

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

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КУЛИКІВСЬКИЙ АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 639.375.5

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КОРОПОДІБНИХ В УСТАНОВКАХ
ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ В УМОВАХ НАВЧАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ
АКВАКУЛЬТУРИ ПОЛІСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

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

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

Житомир – 2025

Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри **біоресурсів, тваринництва та аквакультури**
№ ____ від «____» _____ 2025 р.

Завідувач кафедри біоресурсів,
тваринництва та аквакультури

Діна ЛІСОГУРСЬКА

«____» _____ 2025 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Андрій КУЛИКІВСЬКИЙ** захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

Ніна ЛЕБЕДІВСЬКА

Анотація

Куликівський А.М. Технологія вирощування короподібних в установках замкнутого циклу в умовах навчальної лабораторії аквакультури Поліського національного університету – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У кваліфікаційній роботі досліджено технологію вирощування коропоподібних риб в установках замкнутого водопостачання в умовах навчальної лабораторії аквакультури Поліського національного університету. Проведено аналіз біологічних особливостей об'єктів, параметрів водного середовища, технічних характеристик УЗВ та їх впливу на ріст і розвиток риби. Розроблено адаптовану технологічну схему вирощування, визначено оптимальні умови утримання, годівлі та моніторингу. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення навчального процесу, підвищення ефективності лабораторних досліджень та формування практичних навичок у студентів.

Ключові слова: установка замкнутого циклу, коропоподібні, водне середовище, технології вирощування риб, продуктивність.

ANNOTATION

Kulykivskyi A.M. Technology of growing crustaceans in closed-cycle facilities in the conditions of the aquaculture training laboratory of the Polissia National University. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for the master's degree in specialty 207 - Water bioresources and aquaculture. - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work investigated the technology of growing cyprinid fish in closed water supply facilities in the conditions of the aquaculture training laboratory of the Polissia National University. An analysis of the biological features of the objects, parameters of the aquatic environment, technical characteristics of the UZV and their impact on the growth and development of fish was carried out. An adapted technological scheme of cultivation was developed, optimal conditions of maintenance, feeding and monitoring were determined. The results obtained can be used to improve the educational process, increase the efficiency of laboratory research and form practical skills in students.

Keywords: closed-loop system, cyprinids, aquatic environment, fish farming technologies, productivity.

ЗМІСТ

Анотація	3
Вступ	5
Розділ 1. Огляд літератури	8
1.1 Історична довідка та біологічні особливості коропоподібних	8
1.2. Розплідник. Вигодовування коропа звичайного у ставках та резервуарах	12
1.3. Вирощування мальків.	13
1.4. Методи вирощування коропів	14
Розділ 2. Матеріал, методика, місце та умови проведення досліджень.....	18
2.1 Місце та умови проведення досліджень.....	18
2.1.1. Короткі відомості про підприємство	18
2.2 Матеріал та методика проведення досліджень.....	20
Розділ 3. Результати досліджень.....	21
3.1. Класифікація родини Коропоподібних	21
3.2. Сучасні технології вирощування коропоподібних в УЗВ	24
3.3. Оптимальні гідрохімічні та біологічні параметри середовища для вирощування коропоподібних у лабораторних умовах	27
3.4. Розробка та адаптація технологічної схеми вирощування коропоподібних для навчальної лабораторії	31
3.5. Порівняльна оцінка продуктивності та біологічної ефективності вирощування коропоподібних в УЗВ.	33
Висновки та пропозиції	37
Список використаних джерел	39

Вступ

У сучасних умовах глобального зростання попиту на високоякісну рибну продукцію особливого значення набуває розвиток інтенсивних технологій аквакультури, зокрема вирощування риби в установках замкнутого водопостачання (УЗВ). Такі системи дозволяють забезпечити стабільні гідрохімічні параметри, контроль за біобезпекою, ефективне використання водних ресурсів та просторову оптимізацію виробничих площ. Це особливо актуально для регіонів з обмеженим доступом до природних водойм або нестабільними екологічними умовами [1].

Коропоподібні риби, як об'єкти прісноводного рибництва, мають високу адаптивність до умов УЗВ, добрі показники росту та економічну привабливість, що робить їх перспективними для вирощування в освітньо-наукових установах. Впровадження технологій УЗВ у навчальні лабораторії аквакультури сприяє формуванню практичних навичок у студентів, підвищенню якості професійної підготовки та створенню умов для прикладних досліджень [2].

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації промислових технологій до освітнього середовища, оптимізації параметрів вирощування коропоподібних у лабораторних умовах, а також інтеграції сучасних екологічних та технічних рішень у навчальний процес. Це відповідає стратегічним цілям сталого розвитку аквакультури та гармонізації з міжнародними стандартами підготовки фахівців..

Мета дослідження: науково обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність технології вирощування коропоподібних риб в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) в умовах навчальної лабораторії аквакультури, з урахуванням біологічних, технічних та економічних параметрів.

