної форелі є відносно низькою, складаючи близько 100-140 калорій на ту ж порцію. Вміст жиру є помірним і може варіюватися залежно від походження риби (дикої чи фермерської). Фермерська форель, як правило, має вищий вміст жиру, включаючи корисні омега-3 жирні кислоти, завдяки контрольованому та збалансованому раціону [18, 27].

Райдужна форель є багатим джерелом важливих для серцево-судинної системи омега-3 жирних кислот, зокрема ейкозапентаєнової (ЕРА) та докозагексаєнової (ДНА) кислот, які сприяють здоров'ю серця та зменшують запальні процеси в організмі. Крім того, ця риба містить значну кількість важливих вітамінів та мінералів. Вітамін D необхідний для міцності кісток та підтримки імунної системи, а вітамін B12 відіграє ключову роль у функціонуванні нервової системи та утворенні еритроцитів [35]. Ніацин сприяє здоров'ю шкіри, нервів та травної системи, селен є потужним антиоксидантом та підтримує функцію щитовидної залози, а калій важливий для регулювання кров'яного тиску. Завдяки такому багатому нутрієнтному профілю, райдужна форель є цінним продуктом харчування для людей, які піклуються про своє здоров'я та прагнуть до збалансованого харчування. Фермерська форель, маючи вищий вміст жиру, зокрема омега-3, часто має більш ніжний смак та м'яку текстуру порівняно з дикою [20, 37].

Глобальне виробництво фермерської райдужної форелі є значним і перевищує 800 000 тонн на рік. Це підкреслює її важливість як харчового продукту у світовому масштабі. Ринкова вартість райдужної форелі також є значною і оцінюється в понад 4 мільярди доларів США в останні роки, а за прогнозами, до 2033 року вона може зрости до 7 мільярдів доларів США. Серед провідних країн-виробників слід відзначити Іран, Туреччину, Чилі, Норвегію, Італію, Францію та Сполучені Штати. Географічна різноманітність

виробництва свідчить про глобальну адаптованість та популярність цього виду. Великі обсяги виробництва та висока ринкова вартість свідчать про значний світовий попит на райдужну форель як харчовий продукт, що робить її важливим елементом галузі аквакультури та сприяє забезпеченню продовольчої безпеки.

Висновки до розділу 1: У багатьох куточках світу розведення райдужної форелі є ключовим елементом прісноводної аквакультури. У Сполучених Штатах райдужна форель становить основну частину виробленої форелі. В Італії вона займає значну частку в загальному обсязі вирощеної риби. У Європейському Союзі райдужна форель є одним з провідних видів прісноводної риби, що культивується.

Розведення райдужної форелі сприяє розвитку всього рибного сектору, забезпечуючи стабільне та надійне постачання риби як для внутрішнього споживання, так і для експортних ринків.

РОЗДІЛ 2

Методики та програма досліджень

2.1. Біологічна, екологічна та етологічна характеристика форелі райдужної (*Parasalmo penshinensis*)

Райдужна форель, представник родини лососевих (Salmonidae) та ряду лососеподібних (Salmoniformes), вирізняється своєю цінністю як об'єкт промислового вирощування та спортивного рибальства, завдяки чому набула поширення в аквакультурних господарствах по всьому світу [14].

У своєму природному ареалі, що охоплює прохолодні, кришталево чисті річки та озера Північноамериканського континенту (від Аляски до Каліфорнії та північних районів Мексики), ця риба віддає перевагу водам з високим вмістом кисню. Завдяки зусиллям людини, вона прижилася та утворила популяції в багатьох куточках планети, зокрема й в Україні [12].

Ключовими факторами для її існування є: температура водного середовища. Оптимальний діапазон для активності лежить між 16 та 22 °C [13].



Рис.2.1. Форель райдужна загальний вигляд

Необхідний рівень розчиненого кисню у воді становить не менше 7-8 мг/л. Водневий показник (рН) найкраще почувається у воді з нейтральною або слаболужною реакцією (6.5-8.0 рН). Обирає прозорі, проточні ділянки з дном, вкритим камінням або піщано-гальковим субстратом, де знаходить схованки та зручні місця для засідки на здобич [13].

Форель райдужна за способом харчування належить до хижаків. Молоді особини споживають зоопланктон та донних безхребетних (личинки комах,

рачки). З дорослішанням їх раціон поповнюється дрібною рибою, великими комахами, а іноді й амфібіями та дрібними ссавцями, що випадково опинилися у воді [12, 13].

Форель райдужна у більшості випадків демонструє одинарний спосіб життя, хоча молодняк може формувати невеликі групи. Виявляє активність як хижак у денний час. Для виявлення жертви використовує зорові та інші чутливі сигнали. Займає вигідні позиції у водному потоці, очікуючи на здобич, що пропливає повз [13, 14].

У природних умовах деякі популяції форелі здійснюють міграції з прісних вод до моря для нагулу з подальшим поверненням у річки для розмноження (анадромія), проте значна частина популяцій є осілими мешканцями прісних вод. В умовах штучного утримання міграційна поведінка не проявляється [12, 14].

