

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ПАВЛЮК ВІТАЛІЙ ПЕТРОВИЧ

УДК 338.432:502/504:639.3/.6

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ РИБИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ АКВАКУЛЬТУРИ**

207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

Керівник роботи:
Віта ТРОХИМЕНКО,
кандидат с.-г. наук, доцент

Житомир – 2026

Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри **біоресурсів, тваринництва та аквакультури**
№ __ від «__» _____ 2026 р.

Завідувач кафедри біоресурсів,
тваринництва та аквакультури

Діна ЛІСОГУРСЬКА

«__» _____ 2026 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Віталій ПАВЛЮК** захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

Ніна ЛЕБЕДІВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Павлюк В.П. Технологія вирощування риби із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 207 – Водні біоресурси та аквакультура. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі представлені результати дослідження щодо аналізу технології вирощування риби із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури. Проаналізовано сучасний стан та розвиток аквакультури у світі та в Україні, розглянуто принцип роботи та конструктивні особливості рециркуляційних систем аквакультури. Досліджено основні технологічні етапи вирощування коропа (*Cyprinus carpio*) у рециркуляційних системах, визначено оптимальні умови утримання коропа (*Cyprinus carpio*) (температура, кисень, якість води, щільність посадки), оцінено переваги та недоліки використання рециркуляційних систем у рибництві, проведено аналіз ефективності застосування технології RAS для вирощування коропа (*Cyprinus carpio*).

Ключові слова: аквакультура, рециркуляційна система, короп, умови утримання, фільтрація води.

ANNOTATION

Pavliuk V.P. Fish farming technology using recirculating aquaculture systems – Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for the degree of Bachelor in specialty 207 – Aquatic bioresources and aquaculture. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The qualification work presents the results of a study on the analysis of fish farming technology using recirculating aquaculture systems. The current state and development of aquaculture in the world and in Ukraine are analyzed, the principle of operation and design features of recirculating aquaculture systems are considered. The main technological stages of growing carp (*Cyprinus carpio*) in recirculating systems are investigated, the optimal conditions for keeping carp (*Cyprinus carpio*) (temperature, oxygen, water quality, stocking density) are determined, the advantages and disadvantages of using recirculating systems in fish farming are assessed, and the effectiveness of using RAS technology for growing carp (*Cyprinus carpio*) is analyzed.

Keywords: aquaculture, recirculating system, carp, conditions of maintenance, water filtration.

ЗМІСТ

Анотація	3
Вступ	5
Розділ 1. Огляд літератури	7
1.1. Сучасний стан та розвиток аквакультури у світі та в Україні	7
1.2. Біологічна характеристика коропа (<i>Cyprinus carpio</i>) як об'єкта аквакультури	9
1.3. Біологічна та поживна цінність коропа (<i>Cyprinus carpio</i>)	12
Розділ 2. Матеріал, методика, місце та умови проведення досліджень.....	14
2.1 Місце та умови проведення досліджень.....	14
2.1.1. Короткі відомості про підприємство	14
2.2 Матеріал і методика дослідження	17
Розділ 3. Результати досліджень.....	19
3.1. Принцип роботи та конструктивні особливості рециркуляційних систем аквакультури	19
3.2. Основні технологічні етапи вирощування коропа (<i>Cyprinus carpio</i>) у рециркуляційних системах лабораторії аквакультури	21
3.3. Оптимальні умови утримання коропа (<i>Cyprinus carpio</i>) (температура, кисень, якість води, щільність посадки)	23
3.4. Оцінити переваги та недоліки використання рециркуляційних систем у рибництві	25
3.5. Аналіз ефективності застосування технології RAS для вирощування коропа (<i>Cyprinus carpio</i>)	29
Висновки та пропозиції	32
Список використаних джерел	34

Вступ

Аквакультура є однією з найбільш динамічно зростаючих галузей аграрного виробництва у світі. Зростання попиту на рибну продукцію, обмеженість природних водних ресурсів та необхідність раціонального використання води стимулюють розвиток інноваційних технологій вирощування риби. Одним із найбільш перспективних напрямів сучасної аквакультури є використання рециркуляційних систем аквакультури (RAS), які дозволяють здійснювати інтенсивне вирощування риби у контрольованих умовах із мінімальним використанням водних ресурсів.

Рециркуляційні системи забезпечують багаторазове використання води шляхом її механічного та біологічного очищення, що дозволяє підтримувати оптимальні параметри середовища для росту та розвитку риби. Використання таких систем сприяє підвищенню продуктивності рибництва, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечує стабільність виробництва незалежно від природних умов.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності впровадження сучасних технологій у рибницьких господарствах, що дозволяють підвищити ефективність виробництва, покращити якість продукції та забезпечити раціональне використання природних ресурсів.

Метою роботи є дослідження технології вирощування риби із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури, а також оцінка ефективності їх використання у сучасному рибництві.

Для досягнення цієї мети було визначено ряд завдань, зокрема:

1. Проаналізувати сучасний стан та розвиток аквакультури у світі та в Україні.
2. Розглянути принцип роботи та конструктивні особливості рециркуляційних систем аквакультури.
3. Дослідити основні технологічні етапи вирощування коропа (*Cyprinus carpio*) у рециркуляційних системах.

4. Визначити оптимальні умови утримання коропа (*Cyprinus carpio*) (температура, кисень, якість води, щільність посадки).
5. Оцінити переваги та недоліки використання рециркуляційних систем у рибництві.
6. Провести аналіз ефективності застосування технології RAS для вирощування коропа (*Cyprinus carpio*).
7. Запропонувати практичні рекомендації виробництву.

Об'єктом дослідження є процес вирощування коропа в умовах рециркуляційних систем аквакультури.

Предметом дослідження є технологічні особливості, умови та ефективність вирощування коропа із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури.

Основні положення кваліфікаційної роботи викладені у двох тезах.

1. Трохименко В., Ковальчук Т., Куликівський А., Курсон А., Посонський А., Павлюк В. Ведення органічного рибництва в зоні Полісся *Органічне виробництво і продовольча безпека: цифрові технології та інновації* : збірник праць учасників XII Міжнародної науково-практичної конференції (15–16 травня 2025 р.). Житомир: Поліський нац. університет, 2025. С. 160-161.

2. Павлюк В. П. Оптимізація технологічних етапів вирощування коропа (*cyprinus carpio*) у рециркуляційних аквакультурних системах. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів* : збірник праць учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції (4 червня 2026 р.). Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 191-192.

Структура та обсяг роботи: Робота виконана на 38 сторінках комп'ютерного тексту, містить 5 таблиць, 5 рисунків, бібліографія нараховує 40 літературних джерел.

Розділ 1. Огляд літератури

1.1. Сучасний стан та розвиток аквакультури у світі та в Україні.

Аквакультура є однією з найважливіших і найдинамічніших галузей світового агропромислового комплексу. Вона забезпечує виробництво риби, молюсків, ракоподібних та інших водних організмів у штучно створених або контрольованих умовах. У сучасних умовах аквакультура відіграє важливу роль у забезпеченні населення світу повноцінними продуктами харчування, що містять високоякісний білок, жирні кислоти, вітаміни та мінеральні речовини. Активний розвиток цієї галузі пов'язаний із зростанням населення планети, збільшенням попиту на рибну продукцію та зменшенням можливостей традиційного рибальства у природних водоймах [1-2].

За останні десятиліття аквакультура стала однією з найбільш швидкозростаючих галузей виробництва продовольства у світі. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), у 2022 році світове виробництво продукції рибальства та аквакультури досягло приблизно 223,2 млн тонн, з яких 130,9 млн тонн припадало саме на аквакультуру. Вперше в історії обсяг виробництва риби у рибницьких господарствах перевищив вилов риби у природних водоймах. Аквакультура забезпечує понад 50 % усієї продукції водних тварин, що споживається людством [3-4].

Основним центром розвитку аквакультури є країни Азії, на які припадає близько 70–90 % світового виробництва. Лідером галузі є Китай, який виробляє понад третину світової продукції аквакультури. Значні обсяги виробництва також мають Індія, Індонезія, В'єтнам, Бангладеш та Таїланд. У Європі аквакультура розвинена у Норвегії, Іспанії, Франції, Італії та Греції, де вирощують лососеві, форель, морського окуня та інші види риб [5-6].