Для досягнення цієї мети було визначено ряд завдань, зокрема:

1. Проаналізувати класифікацію та сучасні технології вирощування коропоподібних в УЗВ.

2. Визначити оптимальні гідрохімічні та біологічні параметри середовища для вирощування коропоподібних у лабораторних умовах.

3. Розробити та адаптувати технологічну схему вирощування коропоподібних для навчальної лабораторії.

4. Провести порівняльну оцінку продуктивності та біологічної ефективності вирощування коропоподібних в УЗВ.

5. Надати рекомендації щодо удосконалення технології з урахуванням освітньо-наукових цілей.

Об'єкт досліджень: процес вирощування коропоподібних риб в умовах установок замкнутого водопостачання..

Предмет досліджень: технологічні параметри, біологічні показники та умови середовища, що впливають на ефективність вирощування коропоподібних в УЗВ у навчальній лабораторії аквакультури.

Основні положення кваліфікаційній роботі викладені у трьох 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. 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.

3. Куликівський А. Технологічні особливості установок замкнутого водопостачання для вирощування коропоподібних. *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.

Структура та обсяг роботи: Робота виконана на 42 сторінках комп'ютерного тексту, містить 14 таблиць, 5 рисунків, бібліографія нараховує 40 літературних джерел.

Розділ 1. Огляд літератури

1.1. Історична довідка та біологічні особливості коропоподібних

Короп був предметом розкоші в середньовіччі та пізньоримський період, а в Середньовіччі його споживали під час посту. Римляни тримали рибу у ставках-сховищах, а пізніше – у рибних ставках, побудованих християнськими монастирями. У цій європейській практиці коропа тримали в монокультурі. Найбільших особин відбирали як племінних риб. З 12-го до середини 14-го століття нашої ери відбувався ненавмисний штучний відбір – перші кроки до одомашнення. Контрольоване напівприродне ставкове розведення та вирощування мальків коропа розпочалося в Європі в 19 столітті. Коропових риб вирощують у Китаї вже понад 2000 років, де їх утримували в незливних ставках. Ставки регулярно зариблювали мальками з річок. Застосовувалася полікультурна технологія вирощування на основі природних кормів. У цій системі розвинулися напіводомашнені породи коропів. Одомашнені коропа останнім часом вирощуються в більшості районів вирощування коропа. У Європі налічується близько 30-35 штамів одомашнених коропів. У Китаї вирощується багато штамів. Існують деякі індонезійські штам коропа, які досі не були науково досліджені та ідентифіковані [3-4].

Біологічні особливості. Тіло видовжене та дещо стиснуте. Губи товсті. Дві пари вусиків під кутом рота, коротші на верхній губі. Основа спинного плавця довга з 17-22 розгалуженими променями та міцним зубчастим шипом спереду; контур спинного плавця увігнутий спереду. Анальний плавець з 6-7 м'якими променями; задній край 3-го спинного та анального плавців з гострими шипиками. Бічна лінія з 32-38 лусками. Колір мінливий, дикий короп коричнево-зелений на спині та верхніх боках, знизу переходить у золотисто-жовтий. Плавці темно-сині, знизу з червонуватим відтінком (рис. 1).



Рис. 1. Характерні ознаки ряду Коропоподібні.

Золотистого коропа розводять для декоративних цілей (рис. 2).



Рис. 2. Золота рибка (*Carassius auratus*), який також належить до родини *Cyprinidae*

Дикий короп звичайний мешкає в середній та нижній течії річок, у затоплених районах та на мілководних замкнених водоймах, таких як озера, стариці та водосховища [5-6].

Представниками ряду коропоподібних можна назвати Короп, Карась, Золота рибка, Лящ, Білий амур, Товстолоб (рис. 2, 3).

Короп переважно мешкає на донних водах, але шукає їжу в середніх та верхніх шарах водойми. Типові «коропові ставки» в Європі – це

мілководні, евтрофні ставки з мулистим дном та густою водною рослинністю на дамбах. Екологічний спектр коропа широкий.