Період нересту припадає на весну або початок літа, що залежить від температурного режиму води. Самці проявляють активність у пошуках самок та залицянні. Самка обирає ділянку з гальковим дном і створює неглибоке заглиблення для відкладання ікри (нерестове ложе). Під час нересту відбувається одночасне вивільнення статевих продуктів обома партнерами з їхнім подальшим заплідненням у водному середовищі. Батьківська опіка про потомство відсутня. У випадку небезпеки швидко знаходить укриття під камінням, поваленими деревами або в інших схованках. Молоді особини можуть збиватися у щільні групи, що слугує способом зниження ризику нападу хижаків [13].

Зовнішні морфологічні ознаки форелі райдужної: має торпедоподібну, видовжену та обтічну форму, що сприяє високій швидкості та маневреності під водою. У природі може досягати довжини 70-100 см та маси 10-20 кг, проте в умовах аквакультури її розміри зазвичай скромніші (20-50 см, 0.5-3 кг). Самки, як правило, більші за самців. Спинна частина тіла забарвлена у темно-зелений або оливковий колір, боки мають сріблястий відтінок з характерною широкою смугою рожевого або червонувато-фіолетового кольору вздовж тіла (що й зумовило назву). Черевна сторона світла, сріблясто-біла. На спинному та

хвостовому плавця, а іноді й на боках, розкидані численні дрібні чорні плями. Інтенсивність та відтінки забарвлення можуть змінюватися залежно від віку, статі, умов проживання та харчування. Один спинний плавець, розташований посередині спини, налічує 10-12 променів, один з яких є твердим. Хвостовий плавець має дві лопаті, добре розвинений та забезпечує рух і маневри. Анальний плавець розміщений позаду анального отвору та містить 8-12 променів, один або два з яких тверді. Парні грудні плавці розташовані позаду зябрових кришок [13, 14].

Парні черевні плавці знаходяться на нижній стороні тіла, ближче до середини. Жировий плавець – невелике м'ясисте утворення без променів, розміщене на спині між спинним та хвостовим плавцями, є ознакою лососевих риб. Вкрита дрібною, циклоїдною (округлою з гладким краєм), щільно розташованою лускою [13, 14].

Органи чуття (бічна лінія): добре помітна, тягнеться вздовж тіла від зябрової кришки до хвостового плавця та містить сенсорні елементи для сприйняття гідродинамічних коливань. Зябра прикриті кістковими зябровими кришками. Ротовий отвір відносно великий, щелепи оснащені дрібними гострими зубами. Зуби також присутні на піднебінній кістці [13, 14].

Дихання відбувається за допомогою чотирьох пар зябер, розташованих під зябровими кришками. Вода, потрапляючи через рот, омиває зяброві пелюстки, де здійснюється обмін газів між водою та кров'ю [12, 14].

Має замкнуту кровоносну систему з двокамерним серцем (передсердя та шлуночок). Кров циркулює по судинах, забезпечуючи транспортування кисню та поживних речовин до всіх тканин і органів, а також виведення продуктів метаболізму. Травний тракт включає ротову порожнину з зубами, глотку, стравохід, шлунок, кишківник, печінку та підшлункову залозу. Ефективність травлення залежить від складу їжі та температури води [12, 14].

Виведення продуктів обміну здійснюється парними нирками, які фільтрують кров та утворюють сечу. Підтримання водно-сольового балансу (осморегуляція) є важливим фізіологічним механізмом, особливо для мігруючих форм.

Статевої зрілості досягає у віці 2-4 років. Розмноження відбувається шляхом зовнішнього запліднення. Кількість ікринок, що відкладаються самкою, залежить від її розміру та може варіюватися від кількох сотень до кількох тисяч [12, 14]. Є холонокровою (пойкілотермною) істотою, тобто температура її тіла безпосередньо залежить від температури навколишнього водного середовища.

2.2. Програма досліджень

Згідно з обраною темою бакалаврської роботи, для забезпечення наукової обґрунтованості дослідження було розроблено програму, що охоплює ключові аспекти: мету, об'єкт, предмет та завдання. Відповідно до цих критеріїв, було сформовано наступний план дослідження:

1. Здійснити систематичний аналіз наукової літератури, присвяченої райдужній форелі. Розглянути таксономічне положення виду, його біологічні особливості (морфологію, фізіологію, етологію) та екологічні вимоги до середовища існування, зокрема в контексті аквакультури. Надати історичну ретроспективу інтродукції та промислового вирощування виду.

2. Описати загальні принципи та методи, що застосовуються для дослідження гідробіонтів в установках замкненого водопостачання. Деталізувати конкретні методики проведення експериментальних досліджень, релевантні до теми бакалаврської роботи (наприклад, методи контрольованого впливу абіотичних факторів, методи біологічного моніторингу, методи статистичного аналізу отриманих даних).

3. Надати розширену характеристику райдужної форелі як перспективного об'єкта інтенсивного вирощування в установках замкненого водопостачання. Описати її адаптивні можливості до штучних умов утримання, харчові потреби та основні фізіологічні параметри, що є критичними для успішного культивування.

4. Здійснити компаративний аналіз існуючих технологій та режимів утримання райдужної форелі в умовах УЗВ. Розглянути різні підходи до оптимізації гідрохімічних параметрів, систем водопідготовки, режимів годівлі

та щільності посадки з метою підвищення ефективності виробництва та забезпечення добробуту гідробіонтів.