Сучасний розвиток аквакультури характеризується впровадженням інноваційних технологій, які дозволяють підвищити продуктивність виробництва та зменшити негативний вплив на довкілля. До таких технологій належать інтенсивні методи вирощування риби, використання

автоматизованих систем годівлі, біофільтрації води, а також застосування рециркуляційних систем аквакультури (RAS). Такі системи дозволяють багаторазово використовувати воду, підтримувати оптимальні параметри середовища та забезпечувати високі темпи росту риби. Важливим напрямом розвитку галузі є також впровадження цифрових технологій, систем моніторингу якості води, автоматизованого контролю температури та вмісту кисню [7-8].

Аквакультура має велике соціально-економічне значення. У світі в галузі рибальства та аквакультури зайнято понад 60 млн осіб, а рибна продукція є важливим джерелом білка для мільярдів людей. Середнє споживання риби у світі постійно зростає і перевищує 20 кг на людину на рік, що свідчить про зростання ролі рибної продукції у харчуванні населення.

В Україні аквакультура також є важливою складовою рибного господарства. Вона включає вирощування риби у ставках, водосховищах, садкових господарствах, а також у сучасних індустріальних установках із замкненим водопостачанням. Основними об'єктами вирощування в Україні є короп, товстолобик, білий амур, карась, форель, осетрові та сом. Найбільш поширеною формою рибництва залишається ставкова аквакультура, де вирощують переважно корошових риб [9-10].

Розвиток аквакультури в Україні має значний потенціал завдяки наявності великої кількості природних і штучних водойм, сприятливих кліматичних умов та багаторічного досвіду рибництва. Загальна площа ставкових господарств становить сотні тисяч гектарів, що створює сприятливі умови для вирощування різних видів риб. Однак галузь стикається з низкою проблем, серед яких недостатній рівень інвестицій, застарілі технології виробництва, недостатній розвиток інфраструктури та обмежене використання сучасних інтенсивних технологій [11-13].

У сучасних умовах одним із перспективних напрямів розвитку української аквакультури є впровадження індустріальних технологій вирощування риби, зокрема рециркуляційних систем аквакультури. Такі

системи дозволяють вирощувати рибу незалежно від природних умов, зменшувати витрати води та підвищувати ефективність виробництва. Крім того, вони дають можливість отримувати рибну продукцію протягом усього року та значно збільшувати щільність посадки риби [14-15].

Таким чином, сучасна аквакультура у світі та в Україні характеризується активним розвитком, зростанням обсягів виробництва та впровадженням новітніх технологій. Вона відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, розвитку економіки та раціональному використанні водних ресурсів. Подальший розвиток галузі пов'язаний із модернізацією виробництва, використанням інноваційних систем вирощування риби та впровадженням екологічно безпечних технологій.

1.2. Біологічна характеристика коропа (*Cyprinus carpio*) як об'єкта аквакультури

Короп є одним із найдавніших і найпоширеніших об'єктів штучного розведення у світовій аквакультурі. Завдяки своїм біологічним особливостям, швидкому росту та добрій пристосованості до різних умов середовища він займає важливе місце у рибницькому господарстві багатьох країн світу, зокрема України. Вирощування коропа має велике економічне значення, оскільки ця риба характеризується високою продуктивністю та користується стабільним попитом серед населення [16-17].

Короп звичайний (*Cyprinus carpio*) належить до ряду коропоподібних (*Cypriniformes*), родини коропових (*Cyprinidae*). Його природний ареал охоплює прісні водойми Європи та Азії, однак завдяки широкому використанню в аквакультурі він був інтродукований у багато країн світу. У природних умовах короп населяє річки, озера, ставки та водосховища з повільною течією або стоячою водою [18-19].

Тіло коропа масивне, видовжене, дещо стиснуте з боків. Воно вкрите великою лускою, хоча існують різні форми коропа, які відрізняються ступенем лускатого покриття (рис. 1). Найбільш поширеними є лускатий,

дзеркальний, рамчастий та голий короп. Голова у коропа велика, рот висувний, що дозволяє йому легко добувати корм із дна водойми. Біля рота розташовані дві пари чутливих вусиків, які виконують функцію органів дотику та допомагають знаходити їжу.

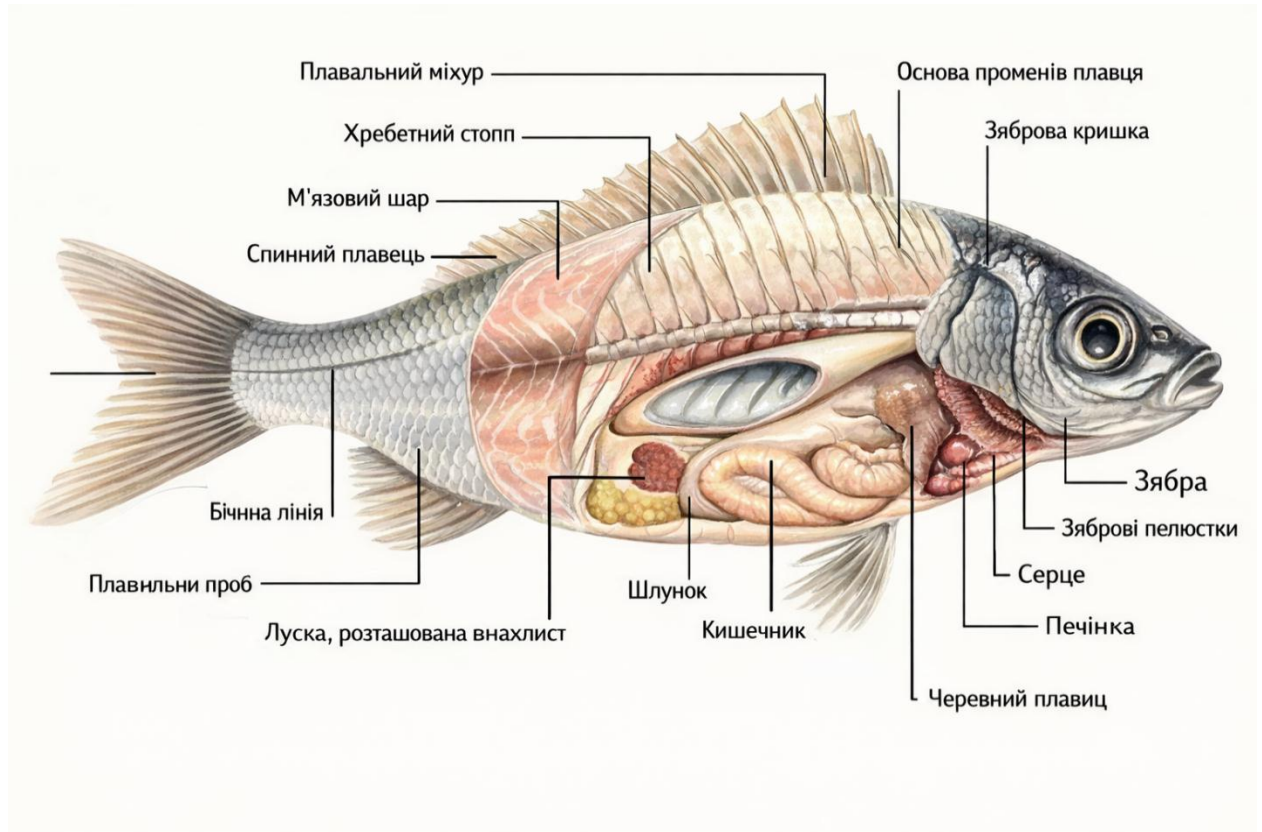


Рис. 1. Будова тіла риби коропа (*Cyprinus carpio*)

Короп є типовою донною рибою. Основну частину часу він проводить у придонних шарах води, де шукає корм. У природних умовах він живиться різноманітними організмами, серед яких личинки комах, молюски, ракоподібні, черви, водорості та рослинні рештки. У штучних умовах вирощування короп добре споживає комбікорми, що робить його зручним об'єктом інтенсивного рибництва [20-21].

Однією з важливих біологічних особливостей коропа є його здатність швидко рости. За сприятливих умов вирощування однорічні особини можуть досягати маси 300–500 г, а дворічні — 1–1,5 кг і більше. Швидкість росту значною мірою залежить від температури води, якості корму, щільності посадки та загальних умов утримання [22-23].

Короп належить до теплолюбних риб. Оптимальна температура води для його росту становить приблизно 20–28 °С. За температури нижче 10 °С активність риби значно знижується, а за температури близько 4 °С вона переходить у стан майже повного спокою. У зимовий період коропа знижують рухливість і практично не живляться [24-25].