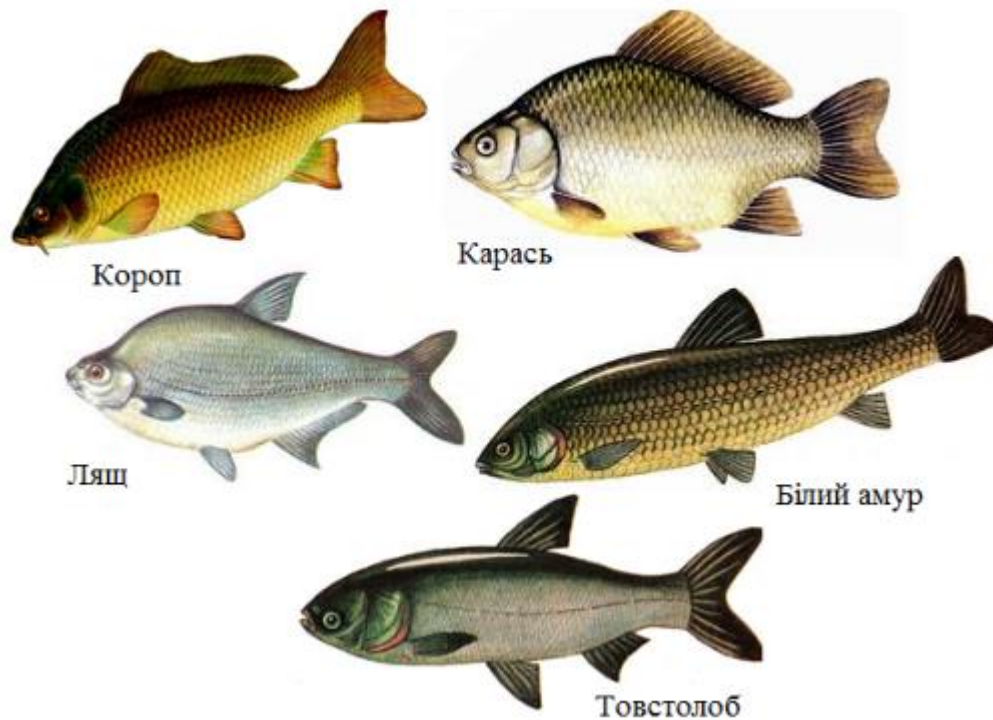


Рис. 3. Різноманітність ряду Коропоподібні.

Найкращий ріст спостерігається, коли температура води коливається від 23 °С до 30 °С. Риба може пережити холодні зимові періоди. Допускається солоність приблизно до 5 ‰. Оптимальний діапазон рН становить 6,5-9,0. Вид може виживати при низькій концентрації кисню (0,3-0,5 мг/літр), а також при перенасиченні. Короп всеїдний, з високою схильністю до споживання тваринної їжі, такої як водяні комахи, личинки комах, черви, молюски та зоопланктон. [7-8]

Споживання зоопланктону є переважним у рибних ставках з високою щільністю посадки. Крім того, короп споживає стебла, листя та насіння водних та наземних рослин, відмерлі водні рослини тощо. Ставкове вирощування коропа базується на здатності виду приймати та використовувати зернові культури, що постачаються фермерами. Щоденний приріст коропа може становити від 2 до 4 відсотків від маси тіла. У полікультурних рибних ставках субтропічних/тропічних районів коропа

можуть досягати від 0,6 до 1,0 кг маси тіла протягом одного сезону. Ріст набагато повільніший у помірному поясі: тут риби досягають маси тіла від 1 до 2 кг після 2-4 сезонів вирощування. У Європі самкам коропа потрібно близько 11 000-12 000 градусо-днів, щоб досягти зрілості в помірному та субтропічному кліматичних зонах. Самці коропа дозрівають на 25-35 відсотків швидше. Період зрілості азійських порід коропа трохи коротший. Нерест європейського коропа починається, коли температура води становить 17-18 °С. Азійські штами починають нереститися, коли концентрація іонів у воді різко знижується на початку сезону дощів. Дикі коропи є частково нерестящими рибами. Одомашнені коропи випускають всю свою дозрілу ікру протягом кількох годин. Після гормональної обробки коропи випускають свою дозрілу ікру протягом набагато коротшого періоду, що робить можливим відділення ікринок. Кількість вивільненої ікри становить від 100 до 230 г/кг маси тіла. Шкаралупа ікри стає липкою після контакту з водою [9-10].

Ембріональний розвиток коропа триває близько 3 днів при температурі 20-23 °С (60-70 градусо-днів). У природних умовах мальки, що вилупилися, прилипають до субстрату. Приблизно через три дні після вилуплення розвивається задня частина плавального міхура, личинки плавають горизонтально та починають споживати зовнішню їжу максимальним розміром 150-180 мкм (переважно коловертки) [11].

Нерест на гніздах, водних водоростях та затоплених траві в резервуарах та ставках. У тропічних районах Індії короп може нереститися протягом року, з піками у січні-березні та липні-серпні. Розмноження здійснюється в хапах, цементних резервуарах або невеликих ставках. Занурені водні рослини використовуються як субстрат для відкладання ікри. Коли малькам виповнюється 4-5 днів, їх зариблюють у вирощувальні ставки [12].

В Індонезії для нересту коропа використовується «Сунданський метод». Маточних риб утримують у вирощувальних ставках, розділених за

статтю. Дорослих вирощених риб переносять у нерестові ставки площею 25-30 м². У ставки встановлюють «Какабани» (гнізда, зроблені з волокон видів *Arenga*). Риба відкладає ікру по обидва боки какабанів. Після завершення нересту гнізда переносять у вивідні/годовельні ставки [13-14].