5. Провести серію контрольованих експериментів з метою дослідження реакцій райдужної форелі на плавні зміни ключових абіотичних факторів (температури, концентрації розчиненого кисню, показника рН) в умовах установок замкненого циклу. Зафіксувати фізіологічні (наприклад, поведінкові реакції, частота дихання) та біохімічні показники (за можливості) для оцінки рівня стресу та адаптаційних можливостей.

Представити результати експериментальних досліджень у пояснювальній записці до бакалаврської роботи, сформулювати науково обґрунтовані висновки та розробити практичні рекомендації для оптимізації технологічних процесів вирощування форелі в установках замкненого циклу.

2.3. Методики досліджень

Під час виконання досліджень за темою бакалаврської роботи нами було проведено експериментальне дослідження для успіху проведення якого було створено контрольовану модель установки замкненого водопостачання (УЗВ). Для участі у дослідженні було відібрано три ідентичні групи здорової статевозрілої райдужної форелі.

Першу групу було розміщено в умовах стабільних оптимальних параметрів води, що слугували контролем. Другу та третю групу було піддано поступовій зміні одного з ключових абіотичних чинників, а саме температури води, яку підвищували на один градус Цельсія кожні дві години від початкового оптимального значення до критичного рівня. Ідентичний експеримент було проведено зі зміною кислотності та твердості води у басейнах установок замкнутого циклу (водопостачання).

Протягом всього періоду експерименту нами здійснювався регулярний моніторинг основних гідрохімічних показників в обох групах, включаючи температуру, рівень розчиненого кисню та водневий показник (рН). Окрім того, проводилось щоденне візуальне спостереження за поведінкою риби: фіксувалась її рухова активність, реакція на корм, орієнтація у просторі та

наявність будь-яких зовнішніх змін, таких як забарвлення шкіри чи стан плавців.

Отримані дані щодо динаміки абіотичного чинника та поведінкових реакцій риби в експериментальній групі порівнювались з відповідними показниками контрольної групи. Було зафіксовано зниження активності риби в експериментальній групі при досягненні певного температурного порогу, а подальше підвищення температури призвело до втрати апетиту та ознак дихальної недостатності. Отримані результати опрацьовано статистично із використанням сучасних комп'ютерних технологій.

Висновки до розділу 2: розроблена програма досліджень чітко структурована та охоплює всі необхідні етапи наукового пошуку: від теоретичного обґрунтування до практичної реалізації експерименту та аналізу отриманих даних. Визначені завдання спрямовані на послідовне розкриття особливостей утримання райдужної форелі в установках замкненого циклу водопостачання та виявлення її реакцій на зміну ключових абіотичних параметрів.

.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вплив зміни температурного режиму на райдужну форель в умовах замкнутого водопостачання

У ході нашого наукового пошуку ми організували експеримент з двома піддослідними та однією контрольною популяцією райдужної форелі (*Oncorhynchus mykiss*) в умовах рециркуляційної аквакультурної системи, що функціонує на базі Поліського національного університету. В умовах штучного вирощування при оптимальних параметрах райдужна форель може досягати товарної ваги за 8-12 місяців. Кожна група налічувала по 100 здорових шестимісячних особин, чия середня маса коливалася в межах 450-500 грамів.

Перед початком основної фази експерименту, кожна група риб пройшла семиденний період адаптації до середовища експериментальних басейнів при незмінній температурі 22°C, нейтральному середовищі рН = 6,5, та низькій жорсткості води і відсутності органічних домішок.



Рис.3.1. Запуск райдужної форелі до установок замкнутого водопостачання (2023рік)

Протягом цього часу раціон риб складався зі стандартного корму, що видавався за чітко визначеним графіком. Дослідження проводилось одночасно для всіх груп (рис.3.1).

Відповідно до умов та результатів дослідження у першій групі проводили поступове підвищення температури на 1 градус Цельсія за 24 години, починаючи з відмітки у 22°C. Перші відхилення у поведінці риб стали помітними при досягненні 25°C. Так при температурі 22-24°C риби демонстрували бадьорість, займали весь об'єм басейну, активно споживали запропонований корм, повністю з'їдаючи його за 5-7 хвилин. Епізодів агресивної поведінки не відзначалося (таблиця 3.1.).

При температурі 25°C у десятої частини популяції (10 особин) спостерігалось незначне послаблення харчового інтересу. Окремі індивідууми стали частіше концентруватися поблизу аераційних пристроїв. Зафіксовано поодинокі випадки незначної агресії під час годування у вигляді легких зіткнень.

За умов утримання при 26°C інтенсивність харчування (поглинання корму) помітно зменшилася. Приблизно третина риб (30 особин) їли неохоче або повністю ігнорували корм. Збільшилася кількість особин, що перебували у верхніх шарах води поблизу аерації (таблиця 3.1).

Зареєстровано п'ять випадків утрудненого дихання (прискорені рухи зябер, плавання з відкритим ротом біля поверхні). Спостерігалися випадки помірної агресії як у процесі годування, так і поза ним (переслідування, общипування плавців).