Щодо вмісту кисню у воді коропа є досить витривалим видом. Він може переносити відносно низькі концентрації розчиненого кисню у воді порівняно з багатьма іншими видами риб. Оптимальний рівень розчиненого кисню для нормального росту становить приблизно 5–7 мг/л, хоча короткочасно коропа може витримувати і нижчі показники [26-27].

Статевої зрілості коропа зазвичай досягає у віці 3–5 років залежно від кліматичних умов. Нерест відбувається навесні або на початку літа, коли температура води підвищується до 17–20 °С. Ікрометання відбувається на мілководних ділянках водойм із густою водною рослинністю, до якої прикріплюється ікра. Плодючість коропа досить висока: одна самка може відкласти від кількох сотень тисяч до кількох мільйонів ікринок [28-29].

Важливою перевагою коропа як об'єкта аквакультури є його висока адаптивність до різних умов утримання. Він добре переносить коливання температури, зміни якості води та відносно високу щільність посадки. Саме ці властивості роблять коропа зручним для вирощування як у традиційних ставкових господарствах, так і у сучасних інтенсивних системах, включаючи рециркуляційні системи аквакультури.

Крім біологічних переваг, коропа має велике господарське значення. Його м'ясо характеризується хорошими смаковими якостями, високим вмістом білка та поживних речовин. Завдяки цьому коропа є одним із найбільш популярних видів риби на ринку прісноводної рибної продукції.

Таким чином, коропа є важливим об'єктом сучасної аквакультури. Його біологічні особливості, швидкий ріст, невибагливість до умов середовища та висока продуктивність роблять цю рибу перспективною для

виращування у різних системах рибництва, у тому числі із застосуванням сучасних технологій рециркуляційного водопостачання.

1.3. Біологічна та поживна цінність коропа (*Cyprinus carpio*).

Короп (*Cyprinus carpio*) має високу біологічну та поживну цінність: він багатий на білки (понад 17 г на 100 г), містить корисні жири, мінімум вуглеводів і є джерелом вітамінів та мінералів. Це дієтична риба з невисокою калорійністю (близько 112 ккал на 100 г сирого продукту), яка позитивно впливає на обмін речовин, стан шкіри, волосся та серцево-судинну систему.

Біологічна цінність коропа

Білки: 17,6 г на 100 г продукту. Це повноцінні білки з усіма незамінними амінокислотами, необхідними для росту та відновлення тканин.

Жири: близько 5 г, серед яких є поліненасичені жирні кислоти (омега-3 та омега-6), що підтримують роботу серця та судин.

Вуглеводи: практично відсутні (0,03 г), що робить коропа придатним для низьковуглеводних дієт.

Вітаміни: групи В (В1, В2, В6, В12), які беруть участь у роботі нервової системи та кровотворенні; вітамін А для зору та шкіри; вітамін Е як антиоксидант.

Мінерали: калій, фосфор, магній, залізо, цинк, йод. Вони важливі для м'язів, кісток, щитовидної залози та імунітету (табл. 1).

Таблиця 1

Калорійності та поживна цінність м'яса коропа (на 100 г сирого м'яса)

Показник	Значення
Калорійність	112–116 ккал
Білки	17,6 г
Жири	5,0 г
Вуглеводи	0,03 г
Енергетична цінність	485 кДж

Калорійність після приготування. Варений короп – 102 ккал, запечений – 124 ккал, смажений – 196 ккал.

Користь для організму. Серцево-судинна система: омега-3 жирні кислоти знижують ризик атеросклерозу. Обмін речовин: сприяє нормалізації рівня цукру в крові та роботи щитовидної залози. Краса та здоров'я: покращує стан волосся, нігтів і шкіри. Імунітет: білки та мікроелементи підтримують захисні функції організму [30].

Можливі обмеження. Дрібні кістки можуть бути небезпечними для дітей та літніх людей. Алергія, як і інші риби, може викликати індивідуальну непереносимість. Жирність, хоча короп не надто жирний, у смаженому вигляді калорійність значно зростає.

Короп є важливим представником прісноводних риб, який має високу біологічну та поживну цінність. Його м'ясо містить повноцінні білки з усіма незамінними амінокислотами, корисні жири з омега-3 та омега-6 кислотами, а також комплекс вітамінів (А, Е, групи В) і мінералів (калій, фосфор, магній, залізо, цинк, йод). Завдяки цьому короп сприяє нормалізації обміну речовин, підтримує роботу серцево-судинної та нервової системи, зміцнює імунітет і позитивно впливає на стан шкіри, волосся та нігтів [31-32].

З поживної точки зору, короп є дієтичним продуктом із невисокою калорійністю, що робить його придатним для різних типів харчування, включно з лікувально-профілактичними дієтами. Найбільшу користь він приносить у вареному чи запеченому вигляді, адже при смаженні калорійність значно зростає.

Отже, короп — це цінний дієтичний продукт, який поєднує високу біологічну цінність білків із корисними жирами та мінералами. Найкраще його вживати у вареному чи запеченому вигляді, щоб зберегти користь і уникнути надлишкових калорій.

Розділ 2. Матеріал, методика, місце та умови проведення досліджень

2.1 Місце та умови проведення досліджень

2.1.1 Короткі відомості про підприємство

Навчальна лабораторія аквакультури Поліського національного університету є структурним підрозділом факультету ветеринарної медицини та тваринництва й належить до освітньої інфраструктури університету. Вона призначена для практичної підготовки студентів за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» на рівні бакалавра та магістра.

Лабораторія розташована на першому поверсі університету за адресою: м. Житомир, Старий бульвар, 7. Вона обладнана установкою замкнутого водопостачання (УЗВ) малої продуктивності, що дозволяє моделювати процеси вирощування коропоподібних риб у контрольованих умовах. Лабораторія забезпечує проведення занять з біології риб, водної хімії, мікробіології, технології годівлі, моніторингу параметрів середовища та оцінки продуктивності.

До обладнання лабораторії належать:

- рибні басейни з системою циркуляції води;
- механічні та біологічні фільтри;
- аераційні установки та оксигенатори;
- автоматичні годівниці з програмованим режимом подачі корму;
- сенсори для вимірювання температури, рН, розчиненого кисню, амонійних та нітритних сполук;
- освітлювальні системи з таймерами для регулювання фотоперіоду;
- лабораторні тест-набори для аналізу якості води;
- мікроскопи для мікробіологічних досліджень;
- електронні ваги для зважування риби;
- комп'ютерне обладнання з програмним забезпеченням для збору, обробки та візуалізації даних (рис. 2).



Рис. 2. Обладнання лабораторії аквакультури Поліського національного університету

Лабораторія аквакультури Поліського національного університету створена та функціонує відповідно до вимог сучасних освітньо-наукових програм і є важливим елементом освітньої та науково-дослідної інфраструктури університету. Її діяльність спрямована на комплексне формування професійних компетентностей студентів, розвиток практичних навичок у сфері аквакультури, а також забезпечення умов для проведення науково-дослідних робіт і студентських проєктів.

Лабораторія виконує роль міждисциплінарної навчально-дослідної платформи, яка поєднує теоретичну підготовку студентів з практичним освоєнням технологій сучасного рибництва та аквакультури. Вона створює всі необхідні умови для проведення лабораторних занять, виконання курсових та кваліфікаційних робіт, а також для реалізації студентських

наукових і прикладних досліджень. Завдяки наявності сучасного високотехнологічного обладнання лабораторія дозволяє моделювати весь цикл вирощування риби — від інкубації і вирощування мальків до досягнення рибою товарної маси. При цьому забезпечується повний контроль над усіма критично важливими параметрами водного середовища, що включає температуру, концентрацію кисню, рівень амонійних і нітритних сполук, рН та інші фізико-хімічні показники.

Особлива увага в лабораторії приділяється розвитку у студентів компетентностей у різних міждисциплінарних напрямках. Серед них — біотехнології, гідробіологія, екологія, ветеринарний контроль здоров'я водних організмів, а також сталий і раціональний менеджмент водних ресурсів. Таким чином, лабораторія забезпечує студентам не лише практичні навички, необхідні для ефективного ведення сучасної аквакультури, але й глибоке розуміння екологічних, технологічних та біологічних процесів, що відбуваються у водних системах.