У Китаї для нересту коропа використовуються невеликі ставки. Як нерестовий субстрат використовуються водні водорості (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*) або плаваюче пальмове листя. У минулому в Європі для нересту та короткочасного вигодовування мальків коропа використовувалися невеликі «ставки Дубіца» (площа водної поверхні 120-300 м²). Зовсім недавно тут використовуються ставки площею від кількох сотень м² до 10-30 га. Через два-чотири тижні після нересту мальків можна або виловити з цих великих ставків, або залишити там для вирощування до розміру мальків [15].

Виробництво личинок на основі інкубатора. Це найефективніший та найнадійніший метод виробництва личинок. Маточних риб утримують у воді, насиченій киснем, при температурі 20-24 °С. Їм вводять дві дози ін'єкції гіпофіза або суміші GnRH/антагоніста дофаміну для стимуляції овуляції та сперміації. Ікру запліднюють (застосовуючи «сухий метод»), а клейкість ікринок усувають за допомогою обробки сіллю/сечовиною, а потім ванни з таніном та кислотою («метод Войнаровича»). Інкубацію проводять у банках Зоуга. Вилупилися мальки тримають у великих конічних резервуарах протягом 1-3 днів і зазвичай зариблюють на стадії «підпливання» або «годування мальків» у належним чином підготовлені ставки. Від однієї самки можна очікувати приблизно від 300 000 до 800 000 щойно вилупилися мальків [18-19].

1.2. Розплідник. Вигодовування коропа звичайного у ставках та резервуарах.

Для вигодовування коропа найкраще підходять неглибокі, безводні ставки площею від 0,5 до 1,0 га, що можуть дреноватися. Ставки для вирощування коропа необхідно підготувати перед зарибленням, щоб

стимулювати розвиток популяції коловерток, оскільки це перший корм для мальків. Щільність посадки становить 100-400 мальків/м². Після зариблення ставки слід інокулювати грибами Мойна або Дафнія . Слід застосовувати додаткові корми, такі як соєве борошно, зернові, м'ясне борошно або суміші цих матеріалів. Для годівлі мальків також можна використовувати рисові висівки або рисову поліровку. Тривалість періоду вирощування становить від 3 до 4 тижнів. Кінцева вага риби становить 0,2-0,5 г. Виживаність становить 40-70 відсотків [20-22].

Якщо в районі, де будуть розташовані ставки, є багато хижаків (комахи, змії, жаби, птахи, дика риба), можна застосовувати вигодовування коропа в резервуарах. Резервуари площею поверхні 5-100 м², виготовлені з бетону, цегли або пластику, можна використовувати для вирощування мальків розміром до 1-2 см. Завдяки використанню сіна та гною в цих резервуарах можна створити густі популяції *Paramecium* та коловерток. Можна зариблювати кілька сотень мальків на м². Можна використовувати зібраний зоопланктон та дрібнодисперсний корм або повноцінні стартові корми. Для вирощування також підходять промислові системи, такі як водогонні канали або системи рециркуляції води [23].

1.3. Вирощування мальків

Виробництво мальків коропа зазвичай відбувається в напівінтенсивних ставках на основі натуральної їжі, що виробляється з гною/добрив, та додаткового годування. Виробництво мальків може здійснюватися за одноетапною системою (зариблення щойно вилуплених мальків та вилов мальків), двоетапною системою (зариблення вигодованих мальків та вилов мальків) або багатоцикловою системою (коли зариблюють щойно вилуплених мальків, а рибу кілька разів проріджують) [24-25].

Зариблення вигодованих мальків є найефективнішим способом вирощування середніх та великих мальків. Залежно від необхідного кінцевого розміру мальків, у помірних зонах можна зариблювати 50 000-200

000 вигодованих мальків/га, бажано в полікультурних системах, де частка коропа звичайного становить 20-50 відсотків. Кінцева вага коропа становить 30-100 г. У теплому кліматі, якщо метою виробництва є великі мальки, щільність посадки вигодованих мальків становить 50 000-70 000/га, з яких частка коропа звичайного становить 20 відсотків. Досягається рівень виживання 40-50 відсотків. Дрібних мальків можна вирощувати у ставках, зариблених 400 000 дрібних (15 мм) вигодованих мальків. У цьому випадку рівень виживання становить 25-30 відсотків [26].

Для підтримки популяції планктону необхідне часте внесення гною. Годівля базується переважно на побічних продуктах сільського господарства в субтропічних районах, на зернових та/або гранулах у помірних зонах.

1.4. Методи вирощування коропів

У помірних зонах однолітніх коропів (20-100 г) необхідно вирощувати до 250-400 г на другий рік. Рівень посадки становить 4000-6000/га, плюс близько 3000 китайських коропів/га, якщо годувати лише зерновими культурами. Рівень посадки може бути значно вищим (до 20 000/га), якщо також використовувати зернові культури та гранули. Добовий раціон становить приблизно 3-5 відсотків від маси тіла.