За температури 27°C апетит різко погіршився. Переважна більшість риб (75 особин) відмовлялися від корму. Значна частина популяції трималася біля поверхні, відзначалося часте та ускладнене дихання. Агресивна поведінка стала більш інтенсивною (активне переслідування, пошкодження плавцевих структур).

Умови утримання при 28°C визначено нами як критична точка, відбулась масова відмова від корму (90 особин). Основна частина риб перебувала у стані вираженого стресу, їх рухи стали уповільненими або хаотичними поблизу водної поверхні. Спостерігалось масове явище задухи (понад два десятки особин) захоплювали повітря над водою. Експеримент з підвищенням температури було завершено (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1.

Вплив підвищення температури на райдужну форель

Температурний режим (°C)	Кількість загиблих особин	Кількість особин з ознаками задухи	Кількість особин, що проявляли агресію	Кількість особин зі зниженим харчовим інтересом
22-24	0	0	0	0
25	0	0	2	10
26	0	5	8	30
27	0	10	15	75
28 (критична точка)	0	понад 20	понад 25	90
Всього	0	понад 20	понад 30	90

Протягом 4 діб відбувалося поступове зниження температури до початкового значення у 22°C. У цей період спостерігалось поступове повернення апетиту та рухової активності риб.

Нових випадків задухи не було зафіксовано, всі риби що приймали участь в дослідженні залишились живими.

У групі 2 проводилось поступове зниження температурного режиму на один градус Цельсія кожні 24 години, починаючи з 22°C.

Перші зміни у поведінці риб були зафіксовані при досягненні 18°C. За умови утримання при 22-19°C риби зберігали активність, рівномірно розподілялися в басейні, охоче споживали корм, повністю з'їдаючи його за 5-7 хвилин. Епізодів агресії не спостерігалось (таблиця 3.2.).

При температурі 18°C у п'ятнадцяти відсотків риб (15 особин) відзначалося незначне зменшення рухливості. Харчова активність залишалася на високому рівні, проте час поїдання корму дещо збільшився (до 8-10 хвилин). Спостерігалися поодинокі прояви легкої млявості.

За 17°C відбулося помітне зниження загальної активності риб. Близько 40% популяції (40 особин) стали менш рухливими, проводячи більше часу на

дні басейну. Інтенсивність харчування дещо зменшилася, окремі особини їли повільніше. Випадків утрудненого дихання не спостерігалось, як і агресивної поведінки.

Таблиця 3.2.

Вплив зниження температури на райдужну форель

Температурний режим (°C)	Кількість загиблих особин	Кількість особин з ознаками задухи	Кількість особин, що проявляли агресію	Кількість особин зі зниженою активністю	Кількість особин зі зниженим харчовим інтересом
22-19	0	0	0	0	0
18	0	0	0	15	5
17	0	0	0	40	20
16	0	0	0	70	50
14	0	0	0	понад 85	понад 85
Всього	0	0	0	понад 85	понад 85

При 16°C спостерігалось значне зниження активності. Більшість риб (70 особин) демонстрували малорухливість, їх реакція на зовнішні подразники уповільнилася. Харчовий інтерес помітно знизився, час споживання корму значно збільшився (понад 15 хвилин), деякі особини їли неохоче. Випадків задухи чи агресії не було зафіксовано(таблиця 3.2.).

За 14°C риби проявляли мінімальну активність, значна частина перебувала на дні басейну. Харчування різко погіршилося, велика кількість риб (85 особин) відмовлялися від корму або споживали його в дуже малих кількостях, візуально розпочалась підготовка організмів риб до фізіологічного анабіозу(зимівля). Експеримент зі зниженням температури було припинено.

Протягом 3 діб відбувалося поступове підвищення температури до початкового значення у 22°C. У цей період спостерігалось поступове відновлення рухової активності та апетиту риб. Випадків загибелі не було зафіксовано.

Контрольні умови Група 3 (22°C) у цій групі протягом усього експерименту підтримувалася стабільна температура 22°C. Спостерігалася повна виживаність (0 загиблих риб). Риби демонстрували активну поведінку, рівномірно розподілялися по всьому об'єму басейну, активно реагували на корм, повністю споживаючи його за 5-7 хвилин. Випадків агресії чи задухи не відзначалося. Харчова реакція залишалася стабільно високою протягом усього періоду дослідження.

3.2. Вплив кислотності та жорсткості води на поведінку райдужної форелі при утриманні в штучних умовах

У контрольній групі протягом усього експерименту спостерігалася мінімальна смертність (зафіксовано поодинокі випадки, які не були пов'язані зі змінами рН). Риби демонстрували активну поведінку, мали здоровий апетит і не виявляли видимих ознак стресу чи захворювань. Їх зовнішній вигляд залишався незмінним. У групі зі зниженою кислотністю спостерігалися такі зміни: при рН 6,0 у деяких особин відзначалося незначне прискорення дихання, але загалом поведінка залишалася в межах норми. Смертності не було зафіксовано (рис.3.2).



Рис.3.2. Рухова активність райдужної форелі при нейтральній кислотності водного середовища в установках замкненого циклу

При рН 5,5 частіше спостерігалось прискорене дихання, деякі риби стали менш активними та іноді трималися ближче до поверхні. Були зафіксовані поодинокі випадки загибелі особливо чутливих особин.