В результаті навчання і роботи в лабораторії студенти отримують можливість повністю зануритися в процес сучасного рибництва, оволодіти методами контролю якості води та догляду за рибою, навчитися проводити наукові експерименти та аналізувати отримані дані за допомогою комп'ютерних технологій. Це створює міцну базу для їх подальшої професійної діяльності як у науковій сфері, так і в практичному аквакультурному виробництві.

2.2. Матеріал і методика дослідження

Дослідження проведені в умовах в лабораторії аквакультури Поліського національного університету за схемою рис. 3.

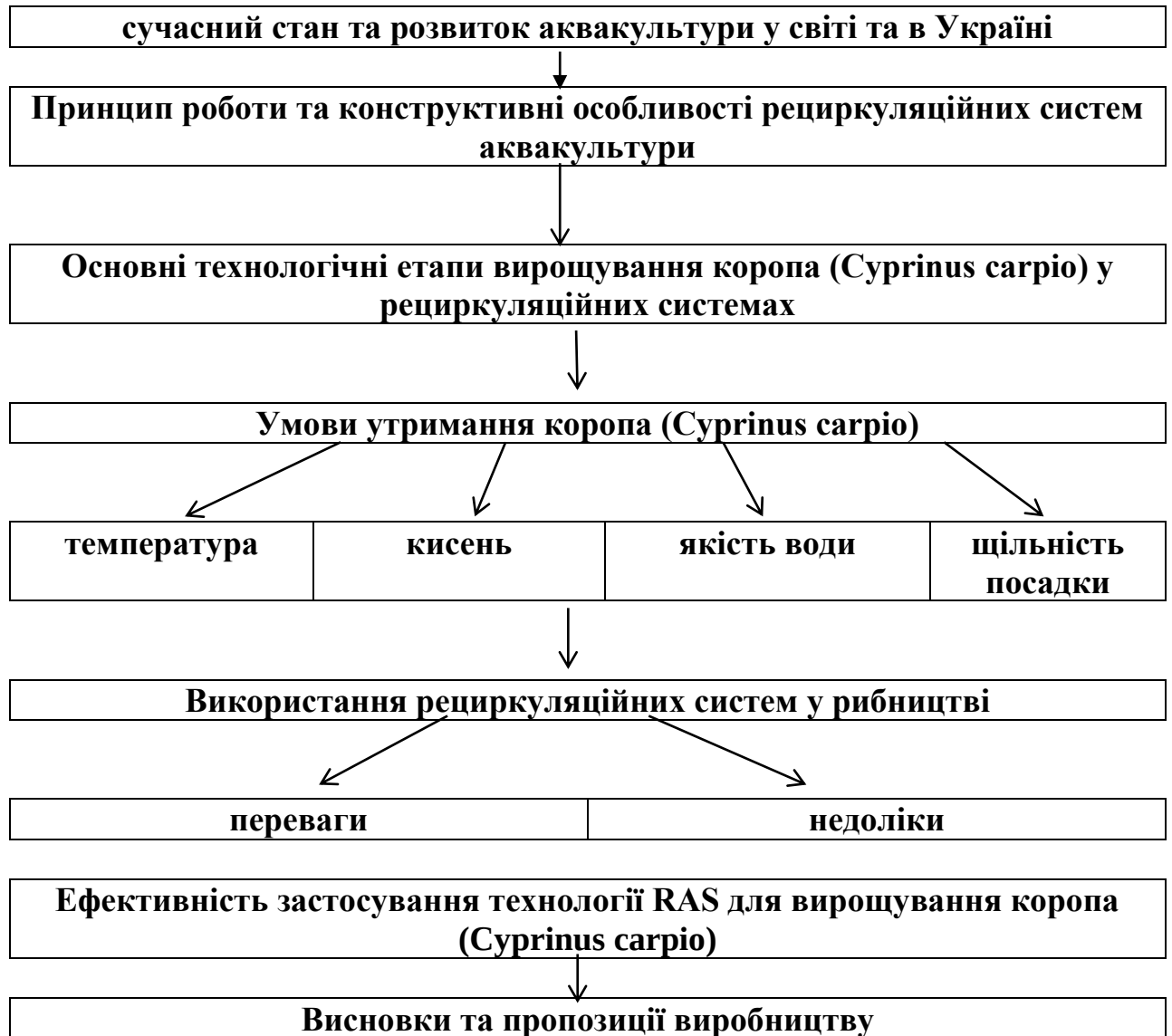


Рис. 3. Схема проведення досліджень

Об'єктом дослідження є процес вирощування коропа в умовах рециркуляційних систем аквакультури.

Предметом дослідження є технологічні особливості, умови та ефективність вирощування коропа із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури.

Метою роботи є дослідження технології вирощування риби із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури, а також оцінка ефективності їх використання у сучасному рибництві.

Для досягнення цієї мети було визначено ряд завдань, зокрема:

1. Проаналізувати сучасний стан та розвиток аквакультури у світі та в Україні.
2. Розглянути принцип роботи та конструктивні особливості рециркуляційних систем аквакультури.
3. Дослідити основні технологічні етапи вирощування коропа (*Cyprinus carpio*) у рециркуляційних системах.
4. Визначити оптимальні умови утримання коропа (*Cyprinus carpio*) (температура, кисень, якість води, щільність посадки).
5. Оцінити переваги та недоліки використання рециркуляційних систем у рибництві.
6. Провести аналіз ефективності застосування технології RAS для вирощування коропа (*Cyprinus carpio*).
7. Запропонувати практичні рекомендації виробництву.

Розділ 3. Результати досліджень

3.1. Принцип роботи та конструктивні особливості рециркуляційних систем аквакультури.

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) — це технологічні комплекси, що дозволяють вирощувати рибу або інші водні організми в замкнутому циклі води з мінімальними втратами. Основна мета RAS — підтримання оптимальних умов середовища та високої якості води при максимальній економії ресурсів.

Принцип роботи рециркуляційних систем. Основний принцип RAS полягає в безперервній фільтрації та повторному використанні води.

Основні етапи роботи:

Виробництво та утримання води в господарській ємності. Риба міститься у басейнах або резервуарах з певним обсягом води. Вода тут насичена киснем і підтримує необхідні фізико-хімічні параметри (температура, рН, твердість, концентрація амонію).

Видалення органічних забруднень здійснюється механічною фільтрацією, тобто система видаляє великі частки корму, екскременти, детрит. Зазвичай застосовують сітчасті фільтри, барабанні сита або гравітаційні відстійники [33-34].

Біологічна очистка (біофільтрація). Амоній (NH_4^+), що виділяється рибою, перетворюється бактеріями на нітрати (NO_3^-) через процес нітрифікації. Використовують біофільтри з великим об'ємом поверхні для колоній нітрифікуючих бактерій (наприклад, медіа з пористого пластику або кераміки).

Хімічна та фізична обробка води. Дезінфекція — видалення патогенних мікроорганізмів. Найчастіше застосовують ультрафіолетове (УФ) опромінення або озонування. Корекція хімічних параметрів — додавання солей, регулювання рН, підтримка буферності [35].

Аерація та контроль газового складу. Підтримка концентрації розчиненого кисню за допомогою компресорів, розпилювачів або мембранних аераторів, видалення надлишкового CO_2 та інших газів.

Рециркуляція води. Після обробки вода повертається у басейни для повторного використання. Система працює циклічно, що значно знижує витрату води (до 90–95% економії порівняно з проточними системами).

Конструктивні особливості RAS (рис. 4).