Виробництво риби товарного розміру. Коропа звичайного можна вирощувати в екстенсивних монокультурних системах виробництва на основі природних кормів та додаткових кормів, у ставках зі стоячою водою. Інтенсивне монокультурне виробництво на основі штучних кормів може здійснюватися в садках, зрошувальних водосховищах, ставках і резервуарах з проточною водою або в системах рециркуляції [27-28].

У полікультурних системах коропа звичайного зариблюють китайськими коропами та/або індійськими великими коропами, тілапією, кефаллю тощо. Це являє собою метод виробництва на основі природних продуктів харчування та додаткових кормів, за якого риби з різними харчовими звичками, що займають різні трофічні ніші, заселяються в одні й

ті ж ставки. Кількість риби повинна відповідати продуктивності природних харчових організмів. Часте внесення гною або добрив та належне співвідношення видів забезпечують підтримку продуктивних популяцій природних харчових організмів та максимальне використання продуктивності екосистеми ставка. Синергетичний ефект між видами риб підтримує виробництво в полікультурних ставках [29].

Коропове вирощування може бути інтегроване з тваринництвом та/або рослинництвом. Інтеграція може бути прямою (тварини над рибними ставками), непрямою (відходи тваринного походження використовуються у ставках як гній), паралельною (рис-риба) або послідовною (виробництво риби між культурами). Послідовний цикл риба/тварини/бобові/рис (у 7-9-річних циклах) підходить для значного зменшення екологічного навантаження від інтенсивної аквакультури/сільського господарства. Оскільки короп звичайний риється на дні ставка, має широку екологічну толерантність та всеїдну харчову звичку, він є ключовим видом в інтегрованих системах [30].

Коропа звичайного також можна зариблювати в природні водойми, водосховища та тимчасово затоплені території, щоб використовувати природне виробництво їжі в цих водах для посилення вилову риби. У цьому випадку рибою, що зариблюється, повинні бути мальки розміром 13-15 см, вирощені на рибних фермах («риболовство на основі аквакультури»), щоб уникнути втрат, які могли б виникнути з дрібнішою рибою. Коропа звичайного зазвичай зариблюють іншими видами коропових риб відповідно до продуктивності води та інтенсивності експлуатації [31].

Для вирощування коропа використовуються недренабельні ставки, або дренавані ставки з довгою виловною канавою, або ставки з внутрішніми або зовнішніми виловними ямами. Рибу зазвичай виловлюють неводами. Довжина сіток повинна бути в 1,5 раза більшою за ширину ставків, але не довше 120-150 м.

У недренабельних ставках можна проводити вибірковий вилов. Максимальна вага коропа, яка може пройти через сітки з різним розміром вічка: розмір вічка 20 мм = 20 г риби; 25 мм = 40 г; 30 мм = 100 г; 35 мм = 170 г; 40 мм = 270 г; 50 мм = 400 г [32].

Оскільки короп тримає ділянку, де шукає їжу, чистою від мулу, годування слід проводити протягом усього періоду росту в зоні вилову. Під час вилову воду слід повільно зливати (1-3 дні зі ставка площею 1 га, 8-14 днів зі ставків площею 30-60 га). Риба збирається в найглибшій частині ставка, якщо тільки її не відлякує різке зниження рівня води або шум. Оскільки короп схильний плавати до води, що надходить, невелика кількість води подається у ставок поблизу місця дренажу, щоб зосередити рибу, особливо якщо температура води висока. Коли у виловних ямах зосереджена велика кількість риби, слід забезпечити аерацію. Розбризкування поверхні водою зазвичай недостатньо. Частковий вилов (незалежно від того, чи є ставки осушуваними чи неосушуваними) збільшує загальну продуктивність ставків, покращуючи умови для решти популяції [33].

Якщо вилов здійснюється в теплій воді, рибу перед виловом сіткою попередньо кондиціонують шляхом багаторазового стресування. Виловлену рибу можна перевозити живою в аеровані резервуари протягом 3-5 годин, якщо співвідношення риба/вода не перевищує 1:2. Щільність риби в транспортних резервуарах та тривалість транспортування залежать від розміру риби, температури та кількості аерації.

Якщо під час вилову рибу заманили в зону вилову кормом, можливий лише дуже короткий час транспортування, оскільки потреба в кисні насиченої риби висока.

Більшість коропів перевозять живими на ринки та продають живими або свіжообробленими. У Франції були проведені успішні випробування великомасштабного філетування коропа. Окрім продуктів з доданою вартістю, з коропа можна виготовити близько 15 різних продуктів, що представляють різні рівні обробки [34-35].

Отже, коропоподібні риби (родина *Cyprinidae*) - одна з найважливіших груп об'єктів прісноводної аквакультури, яка характеризується високою пластичністю до умов середовища, швидкими темпами росту та економічною доцільністю вирощування. Їх біологічні особливості дозволяють ефективно адаптувати технології вирощування до умов УЗВ, що забезпечує стабільність продуктивності та контроль якості водного середовища.