При рН 5,0 більшість риб демонстрували ознаки стресу: часте дихання, неспокійне плавання, зниження апетиту. Відзначалося посилення слизовиділення на шкірі та зябрах. У особин райдужної форелі були явні ознаки ацидозу. Задля запобігання загибелі риби форель райдужну розмістили в умови ідентичні до контрольної групи.

Коефіцієнт кореляції між погіршенням фізіологічного стану форелі райдужної та зниженням рівня кислотності води склав $r \approx 0.987$.

У групі з підвищеною кислотністю спостерігалися такі зміни: при рН 7,0 - 7,5 райдужна форель загалом перенесла цей діапазон без видимих негативних наслідків. Спостерігалися незначні коливання в активності окремих особин, але загалом поведінка залишалася нормальною. Смертності не було зафіксовано.

Таблиця 3.3.

Вплив кислотності середовища на фізіологічний стан райдужної форелі

Група №	Реакція водного середовища	рН (одиниць)	Відсоток захворілих особин
1	Контрольна	6.5	0
2	Знижена кислотність	6.0	2
2	Знижена кислотність	5.5	5
2	Знижена кислотність	4.5	15
3	Підвищена кислотність	7.0	0
3	Підвищена кислотність	7.5	7
3	Підвищена кислотність	8.0	13

При рН 8,0 у деяких особин відзначалося незначне подразнення слизових оболонок, що проявлялося у вигляді потирання об стінки та обладнання акваріума. Спостерігалось легке зниження апетиту в окремих риб. Загинула одна особина.

При рН 8,5 більшість риб проявляли ознаки дискомфорту: спостерігалось прискорене дихання, спроби триматися біля поверхні води. Відзначалося посилення слизовиділення, особливо на зябрах. Спостерігається сильна позитивна кореляція $r \approx 0.945$ між рівнем рН та відсотком захворілих особин. Це означає, що зі зростанням рН спостерігається захворювання риб на алкалоз, повернули до оптимальних умов утримання з рН=6,0-7,0. Досліджувані риби швидко повернулись до доброго фізіологічного стану. Дослідження впливу жорсткості води на фізіологічний стан райдужної форелі в умовах установок замкненого циклу проводили шляхом підвищення жорсткості води. У контрольній групі протягом усього експерименту спостерігалася стабільна поведінка риб. Риби демонстрували активність, здоровий апетит, і їх зовнішній вигляд залишався без змін. У дослідній групі з жорсткість води підіймали поступово з 100 ppm $\rightarrow$ 300 ppm CaCO_3 . При підвищенні до 150 ppm CaCO_3 як і зазвичай райдужна форель добре переносить цей рівень жорсткості. Спостерігалися лише незначні зміни в поведінці окремих особин. Випадків смертності виявлено не було. При жорсткості води 200 ppm CaCO_3 у деяких риб відзначалося незначне подразнення слизових оболонок, що проявлялося у вигляді короткочасного потирання об елементи обладнання. Апетит залишався добрим. За умови підняття жорсткості води до 250 ppm CaCO_3 , більша кількість риб демонструвала ознаки дискомфорту: прискорене дихання, іноді неспокійне плавання. У деяких особин спостерігалось часткове не виражене помутніння рогівки очей. При підвищенні жорсткості води до 300 ppm CaCO_3 , у більшості риб спостерігалися виражені ознаки стресу: млявість, зниження апетиту, утруднене дихання. Відзначалося посилене слизовиділення та помутніння очей у значної кількості особин. Підвищення жорсткості води вище оптимального рівня чинило негативний вплив на райдужну форель, викликаючи ознаки подразнення слизових оболонок, помутніння очей, утруднене дихання. Контрольна група, яка утримувалася при стабільній жорсткості 100 ppm CaCO_3 , залишалася здоровою з мінімальною смертністю, що підтверджує важливість підтримання оптимальних параметрів жорсткості для цього виду риб в умовах установок замкненого циклу.

3.3. Вплив умов утримання на розвиток райдужної форелі

В ході проведення експерименту нами було з'ясовано, що при утриманні райдужної форелі протягом шести місяців спостерігалися значні відмінності в наборі ваги та загальному стані риби залежно від умов утримання в різних басейнах. У контрольному середовищі (басейн 1) зі стандартними умовами утримання, початкова кількість риби становила 100 штук, а середня вага кожної особини на початку експерименту складала 425 грамів. Вже через місяць утримання середня вага риби досягла 550-600 грамів, а візуально риба виглядала активною та здоровою. До третього місяця середня вага зросла до 800-900 грамів, і стан риби залишався задовільним(рис.3.3).



Рис.3.3. Райдужна форель вік 1 рік контрольна група (весна 2024р.)

На кінець шостого місяця експерименту середня вага райдужної форелі в контрольному басейні досягла 1200-1400 грамів, що свідчить про нормальний ріст та розвиток. Візуально вся риба виглядала здоровою та досягла товарного розміру, а кількість особин залишилася незмінною – 100 штук. (рис.3.3.). У підкисленому середовищі (басейн 2) з рівнем рН 6,0-5,5, початкові показники були аналогічними: 100 штук риби із середньою вагою 425 грамів. Однак вже на першому місяці спостерігалася негативна тенденція. Середня вага риби коливалася в межах 350-400 грамів, при цьому у деяких особин могло спостерігатися навіть значне зниження ваги (табл.3.4).