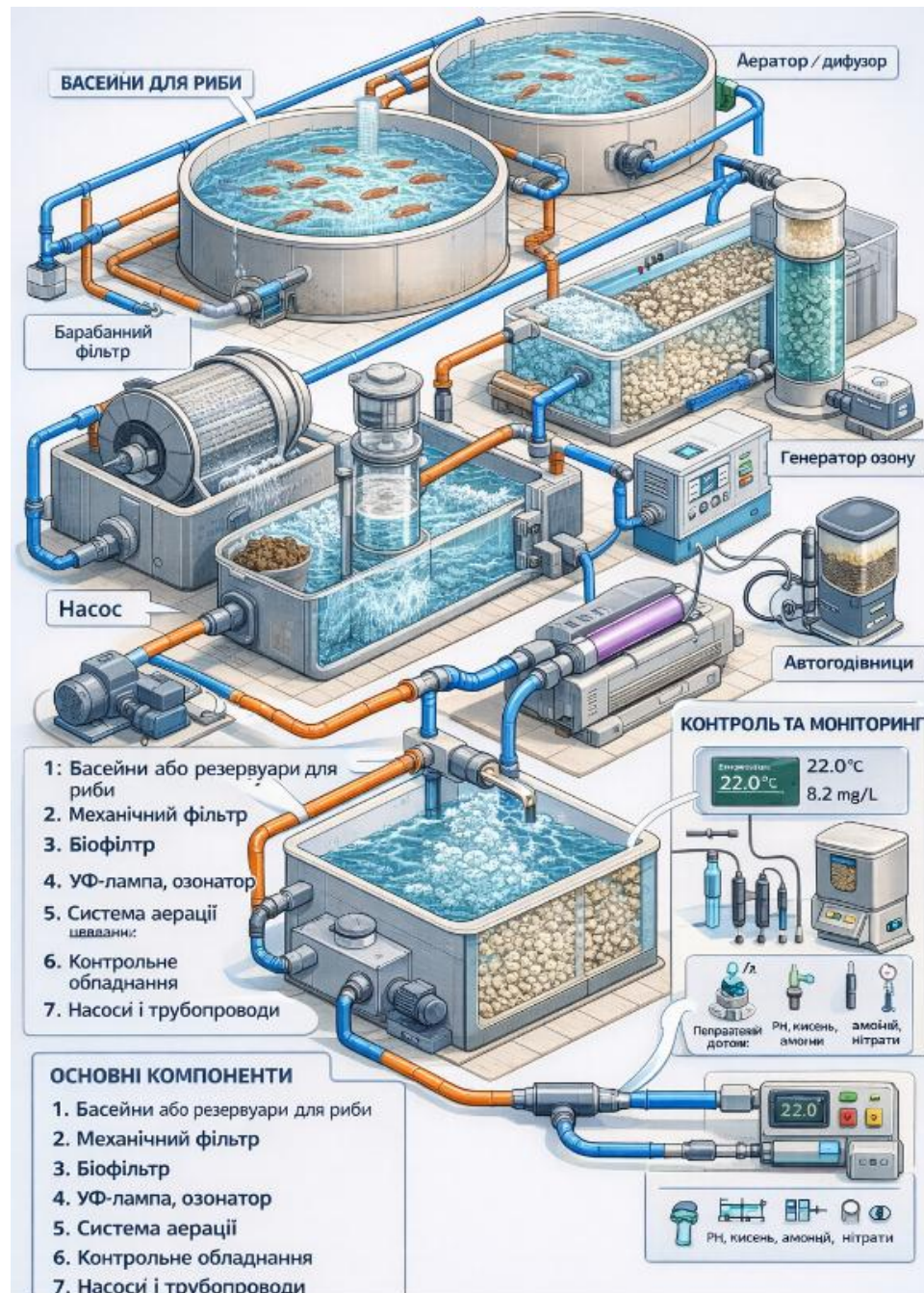


Рис. 4. Рециркуляційна система аквакультури

На рисунку 3 зображено рециркуляційна система аквакультури.

Басейни або резервуари для риби мають оптимальну форму (круглі або прямокутні), щоб уникати застійних зон. Оснащені системами аерації та перемішування води.

Механічні фільтри - сітчасті або барабанні фільтри, вони видаляють тверді частки. Відстійники використовуються для седиментації (осадження зважених часток).

Біофільтри надають велику площу для колоній бактерій. Можуть бути вертикальними, касетними або мультиблоковими.

Системи аерації і газообміну, це компресори, дифузори, повітряні камери для насичення киснем та видалення CO₂.

Дезінфекційні модулі, це УФ-лампи або озонові генератори. Використовуються для знищення патогенів та контролю водної мікрофлори.

Контролери та датчики для постійного моніторингу температури, рН, рівня кисню, амонію та нітратів, автоматичне управління насосами, аераторами, підігрівом та фільтрацією [36].

Насоси та трубопроводи забезпечують циркуляцію води між басейнами та фільтраційними модулями, можливе зонування потоків для різних груп риби.

Переваги рециркуляційних систем. Економія води (до 90–95%), контроль якості води і середовища, можливість вирощування у закритих приміщеннях незалежно від клімату, зменшення ризику захворювань, підвищення щільності посадки риби.

3.2. Основні технологічні етапи вирощування коропа (*Cyprinus carpio*) у рециркуляційних системах лабораторії аквакультури.

Підготовка лабораторної установки та водного середовища. У навчальних лабораторіях аквакультури, як у Поліському національному університеті, рециркуляційні системи встановлюють у спеціально обладнаних приміщеннях. Перед початком вирощування риби проводять

комплексну підготовку обладнання: перевіряють працездатність насосів, аераторів, механічних і біофільтрів, освітлювальних систем та датчиків контролю параметрів води.

Далі налагоджують оптимальні фізико-хімічні характеристики води: температуру, концентрацію розчиненого кисню, рН, жорсткість та рівень амонію і нітритів. Обов'язковою процедурою є дезінфекція системи за допомогою УФ-ламп або озонування для усунення потенційно шкідливих мікроорганізмів [37].

Інкубація ікри. Підготовлену воду використовують для інкубації заплідненої ікри коропа. Ікринки поміщають у спеціальні резервуари або інкубатори з контрольованим потоком води. Температурний режим зазвичай підтримується в межах 20–25°C для забезпечення нормального розвитку ембріонів. Під час інкубації регулярно перевіряють стан ікри та видаляють неоплодотворені або пошкоджені екземпляри, щоб запобігти поширенню інфекцій і погіршенню якості води.

Вирощування мальків. Після завершення ембріонального розвитку молодь переселяють у спеціальні басейни рециркуляційної системи. Щільність посадки мальків визначають залежно від розміру риби та параметрів води, збільшуючи її поступово у міру росту. Мальків годують високоякісним кормом, часто за допомогою автоматичних годівниць із програмованим режимом подачі. Важливо продовжувати моніторинг ключових параметрів води, таких як концентрація кисню, рівень амонію і нітритів, температура та рН.

Відгодівля до товарної маси. На цьому етапі рибу переселяють у більш місткі басейни для підростання. Важливо забезпечити регулярне годування та контроль росту, а також підтримку високої якості води через біофільтри та механічні фільтри. Залишки корму і відходи життєдіяльності риби видаляють для запобігання накопиченню токсичних речовин.

Моніторинг і контроль. Протягом всього циклу вирощування здійснюють постійний контроль водного середовища та стану риби. Датчики

вимірюють температуру, рН, рівень кисню, амонійні та нітритні сполуки. Проводять візуальний контроль поведінки риби, профілактичні ветеринарні заходи та своєчасну корекцію раціону [38].

Підготовка до реалізації або транспортування. Коли риба досягає товарної маси, її відбирають та тимчасово утримують у спеціальних резервуарах із оптимальними умовами водного середовища. Проводять контроль фізіологічного стану та маси риби перед транспортуванням або продажем.

Освітньо-методичні аспекти. У лабораторії студенти мають можливість практично освоїти весь цикл вирощування коропа — від інкубації до товарної маси, ознайомитися з роботою механічних і біофільтрів, системами аерації, автоматичними годівницями, датчиками моніторингу параметрів води та методами контролю здоров'я риби. Це забезпечує комплексне навчання, поєднуючи біологічні, технологічні та екологічні аспекти сучасної аквакультури [39].

Даний навчально-методичний підхід дозволяє студентам отримати глибокі знання та практичні навички у вирощуванні коропа в замкнутій рециркуляційній системі, а також підготуватися до наукових досліджень і роботи у промислових умовах аквакультури.

3.3. Оптимальні умови утримання коропа (*Cyprinus carpio*) (температура, кисень, якість води, щільність посадки).

Температура. Оптимальна температура води для вирощування коропа коливається в межах 22–28°C. Для інкубації ікри температура зазвичай 20–25°C. Молодь і мальки добре ростуть при 24–26°C, а під час відгодівлі товарної риби ефективніше підтримувати 26–28°C. Температура нижче 15°C значно сповільнює ріст, а понад 32°C може викликати стрес і загибель риби.

Рівень кисню. Розчинений кисень у воді повинен становити не менше 5 мг/л, а ідеальний рівень для росту та відгодівлі — 7–9 мг/л. При рівні

кисню нижче 3 мг/л можливе пригнічення апетиту та розвиток гіпоксії. Для підтримки оптимального кисневого режиму використовують аератори, оксигенатори та інтенсивну циркуляцію води.