Основні біологічні характеристики, що визначають ефективність вирощування коропоподібних це адаптивність до штучного середовища, всеїдність та різноманітність кормових стратегій: короп — всеїдний, білий амур — рослиноїдний, товстолобики — фільтратори, що дозволяє формувати полікультурні системи. Висока конверсія корму та темпи росту, толерантність до щільної посадки: коропоподібні здатні ефективно рости при високій щільності, що важливо для інтенсивного виробництва. Стійкість до хвороб при належному моніторингу [36].

Таким чином, біологічні особливості коропоподібних риб сприяють їх успішному вирощуванню в умовах УЗВ, зокрема в навчальних лабораторіях, де важливо забезпечити керованість процесів, наочність для студентів та можливість моделювання різних технологічних сценаріїв.

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 та освітньої інфраструктури закладу, призначеним для практичної підготовки здобувачів освіти за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» освітнього ступеня бакалавр та магістр.

Лабораторія аквакультури Поліського національного університету розташована на першому поверсі університету за адресою м. Житомир, Старий бульвар, 7.

Лабораторія оснащена установкою замкнутого водопостачання (УЗВ) малої продуктивності, що дозволяє моделювати процеси вирощування коропоподібних у контрольованих умовах. Вона забезпечує проведення лабораторних занять з біології риб, водної хімії, мікробіології, технології годівлі, моніторингу параметрів середовища та оцінки продуктивності.

До складу обладнання лабораторії входять:

- рибні басейни з системою циркуляції води (рис. 4);
- механічні та біологічні фільтри (рис. 4);
- аераційні установки та оксигенатори (рис. 4);
- автоматичні годівниці з програмованим режимом подачі корму;
- сенсори для вимірювання температури, рН, розчиненого кисню, амонійних і нітритних сполук;
- освітлювальні системи з таймерами для регулювання фотоперіоду;
- лабораторні тест-набори для аналізу якості води;
- мікроскопи для мікробіологічного дослідження;
- електронні ваги для зважування риби;

- комп'ютерне обладнання з програмним забезпеченням для збору, обробки та візуалізації даних.



Рис. 4. Обладнання лабораторії аквакультури Поліського національного університету

Лабораторія відповідає вимогам освітньо-наукових програм, сприяє формуванню професійних компетентностей, розвитку практичних навичок та проведенню студентських досліджень у сфері сучасної аквакультури.

Звісно! Ось ще один фрагмент, який можна використати для доповнення опису лабораторії аквакультури в акредитаційних документах або навчальних матеріалах:

Лабораторія аквакультури функціонує як міждисциплінарна навчально-дослідна платформа, що поєднує теоретичну підготовку з практичними навичками у сфері сучасного рибництва. Вона забезпечує умови для проведення лабораторних занять, курсових і кваліфікаційних робіт, а також для реалізації студентських наукових проєктів. Завдяки

наявності сучасного обладнання, лабораторія дозволяє моделювати повний цикл вирощування риби — від інкубації до товарної маси — з можливістю контролю всіх ключових параметрів середовища. Її діяльність спрямована на формування у здобувачів освіти компетентностей у галузях біотехнологій, екології, гідробіології, ветеринарного контролю та сталого управління водними ресурсами.

2.2. Матеріал і методика дослідження

Дослідження проведені в лабораторії аквакультури Поліського національного університету.

Об'єкт досліджень: процес вирощування коропоподібних риб в умовах установок замкнутого водопостачання..

Предмет досліджень: технологічні параметри, біологічні показники та умови середовища, що впливають на ефективність вирощування коропоподібних в УЗВ у навчальній лабораторії аквакультури.

Мета дослідження: науково обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність технології вирощування коропоподібних риб в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) в умовах навчальної лабораторії аквакультури, з урахуванням біологічних, технічних та економічних параметрів..

Для досягнення цієї мети було визначено ряд завдань, зокрема:

1. Проаналізувати класифікацію та сучасні технології вирощування коропоподібних в УЗВ.
2. Визначити оптимальні гідрохімічні та біологічні параметри середовища для вирощування коропоподібних у лабораторних умовах.
3. Розробити та адаптувати технологічну схему вирощування коропоподібних для навчальної лабораторії.
4. Провести порівняльну оцінку продуктивності та біологічної ефективності вирощування коропоподібних в УЗВ.
5. Надати рекомендації щодо удосконалення технології з урахуванням освітньо-наукових цілей.