Таблиця 3.4.

Динаміка набору ваги форелью райдужною за різних умов утримання

Показник	Контрольне середовище	Підкислене середовище (рН 6,0-5,5)	Висока жорсткість води 150 -200 ppm CaCO ₃
Кількість риби (початково)	100 шт	100 шт	100 шт
Початкова вага (середня)	425 гр	425 гр	425 гр
Місяць 1			
Середня вага	550-600 гр	350-400 гр (зниження)	350-400 гр (зниження)
Місяць 3			
Середня вага	800-900 гр	450-550 гр (затримка росту)	450-550 гр (затримка росту)
Місяць 6			
Середня вага	1200-1400 гр	650-800 гр (значна затримка росту)	650-800 гр (значна затримка росту)
Кількість риби на кінець періоду	100 шт	100 шт	100 шт

Візуально риба виглядала млявою з очевидними ознаками стресу або захворювань. До третього місяця середня вага зросла лише до 450-550 грамів, що свідчить про значну затримку росту порівняно з контрольною групою (таблиця 3.4.). Візуальні ознаки хвороб у риб прогресували. На кінець шостого місяця середня вага риби в підкисленому середовищі досягла лише 650-800 грамів, що вказує на суттєве відставання в розвитку (табл.3.5).

У басейні з високою жорсткістю води (150-200 ppm CaCO₃), початкова кількість та середня вага риби також становили 100 штук та 425 грамів відповідно. Подібно до підкисленого середовища, вже на першому місяці спостерігалися негативні наслідки впливу жорсткої води. Середня вага риби знаходилася в діапазоні 450-500 грамів, а візуально риба виглядала млявою з ознаками стресу або захворювань, спричинених неоптимальними параметрами води. До третього місяця середня вага досягла 550-650 грамів, демонструючи значну затримку росту (табл.3.4., 3.5).

Таблиця 3.5.

Оцінка стану форелі при довготривалому утриманні в жорстких умовах

Показник	Контрольне середовище	pH 6,0-5,5	Жорсткість води 150 ppm CaCO ₃
Кількість риби (початково)	100 шт	100 шт	100 шт
Місяць 1			
Візуальна оцінка стану	Активна, здоровий вигляд	Млява, ознаки стресу/хвороби	Млява, ознаки стресу/хвороби
Місяць 3			
Візуальна оцінка стану	Активна, здоровий вигляд	Ознаки прогресування хвороби	Ознаки прогресування хвороби
Місяць 6			
Візуальна оцінка стану	Активна, товарний вигляд	Ознаки прогресування хвороби	Ознаки прогресування хвороби
Орієнтовна кількість риби на кінець періоду	100 шт	100 шт	100 шт

Візуальна оцінка стану риби вказувала на прогресування хворобливих симптомів. На кінець шостого місяця середня вага риби у жорсткій воді досягла 650-800 грамів, аналогічно до групи в підкисленому середовищі, що підтверджує негативний вплив високої жорсткості на ріст форелі. Візуально стан риби характеризувався ознаками прогресуючої хвороби, і хоча кількість риби на кінець експерименту становила 100 штук, висока ймовірність загибелі частини популяції зберігалася.

Висновки до розділу 3: Отримані експериментальні дані беззаперечно свідчать: відступ від ідеальних параметрів аквакультури, а саме підвищена кислотність та значна мінералізація води, чинять згубний вплив на динаміку росту, онтогенез та загальну життєздатність райдужної форелі. Ці абіотичні фактори провокують зростання сприйнятливості до патогенів та загрожують летальністю популяції в довгостроковій перспективі.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень райдужної форелі при утриманні в установках замкненого циклу нами було зроблено наступні висновки:

1. Підвищення температури води до 28°C є критичною точкою для райдужної форелі, що спричинило масову відмову від корму (90% особин), виражений стрес та масове явище задухи (понад 20 особин).

2. При 25°C спостерігалось зниження харчового інтересу у 10% популяції, а при 27°C від корму відмовлялися 75% особин. Паралельно зі зростанням температури фіксувалось збільшення випадків агресивної поведінки від поодиноких зіткнень при 25°C до інтенсивного переслідування при 27°C.

3. Зниження температури до 16°C призвело до значного зменшення активності у 70% риб та зниження харчового інтересу у 50% особин. Подальше зниження до 14°C спричинило мінімальну активність та відмову від корму у понад 85% популяції, що вказує на початок фізіологічної підготовки до зимового спокою.

4. Зниження рН води в установці замкненого циклу до 5,5 призвело до прискореного дихання, зниження активності та поодиноких випадків загибелі. При рН 5,0 більшість риб демонстрували ознаки сильного стресу, посилене слизовиділення та ознаки ацидозу, що підтверджується високим коефіцієнтом кореляції ($r \approx 0.987$) між погіршенням стану та зниженням рН.