Якість води. рН — оптимальний діапазон 6,5–8,5.

Амоній ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$) — бажано $\leq 0,5$ мг/л, токсичний рівень > 1 мг/л.

Нітрити (NO_2^-) — $\leq 0,1$ мг/л; високий рівень призводить до інтоксикації риби.

Нітрати (NO_3^-) — ≤ 50 мг/л; більш високі концентрації можуть пригнічувати ріст.

Жорсткість води — оптимально 50–200 мг-екв/л.

Турбулентність та прозорість — достатня циркуляція води сприяє рівномірному насиченню киснем і підтримці чистоти водного середовища.

Таблиця 2

Оптимальними умовами утримання коропа (*Syrpinus carpio*) у рециркуляційних системах

Параметр	Оптимальні значення	Коментарі
Температура води	22–28°C	Ідеально: 24–26°C для мальків, 26–28°C для відгодівлі товарної риби
Розчинений кисень	7–9 мг/л	Мінімум 5 мг/л, нижче 3 мг/л — ризик гіпоксії
рН	6,5–8,5	Занадто кисла або лужна вода пригнічує ріст
Амоній ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$)	$\leq 0,5$ мг/л	>1 мг/л токсично для риби
Нітрити (NO_2^-)	$\leq 0,1$ мг/л	Високі рівні призводять до інтоксикації
Нітрати (NO_3^-)	≤ 50 мг/л	Вищі концентрації можуть уповільнювати ріст
Жорсткість води	50–200 мг-екв/л	Забезпечує стабільність фізико-хімічних параметрів
Щільність посадки	Мальки: 5–15 шт./л	Відгодівля: 3–5 кг/м ³ , товарна риба: 15–20 кг/м ³
Примітки до щільності	-	Надмірна щільність призводить до стресу, зниження апетиту та ризику хвороб

Щільність посадки. На етапі вирощування мальків рекомендується 5–15 шт. на літр води. На етапі відгодівлі підростаючої риби щільність зменшується до 3–5 кг/м³. Для товарної риби у великих рециркуляційних басейнах щільність може досягати 15–20 кг/м³, залежно від ефективності фільтрації та аерації. Надмірна щільність призводить до стресу, зниження апетиту, сповільнення росту і підвищеного ризику захворювань (табл. 2).



Рис. 5. Оптимальні умови утримання коропа (Cyprinus carpio)

Ці параметри дозволяють підтримувати здоров'я риби, оптимальний ріст та ефективне використання ресурсів у рециркуляційних системах.

3.4. Оцінити переваги та недоліки використання рециркуляційних систем у рибництві.

Рециркуляційні системи аквакультури (RAS) є сучасним і високоефективним методом вирощування риби, який застосовується як у лабораторних умовах, так і на промислових підприємствах. Їх головна особливість полягає у повторному використанні води та контролі всіх ключових параметрів середовища, що дозволяє підтримувати стабільний ріст риби та високу продуктивність.

Переваги RAS (табл. 3)

Економія водних ресурсів. У рециркуляційних системах до 90–95% води використовується повторно, що суттєво знижує витрати води порівняно з традиційними проточними ставками. Це особливо важливо у регіонах з обмеженим доступом до природних водних ресурсів.

Повний контроль умов середовища. RAS дозволяють підтримувати оптимальні параметри води: температуру, рН, концентрацію кисню, рівень амонійних та нітритних сполук. Наприклад, у лабораторних умовах можна імітувати різні температурні режими для дослідження росту мальків коропа або впливу стресових факторів на рибу.

Підвищення продуктивності. Завдяки контролю умов і щільності посадки можна вирощувати більшу кількість риби на одиницю об'єму води. У промислових системах це дозволяє отримати стабільний товарний вихід протягом року.

Зменшення ризику захворювань. Відсутність прямого контакту з відкритими водоймами мінімізує занесення паразитів і патогенів. Дезінфекційні заходи (УФ-лампи, озонування) додатково підвищують безпеку та знижують використання антибіотиків.

Вирощування незалежно від клімату і сезонності. У закритих приміщеннях можливо контролювати температуру, освітлення та фотоперіод, що дозволяє вирощувати рибу протягом року. У лабораторіях це дає змогу проводити навчальні та дослідні експерименти без залежності від погодних умов.

Навчально-дослідний потенціал. RAS забезпечує можливість моделювання повного циклу вирощування риби, вивчення біофільтрації, біології росту, технології годівлі та моніторингу водного середовища. Студенти можуть на практиці відпрацьовувати методи контролю якості води та здоров'я риби, отримуючи компетентності, необхідні для промислового рибництва [40].

Таблиця 3

Переваги та недоліки використання рециркуляційних систем

Категорія	Опис	Приклади / Коментарі
Переваги	Економія води	Повторне використання до 90–95% води
	Контроль умов середовища	Оптимальні температура, рН, кисень, концентрація амонію і нітритів
	Висока продуктивність	Можливість вирощування більшої кількості риби на одиницю об'єму води
	Зниження ризику захворювань	Відсутність контакту з відкритими водоймами, дезінфекція (УФ, озонування)
	Незалежність від клімату та сезонності	Закрите приміщення дозволяє вирощувати рибу протягом року
	Навчально-дослідний потенціал	Моделювання циклу вирощування, дослідження біофільтрації та технологій годівлі
Недоліки	Високі початкові витрати	Вартість обладнання, насосів, фільтрів, датчиків, автоматичних годівниць
	Складність експлуатації	Потребує кваліфікованого персоналу для контролю параметрів води та налаштувань
	Ризик системного збою	Відмова насоса, фільтра або аератора може призвести до загибелі риби
	Витрати на електроенергію та обслуговування	Постійна робота насосів, аераторів, обігрів басейнів, очищення фільтрів
	Обмежена масштабованість	Масштабування для промислових установ вимагає значних інвестицій і ресурсів

Недоліки RAS (табл. 3)

Високі початкові витрати. Обладнання системи — басейни, насоси, фільтри, аератори, датчики та автоматизовані годівниці — коштує значно більше, ніж традиційне ставкове рибництво. На малих навчальних лабораторіях це може обмежувати масштаби досліджень.

Складність експлуатації. Система потребує високої кваліфікації персоналу для контролю параметрів води та налаштування обладнання. В лабораторіях студенти навчаються правильно оцінювати стан водного середовища та проводити корекційні заходи.

Ризик системного збою. Відмова будь-якого елементу системи (насос, фільтр, аератор) може призвести до швидкого погіршення якості води та загибелі риби. Тому на промислових установках передбачають резервні елементи та автоматичні сигналізації.

Витрати на електроенергію та обслуговування. Постійна циркуляція води, робота аераторів і обігрів басейнів потребують значних енергетичних витрат. Крім того, регулярне очищення фільтрів, технічне обслуговування насосів та систем датчиків вимагає часу і ресурсів.

Обмежена масштабованість. Розширення системи до промислового рівня вимагає значних інвестицій і ретельного планування. Надмірне збільшення щільності посадки без належного контролю може призвести до стресу, зниження росту і масових захворювань.

Отже, рециркуляційні системи аквакультури забезпечують ефективне вирощування риби з високим рівнем контролю за умовами середовища, дозволяють економити воду та знижувати ризик захворювань. Водночас їх використання вимагає значних фінансових і технічних ресурсів, кваліфікованого персоналу та постійного моніторингу. У лабораторних умовах RAS є незамінним інструментом для навчання і досліджень, а в промислових масштабах — перспективним методом отримання високоякісної риби з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

3.5. Аналіз ефективності застосування технології RAS для вирощування коропа (*Cyprinus carpio*).

RAS (Recirculating Aquaculture System) — це система рециркуляційної аквакультури, у якій вода постійно очищується та повторно використовується. У таких системах застосовуються механічні, біологічні та інші типи фільтрації для підтримання оптимальних параметрів водного середовища.

Основні компоненти системи RAS:

- басейни для вирощування риби;
- механічні фільтри (видалення твердих частинок);
- біофільтри (перетворення аміаку в нітрити та нітрати);
- системи аерації або оксигенації;
- ультрафіолетова або озонна дезінфекція;
- системи контролю температури;
- насосні системи циркуляції води.

У системах RAS до 90–99 % води повторно використовується, що значно зменшує потребу у водних ресурсах.