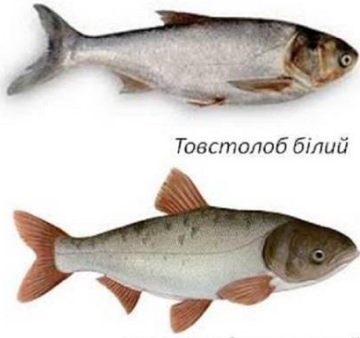
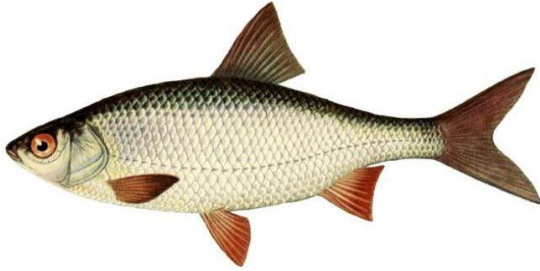
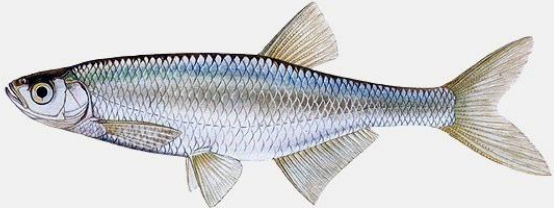
Розділ 3. Результати досліджень

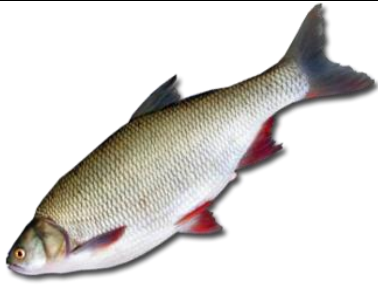
3.1. Класифікація родини Коропоподібних

Родина корошових (*Cyprinidae*) є найбільшою серед прісноводних риб і включає понад 2 400 видів, поширених у водоймах Євразії, Північної Америки та Африки. В Україні представники цієї родини відіграють ключову роль у товарному рибництві, аквакультурі та декоративному рибництві. Вони характеризуються високою екологічною пластичністю, різноманітністю типів живлення та здатністю до адаптації в умовах штучного середовища, зокрема в установках замкнутого водопостачання (УЗВ).

До найпоширеніших представників корошових, які використовуються в аквакультурі, належать (Табл. 1):

<i>Короп голий</i>  <i>Короп звичайний</i>  <i>Короп дзеркальний</i> 	<i>Короп звичайний (Cyprinus carpio)</i> — основний об'єкт прісноводного рибництва. Він всеїдний, має високу швидкість росту, добре адаптується до умов УЗВ. Використовується як у товарному, так і в декоративному вирощуванні
	<i>Карась сріблястий (Carassius gibelio)</i> — стійкий до несприятливих умов, здатний до розмноження без участі самців (гіногенез), що забезпечує високу продуктивність у замкнутих системах
	<i>Карась золотий (Carassius auratus)</i> — декоративна форма, популярна в акваріумному рибництві. Вирощується переважно в умовах контрольованого середовища з акцентом на естетичні параметри.

	Білий амур (<i>Stenopharyngodon idella</i>) — рослиноїдний вид, який активно використовується для біологічної меліорації водойм. Має високу швидкість росту та добре пристосовується до умов УЗВ
 Товстолоб білий Товстолоб строкатий	Товстолобик білий (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) та товстолобик строкатий (<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>) — фільтруючі види, що живляться фітопланктоном і зоопланктоном. Часто використовуються в полікуальтурі для очищення води та підвищення екологічної стабільності системи
	Лин (<i>Tinca tinca</i>) — менш поширений у промисловому рибництві, але цінний завдяки високій якості м'яса. Має повільні темпи росту, добре переносить низький рівень кисню
 Плітка (<i>Rutilus rutilus</i>)	 Краснопёрка (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)
	Верховодка (<i>Alburnus alburnus</i>)

	Язь (<i>Leuciscus idus</i>) — менш інтенсивно використовуються в УЗВ, але мають значення як кормова база, об'єкти біоіндикації або для формування полікультурних систем
---	--

Таблиця 1. Представники родини корокових

Завдяки різноманітності біологічних характеристик, представники родини корокових дозволяють формувати ефективні технологічні схеми вирощування в УЗВ, адаптовані до різних цілей — від товарного виробництва до освітньо-дослідницьких завдань (табл. 2) [37].

Таблиця 2. Особливості представників родини корокових (*Cyprinidae*)

Українська назва	Латинська назва	Основні особливості
Короп звичайний	<i>Cyprinus carpio</i>	Всеїдний, товарна риба
Карась сріблястий	<i>Carassius gibelio</i>	Стійкий до умов, декоративний
Карась золотий	<i>Carassius auratus</i>	Орнаментальний, популярний в акваріумах
Білий амур	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Рослиноїдний, швидкий ріст
Товстолобик білий	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Фільтратор, високопродуктивний
Товстолобик строкатий	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Фільтратор, полікультура
Лин	<i>Tinca tinca</i>	Повільний ріст, цінна м'ясна риба
Плітка	<i>Rutilus rutilus</i>	Всеїдна, поширена в природних водоймах
Краснопірка	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Декоративна, всеїдна
Верховодка	<i>Alburnus alburnus</i>	Дрібна риба, кормова база
Язь	<i>Leuciscus idus</i>	Хижуватий, перспективний для УЗВ
Гольян	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Дрібний, індикатор якості води

Класифікація риб родини Коропових (Cyprinidae) за екологічними групами базується на їхній адаптації до умов середовища, способу життя, харчування та місця існування (табл. 3, 4, 5). Такий підхід широко застосовується в іхтіології, рибицтві та екологічному моніторингу.