5. Підвищення рН до 8,0 викликало подразнення слизових оболонок та зниження апетиту в окремих особин, а при рН 8,5 більшість риб проявляли ознаки дискомфорту, прискорене дихання та посилене слизовиділення. Висока позитивна кореляція ($r \approx 0.945$) між рівнем рН та відсотком захворілих особин вказує на чіткий зв'язок між лужним середовищем та розвитком алкалозу.

6. Підвищення жорсткості води до 250 ppm CaCO_3 призвело до ознак дискомфорту (прискорене дихання, неспокійне плавання), а при 300 ppm CaCO_3 у більшості риб спостерігалися виражені ознаки стресу, зниження апетиту, утруднене дихання. Це підкреслює важливість підтримання

оптимальної жорсткості (близько 100 ppm CaCO_3) для здоров'я райдужної форелі в умовах УЗВ.

7. У контрольному середовищі середня вага райдужної форелі зросла з 425 грамів до 1200-1400 грамів за шість місяців. Натомість, у підкисленому (pH 6,0-5,5) та середовищі з високою жорсткістю (150-200 ppm CaCO_3) спостерігалася значна затримка росту, і середня вага досягла лише 650-800 грамів за той самий період, що свідчить про вплив якості води на продуктивність вирощування райдужної форелі.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для забезпечення оптимального росту, харчування та мінімізації стресу рекомендовано підтримувати температуру води в межах 19-24°C. Слід уникати різких коливань та підвищення температури вище 25°C, оскільки це призводить до зниження апетиту, підвищення агресії та ризику задухи. Критичною межею є 28°C, при якій спостерігається масова відмова від корму та виражений стрес.
2. Підтримання стабільного та оптимального рН: Рекомендовано підтримувати рН води в межах 6,0-7,0 для забезпечення фізіологічного комфорту та запобігання розвитку ацидозу та алкалозу. Зниження рН до 5,5 та підвищення до 8,0 і вище негативно впливають на стан риби, викликаючи стрес, проблеми з диханням та збільшення слизовиділення. Необхідний постійний моніторинг та своєчасне коригування рівня рН.
3. Оптимальний рівень жорсткості води для утримання райдужної форелі в умовах УЗВ становить близько 100 ppm CaCO_3 . Підвищення жорсткості до 200 ppm CaCO_3 і вище може викликати подразнення слизових оболонок, помутніння очей та ознаки стресу. Слід уникати різкого підвищення жорсткості та підтримувати її стабільні показники.
4. Для досягнення високих показників росту (до 1200-1400 грамів за шість місяців) необхідно підтримувати стабільні та оптимальні параметри води (температура 19-24°C, рН 6,0-7,0, жорсткість близько 100 ppm CaCO_3). Відхилення від цих параметрів, як показало дослідження, призводить до значної затримки росту (лише 650-800 грамів за шість місяців) та погіршення загального стану риби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартко Н. О. Особливості вирощування райдужної форелі при використанні різних видів кормів. /<https://jqmth.donnu.edu.ua/article/view/15150>
2. Білий, О. М., & Снігірьов, С. М. (2003). Аквакультура. Київ: Видавничий дім "Слово". – 145с.
3. Кондратюк В. М. Ефективність вирощування райдужної форелі за різних рівнів та співвідношень лізину та аргініну у продукційному комбікормі. [<https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/47127>]
4. Продуктивність райдужної форелі залежно від рівнів протеїну у продукційних комбікормах. [<https://animalscience.com.ua/uk/journals/tom-11-4-2020/produktivnist-rayduzhnoyi-foryeli-zalyezhno-vid-rivniv-protzeyinu-u-produktsiynikh-kombikormakh>]
5. Дослідження технології вирощування райдужної форелі «Західна рибна компанія». [<https://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/26997.pdf>]
6. Коробкін Т. О. Біологічні особливості форелі райдужної в умовах УЗВ. [https://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/14320/3/Korobkin_TO_KR_207_2023.pdf]
7. Грициняк, І. І. (2000). Рибництво. Київ: Вища школа. (Підручник для студентів вищих навчальних закладів, спеціальність "Водні біоресурси та аквакультура").
8. Михайлов, М. І. (2012). Райдужна форель: біологія, розведення, хвороби. Львів: Українські технології. - 218с.
9. Пилипенко, Ю. В., & Гринжевський, М. В. (2015). Інтенсивне вирощування риби в умовах замкнутих водопостачальних систем. Харків: Друкарня Мадрид. – 203с.
10. Форель райдужна — Вікіпедія. <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
11. Форель райдужна [https://vue.gov.ua/Форель_райдужна,_пструг_райдужний]
12. Форель — Вікіпедія. /<https://uk.wikipedia.org/wiki/Форель>