Біологічні особливості коропа (*Cyprinus carpio*). Короп є однією з найпоширеніших видів риби для аквакультури завдяки таким характеристикам: висока адаптивність до умов середовища, швидкий ріст, невибагливість до корму, висока економічна цінність, хороша стійкість до змін параметрів води (табл. 4).

Таблиця 4

Оптимальні параметри для вирощування коропа.

Параметр	Оптимальне значення
Температура	22–28 °C
Розчинений кисень	5–8 мг/л
pH	6,5–8,5
Амоній	<0,02 мг/л
Щільність посадки	40–80 кг/м ³ (у RAS)

Переваги застосування RAS у вирощуванні коропа.

Економія водних ресурсів. У традиційних ставкових господарствах витрачається велика кількість води. У системах RAS повторно використовується майже вся вода, що дозволяє зменшити споживання води на 90–99 %, розміщувати господарства у регіонах із дефіцитом води, знизити витрати на водопостачання.

Висока щільність посадки. У ставкових господарствах щільність становить приблизно 1–2 т/га, тоді як у RAS вона може досягати 60–100 кг/м³. Це дозволяє отримувати значно більшу продукцію на одиницю площі, використовувати невеликі приміщення, організовувати виробництво у міських умовах.

Контроль параметрів середовища. RAS дозволяє точно контролювати температуру води, рівень кисню, концентрацію аміаку, швидкість росту риби. Завдяки цьому скорочується цикл вирощування, зменшується смертність, підвищується біомаса риби.

Цілорічне виробництво. На відміну від ставків, системи RAS можуть працювати незалежно від сезону. Це дає можливість отримувати декілька циклів вирощування на рік, стабілізувати поставки риби на ринок, підвищити прибутковість господарства.

Недоліки та обмеження технології RAS.

Високі капітальні витрати, створення системи RAS потребує значних інвестицій, зокрема обладнання фільтрації, системи аерації, автоматизація, контроль параметрів води. Вартість створення комплексу може становити від 500 до 3000 доларів за м³ виробничого об'єму.

Високе енергоспоживання. Система постійно потребує роботи насосів, аерації, обігріву або охолодження води. Це може становити 20–30 % експлуатаційних витрат.

Високі вимоги до управління. У системах RAS необхідний постійний контроль біофільтрації, концентрації аміаку, кисню, температури. Помилки в управлінні можуть призвести до швидкої загибелі великої кількості риби.

Економічна ефективність вирощування коропа в RAS.**Таблиця 5****Основні економічні показники.**

Показник	Значення
Коефіцієнт конверсії корму (FCR)	1,2–1,8
Вихід продукції	до 100 кг/м ³
Тривалість циклу	6–10 місяців
Рівень виживання	90–95 %

Економічна ефективність залежить від вартості корму, ціни на електроенергію, продуктивності системи, рівня автоматизації (табл. 5).

Екологічні переваги технології.

RAS має значні екологічні переваги, зокрема мінімальний вплив на природні водойми, контроль викидів азоту та фосфору, відсутність ризику втечі риби, зменшення забруднення води. Осади, що утворюються у фільтрах, можуть використовуватися як органічні добрива.

Перспективи розвитку.

Технологія RAS активно розвивається у світі завдяки зростанню попиту на рибну продукцію, обмеженості природних ресурсів, розвитку автоматизації та сенсорних систем.

Отже, застосування технології RAS для вирощування коропа (*Cyprinus carpio*) є ефективним та перспективним напрямком аквакультури. Система дозволяє значно підвищити продуктивність, забезпечити стабільну якість продукції та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Основні переваги це висока щільність вирощування, економія води, контроль умов середовища, можливість цілорічного виробництва.

Разом з тим, впровадження технології потребує значних інвестицій, високої кваліфікації персоналу та стабільного енергозабезпечення. Незважаючи на це, у довгостроковій перспективі RAS може стати одним із ключових методів інтенсивного виробництва риби.

Висновки та пропозиції

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано технологію вирощування риби із застосуванням рециркуляційних систем аквакультури.

1. Рециркуляційні системи аквакультури є перспективною технологією інтенсивного рибництва, що дозволяє значно підвищити ефективність виробництва риби. Використання таких систем створює оптимальні умови для росту та розвитку коропа, забезпечує економію водних ресурсів і дозволяє отримувати стабільні обсяги рибної продукції протягом усього року. Дотримання оптимальних параметрів води, таких як температура, концентрація кисню, рівень кислотності та вміст азотистих сполук, є важливою умовою успішного функціонування рециркуляційних систем і високої продуктивності рибницьких господарств.

2. Проведений аналіз наукової літератури та сучасних джерел показав, що рециркуляційні системи аквакультури є одним із найперспективніших напрямів розвитку інтенсивного рибництва. Використання таких систем дозволяє значно зменшити споживання водних ресурсів, підвищити продуктивність господарств та забезпечити стабільне виробництво рибної продукції незалежно від природних умов.

3. Розглянуто принцип роботи та конструктивні особливості рециркуляційних систем аквакультури. Встановлено, що ефективність функціонування RAS забезпечується комплексною взаємодією основних елементів системи, до яких належать басейни для утримання риби, механічні та біологічні фільтри, системи аерації або оксигенації, установки для знезараження води, а також насосне обладнання для циркуляції води. Завдяки багаторівневій системі очищення вода може багаторазово використовуватися у виробничому процесі.

4. Досліджено основні технологічні етапи вирощування коропа (*Cyprinus carpio*) у рециркуляційних системах. Встановлено, що технологічний процес включає підготовку системи, запуск біофільтрації,

зариблення, адаптацію молоді риби до умов утримання, організацію годівлі, постійний контроль параметрів водного середовища, а також моніторинг росту та стану риби. Правильна організація цих етапів забезпечує високу виживаність та швидкі темпи росту риби.

5. Визначено оптимальні умови утримання коропа (*Cyprinus carpio*) у системах RAS. Найбільш сприятливою для росту риби є температура води у межах 22–28 °C, концентрація розчиненого кисню не менше 5 мг/л, рівень pH у межах 6,5–8,5, а також низький вміст токсичних сполук азоту (аміаку та нітритів). За таких умов забезпечується нормальний обмін речовин, активне споживання корму та інтенсивний ріст риби.

6. Проведено оцінку переваг та недоліків використання рециркуляційних систем у рибництві. До основних переваг належать значна економія водних ресурсів, можливість цілорічного виробництва риби, висока щільність посадки, ефективний контроль умов вирощування та зниження негативного впливу на довкілля. Разом із тим, до недоліків можна віднести високі початкові інвестиційні витрати, значне енергоспоживання та необхідність постійного технологічного контролю за параметрами системи.

7. Проведений аналіз ефективності застосування технології RAS для вирощування коропа (**Cyprinus carpio**) показав, що використання таких систем дозволяє значно підвищити інтенсивність виробництва риби та отримувати високі показники продуктивності. Завдяки можливості підтримання оптимальних параметрів середовища досягається високий рівень виживаності риби, покращується коефіцієнт конверсії корму та скорочується тривалість виробничого циклу.

8. Отримані результати свідчать про те, що впровадження рециркуляційних систем аквакультури у виробництво коропа є економічно доцільним та екологічно безпечним напрямом розвитку сучасного рибництва. Використання технології RAS сприяє підвищенню ефективності виробництва, раціональному використанню природних ресурсів та забезпеченню стабільного отримання якісної рибної продукції.

Список використаних джерел

1. Бусенко О. Т. та ін. Технологія виробництва продукції тваринництва: Підручник О. Т. Бусенко, В. Д. Столюк, М. В. Штомпель та ін.; За ред. О. Т. Бусенка. К.: Аграрна освіта, 2001. 432 с.
2. Бойко О.М. Аквакультура коропоподібних: Підручник. К.: НАУ, 2022. 320 с.
3. Алимов С. І. Рибне господарство України: стан і перспективи: підручник. Київ: Вища освіта, 2003. 336 с.
4. Андрющенко А. І. Технологія виробництва продукції аквакультури: навч. посіб. Київ, 2006. 336 с.
5. Андрющенко А. І., Алимова С. І. Ставовє рибництво: підручник. Київ : Видавничий центр НАУ, 2008. 636 с.
6. Гарнаженко Ю. А. Аналіз імпорту рибо- та морепродуктів в Україні. Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького. 2014. Вип. 59. С. 275–280.
7. Гринжєвський М. В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти). Львів : Вільна Україна, 1998. 365 с.
8. Гринжєвський М. В. Аквакультура України: стан та перспективи розвитку. Вісник аграрної науки. 2002. Випуск 4. С. 34–38.
9. Давидов О. М. Основи ветеринарно-санітарного контролю у рибництві : посібник. Київ : Фірма "Інкос", 2004. 144 с.
10. Давидов О.М. Сучасні аспекти оздоровлення риб в аквакультурі. Київ: інститут зоології НАН України, 1998. 112 с.
11. Безпека і якість виробництва та переробки продукції тваринництва: навч. посібник за науковою редакцією Славова В.П. та Коваленко О.В. Славова В.П., Коваленко О.В., Дідух М.І. [та ін.]. Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2018. 184 с.
12. Крафтові технології виробництва продукції тваринництва : навчальний погсібник / Т.І. Ковальчук, А.О. Філінська, С.К. Павлюк, В.З. Трохименко, Т.В. Вербельчук, С.П. Вербельчук. Житомир : Вид-во ФОП Худяков О.В., 2025. 232 с.
13. Інноваційні технології переробки тваринницької сировини та виробництва харчових продуктів: навчальний посібник. Славова В.П.,

Коваленко О.В. та ін. за заг.ред. В.П.Славова, О.В.Коваленко, Житомир: Вид-во ЖДУ ім.І.Франка, 2019.356с.

14. Інноваційні технології виробництва продукції тваринництва : навчальний посібник / Т.В. Вербельчук, С.П. Вербельчук, О.О. Лавринюк, Альона Л. Шуляр, О.В. Лісогурська, С.К. Павлюк, Т.І. Ковальчук, В.З. Трохименко, В.В. Кобернюк, Аліна Л. Шуляр, В.П. Ткачук. Житомир : Поліський національний університет, 2025. 430 с.

15. Дітрів І. В. Тенденції і перспективи світового ринку риби та морепродуктів. Вісник Миколаївського національного університету ім. В.О. Сухомлинського. 2014. Вип. 2. С. 62–65.

16. Довідник рибовода : підручник. / П. Т. Галасун та ін. Київ, 1985. 184 с.

17. Інтенсивне рибництво: зб. інструктивно-технологічної документації/ редкол.: П. М. Марценюк. Київ: Аграрна наука, 1995. 186 с.

18. Технології виробництва об'єктів аквакультури / Андрющенко А. І., Алимов С. І., Захаренко М. О., Вовк Н. І. Київ: Вища освіта, 2006. 336 с.

19. Фізіологія риб : підручник. / П. А. Дехтяров та ін. Київ: Вища школа, 2001. 128с.

20. Шерман І. М., Євтушенко М. Ю. Теоретичні основи рибництва: підручник. Київ: Фітосоціоцентр, 2012. 484 с.

21. Crandall K. A., Buhay J.E. Global diversity of crayfish in freshwater. *Hydrobiologia*. 2008. Vol. 595, № 1. P. 295-301.

22. Dammannagoda L. K., Hurwood D. A., Mather P.B. Effects of soluble dietary cellulose on specific growth rate, survival and digestive enzyme activities in three freshwater crayfish (*Cherax*) species. *Aquaculture Research*. 2015. Vol. 46, №3. P. 626–636. URL: <https://doi.org/10.1111/are.12209> (date of access: 17.05.2024).

23. Ковбасенко В.М. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва: Навчальний посібник в двох томах. Київ: Фірма "Інкос". 2005 416 с.

24. Технологія переробки продукції тваринництва : навчальний посібник / Ковальчук Т.І., Вербельчук Т.В., Трохименко В.З., Вербельчук С.П., Дідух М.І. Житомир : Поліський університет, 2023. 250 с.

25. Трохименко В.З., Ковальчук Т.І., Захарін В.В., Безверха Л.М. Управління якістю тваринницької сировини. Вісник СНАУ. Серія «Тваринництво» 2023. Вип. 1 (52), 2023. С. 51-58.

26. Екологічні основи формування функціональної системи безпеки і якості харчової сировини: навчальний посібник./ Славов В. П., Коваленко О. В., Данчук Л. П., Ковальчук Т. І., Дідух М. І., Біденко В. М., Вербельчук С. П., Трохименко В. З., Кальчук Л. А.; за заг.ред. В. П.Славова, О. В. Коваленко, Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2021. 201 с.

27. Технологія переробки продукції тваринництва : навчальний посібник / Ковальчук Т. І., Вербельчук Т. В., Трохименко В. З., Вербельчук С. П., Дідух М. І. Житомир : Поліський університет, 2023. 249 с.

28. Безпека та якість продукції тваринництва: навч. посіб. / Павлюк С. К., Трохименко В. З., Ковальчук Т. І., Вербельчук Т. В., Вербельчук С. П., Лісогурська О. В., Шуляр Альона Л. Житомир : Поліський національний університет, 2024. 257 с.

29. Інноваційні технології виробництва продукції тваринництва : навчальний посібник / Т.В. Вербельчук, С.П. Вербельчук, О.О. Лавринюк, Альона Л. Шуляр, О.В. Лісогурська, С.К. Павлюк, Т.І. Ковальчук, В.З. Трохименко, В.В. Кобернюк, Аліна Л. Шуляр, В.П. Ткачук. Житомир : Поліський національний університет, 2025. 430 с.

30. Куликівський А., Курсон А. Технологічні рішення для вирощування гідробіонтів у замкнутих системах: досвід з ракоподібними та коропоподібними. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва* : зб. наукових праць V Всеукр. наук.-практ. конф., 18 грудня 2025 р. м. Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 50-51.

31. Сучасні підходи до сертифікації аквакультури: досвід ЄС та перспективи для України / Трохименко В.З., Ковальчук Т.І., Матковська С.

I., Павлюк С.К., Філінська Т.Г. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2025. № 2(18). С134-148. doi.org/10.32782/wba.2025.2.7

32. Акваріумістика та аквадизайн: навч. посібн. / С. І. Матковська, Т. І. Ковальчук, В. З. Трохименко, С. П. Вербельчук, Т. В. Вербельчук, С. К. Павлюк ; за заг. ред. С. І. Матковської. Житомир : Поліський нац. університет, 2026. 300 с.

33. Матковська С. І. First data on box-tree moth seasonal development in the green areas in Zhytomyr./Андреєва О. Ю., Мартинчук І. В., Іванюк Т. М., Матковська С. І., *Forestry and Forest Melioration*, (144); 2024, P. 110–118.

34. Оцінка впливу глибокої омолоджувальної обрізки на стан тополі в урбанізованому середовищі м. Житомир/ С.І. Матковська, Швець М.В. та ін. *Вісник Уманського національного університету садівництва*, 2025. №25. С. 81-87. DOI: 10.32782/2310-0478-2025-1-81-87.

35. Lavryniuk, O., & Matkovska, S. (2025). Current trends and prospects for the development of feed resources in aquaculture. *Scientific Horizons*, 28(10), 21-31. doi.org/10.48077/scihor10.2025.21

36. Іщук О.В., Світельський М.М., Матковська С.І. Слюсар М.В., Ковальчук І.І. Сучасний стан та тенденції розвитку аквакультури ракоподібних / *Український журнал природничих наук*. № 7. 2024. С. 18-24. DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.2>

37. Матковська С.І., Іщук О.В., Ковальчук І.І., Світельський М.М., Слюсар М.В. Сучасні тенденції розвитку декоративної аквакультури / *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. Випуск 135. Частина 2. 2024. С. 215-221. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.27>

38. Moskalets V., Hulko B., Matkovska S., Knyazyuk O. Blackthorn (*prunus spinosa* l.): ecological features of promising forms and the value of the nutrient composition of their fruits for the production of functional products. *Journal of Ekological Engineer*, 2024. 18(4), P. 22–48. <http://publications.lnu.edu.ua/journals/index.php/biology/article/view/4091>

39. Трохименко В., Ковальчук Т., Куликівський А., Курсон А., Посонський А., Павлюк В. Ведення органічного рибництва в зоні Полісся *Органічне виробництво і продовольча безпека: цифрові технології та інновації* : збірник праць учасників XII Міжнародної науково-практичної конференції (15–16 травня 2025 р.). Житомир: Поліський нац. університет, 2025. С. 160-161.

40. Павлюк В. П. Оптимізація технологічних етапів вирощування коропа (*surpinus carpio*) у рециркуляційних аквакультурних системах. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів* : збірник праць учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції (4 червня 2026 р.). Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 191-192.