- 13.Райдужна форель: опис риби, як виглядає і де водиться мікіжа.
[/https://topcombi.org/31876794-rainbow-trout-a-description-of-the-fish-what-it-looks-like-and-where-mykizha-is-found](https://topcombi.org/31876794-rainbow-trout-a-description-of-the-fish-what-it-looks-like-and-where-mykizha-is-found)
- 14.Форель: опис, місця проживання, види форелі, ареал. [/https://pro-fish.com.ua/155-forel-opis-mistsya-prozhivannya-vidi-foreli-areal.html](https://pro-fish.com.ua/155-forel-opis-mistsya-prozhivannya-vidi-foreli-areal.html)
- 15.Шерман, І. М., & Міненко, В. М. (2012). Аквакультура: Навчальний посібник. Львів: Український бестселер. (Посібник для студентів аграрних спеціальностей). 218с.
- 16.An Approach to Determining Economics Impacts of U.S. Aquaculture - Scientific Publications Office, <https://spo.nmfs.noaa.gov/sites/default/files/TMPSP0197.pdf>
17. Trout ProfileJHnew - Freshwater Aquaculture, 2025,<https://freshwater-aquaculture.extension.org/wp-content/uplof>
18. Rainbow trout - Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow_trout
19. The Intriguing World of Rainbow Trout History: Origins, Cutthroat Cousins, and The Steelhead Mystery - Middle River Outfitters, 11, 2025, <https://www.middleriveroutfittersva.com/post/the-intriguing-world-of-rainbow-trout-history-origins-cutthroat-cousins-and-the-steelhead-mystery>
20. Rainbow trout | Species profiles for aquaculture - Ontario.ca, <https://www.ontario.ca/document/species-profiles-aquaculture/rainbow-trout>
21. Rearing rainbows | Stories - Seafood Watch, 2025, <https://www.seafoodwatch.org/stories/rearing-rainbows>
22. Super Green List | Healthy and sustainable U.S. farmed rainbow trout | Seafood Watch, 2025, <https://www.seafoodwatch.org/seafood-basics/sustainable-healthy-fish/nutritious-rainbow-trout>
23. Rainbow trout | Washington Department of Fish & Wildlife, доступ отримано травня 11, 2025, <https://wdfw.wa.gov/species-habitats/species/oncorhynchus-mykiss>
24. All About Rainbow Trout - Fly Fisherman, <https://www.flyfisherman.com/editorial/all-about-rainbow-trout/454217>
25. Trout - Freshwater Aquaculture, <https://freshwater-aquaculture.extension.org/trout/>

26. A History of California'S Fish Hatcheries 1870–1960 - NOAA, доступ <https://www.noaa.gov/sites/default/files/legacy/document/2020/Oct/07354626232.pdf>
27. History of Trout Farming, <https://britishtrout.co.uk/about-trout/history-of-trout-farming/>
28. Rainbow trout attain good growth, health in tank-based recirculating systems, <https://www.globalseafood.org/advocate/rainbow-trout-attain-growth-health-tank-based-recirculating-systems/>
29. Do Rainbow Trout benefit from flowing water? : r/aquaponics - Reddit, https://www.reddit.com/r/aquaponics/comments/jw4ncn/do_rainbow_trout_benefit_from_flowin_g_water/
30. Recirculated aquaculture system (RAS) in Ukraine – NIRAS and SMART TECH INDUSTRY, 2025, <https://www.niras.com/projects/recirculated-aquaculture-system-ras-in-ukraine/>
31. freshwater-aquaculture.extension.org, https://freshwater-aquaculture.extension.org/wp-content/uploads/2019/08/Rainbow_Trout.pdf
32. Calories in Fish, trout, rainbow, farmed, cooked, dry heat - ReciPal, <https://www.recipal.com/ingredients/4600-nutrition-facts-calories-protein-carbs-fat-fish-trout-rainbow-farmed-cooked-dry-heat>
33. Nutrition Facts and Calories for Fish, trout, rainbow, wild, raw - Nutrifox, <https://nutrifox.com/nutrition/fish-trout-rainbow-wild-raw>
34. Food Nutrition: Fish, trout, rainbow, farmed, cooked, dry heat - LogixPath Chef, <https://www.logixpathchef.com/app/food/getfoodnutrition?fdcid=173718>
35. Freshwater Trout Aquaculture Dialogue - World Wildlife Fund, https://files.worldwildlife.org/wwfcmprod/files/Publication/file/7pno0lxlpw_Freshwater_Trout_Aquaculture_Dialogue_Factsheet_TroutBB.pdf
36. Vol. 13, No. 6 / The U.S. Trout Aquaculture Industry: Where is it going? | Mississippi State University Extension Service, <http://extension.msstate.edu/newsletters/mississippi-marketmaker/2023/vol-13-no-6-the-us-trout-aquaculture-industry-where-it>
37. (PDF) Recent Trends and Economic Aspects in the Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Sector - ResearchGate,

https://www.researchgate.net/publication/363181572_Recent_Trends_and_Economic_Aspects_in_the_Rainbow_Trout_Oncorhynchus_mykiss_Sector

38. Perspectives for trout development in Ukraine | Pukalo | Belarus Fish Industry Problems, https://fish.belal.by/jour/article/view/93?locale=en_US

39. Resource-rich Ukraine expands fishing, farming, and its links to international markets, <https://eurofish.dk/resource-rich-ukraine-expands-fishing-farming-and-its-links-to-international-markets/>

40. The war in Ukraine has severely affected fisheries and aquaculture production - Eurofish, <https://eurofish.dk/the-war-in-ukraine-has-severely-affected-fisheries-and-aquaculture-production/>

ДОДАТКИ