Таблиця 3. Класифікація родини Коропоподібних за екологічними групами

Група	Приклади	Середовище
Річкові	Язь, головатиця, барбус	Швидка течія
Озерно-ставові	Короп, коропка, билик	Спокійна вода
Верховодні	Уклейка, вертушка	Верхні шари
Донні	Візиг, підуст	Дно

Таблиця 4. Класифікація родини Коропоподібних за особливостями розмноження

Характеристика	Приклади
Ікру відкладають на кам'янистий або гравійний субстрат	Головень, Пічкур
Ікру відкладають на водну рослинність	Карась, Лин
Ікру викидають у товщу води, без прикріплення	Товстолобики

Таблиця 5. Класифікація родини Коропоподібних за типом живлення

Характеристика	Приклади
Живляться переважно рослинною їжею	Білий товстолобик
Споживають зоопланктон	Сріблястий товстолобик
Живляться донними безхребетними	Лящ, Лин
Полюють на інших риб або великих безхребетних	Щипавка, Язь (частково)
Споживають як рослинну, так і тваринну їжу	Короп, Карась

3.2. Сучасні технології вирощування коропоподібних в УЗВ.

Установки замкнутого водопостачання (УЗВ) є однією з найбільш інноваційних технологій у сучасній аквакультурі. Вони дозволяють інтенсивно вирощувати рибу в закритих системах з мінімальним

витрачанням свіжої води (лише 1-10% від загального об'єму на добу), повним контролем середовища та високою щільністю посадки (рис. 5).



Рис. 5. Установка замкнутого водопостачання в умовах лабораторії аквакультури Поліського національного університету.

Для родини коропоподібних (Cyprinidae), таких як короп (*Cyprinus carpio*), короп трав'яний (*Ctenopharyngodon idella*), товстолобики (*Hypophthalmichthys* spp.) та плотва (*Rutilus rutilus*), УЗВ особливо ефективні завдяки їхній толерантності до високих щільностей і адаптивності до контрольованих умов. Ці технології дозволяють скоротити вплив на довкілля, підвищити продуктивність на 20-50% порівняно з традиційними ставовими методами та забезпечити цілорічне виробництво без сезонних обмежень. Нижче описано ключові аспекти сучасних технологій вирощування коропоподібних в УЗВ [39].

Сучасні УЗВ — це модульні, автоматизовані системи, побудовані на базі внутрішніх басейнів (ємністю від 500 до 500 000 л), де риба вирощується при щільності 50-200 кг/м³. Основні компоненти включають **Басейни для**

вирощування: Круглі або прямокутні танки з аерацією для імітації природного руху води, що покращує м'язовий розвиток риби та знижує стрес.

У сучасних УЗВ **система фільтрації буває Механічна (барабанні фільтри або відстійники)** для видалення твердих відходів (фекалій, нез'їденого корму), **Біологічна (біофільтри з нітрифікуючими бактеріями)** для перетворення аміаку (NH_3) на нітриту (NO_2^-), а потім на нітрати (NO_3^-), що запобігає токсичному накопиченню, **Хімічна (активоване вугілля або озонування)** для видалення розчинених органічних речовин.

Аерація та оксигенація здійснюється з-а допомогою конусних дифузорів або інжекторів чистого кисню для підтримки рівня O_2 на рівні 6-8 мг/л, оскільки коропоподібні чутливі до гіпоксії.

Контроль температури та рН здійснюється за допомогою теплових насосів або охолоджувачів для утримання 22-28°C (оптимально для коропа), рН 6,5-8,0.

Утилізація відходів здійснюється за використання сучасних систем, які включають згущувачі осаду для переробки на біодобрива або біогаз.

УЗВ для коропоподібних часто інтегрують з аквапонікою, де нітрати з води використовуються для вирощування рослин (наприклад, салату), що закриває замкнений цикл і підвищує стійкість системи.

Вирощування коропоподібних в УЗВ адаптовано до їхньої біології: вони всеїдні, швидко ростуть (короп досягає 1-2 кг за 12-18 місяців) і витримують високі щільності.

Температура води має бути 24-26°C для максимального росту; нижче 20°C уповільнює метаболізм, аміак <0,02 мг/л, нітриту <0,1 мг/л, нітрати <50 мг/л, тверді частинки <10 мкм. Щільність посадки для малька — 100-500 шт./м³, для товарної риби — 50-100 кг/м³. Освітлення - 12-годинний світловий день для стимуляції росту; LED-лампи для енергоефективності. Водний обмін - 90-99% рециркуляція, з додаванням свіжої води для компенсації випаровування.

Для специфічних видів: короп трав'яний потребує вищої температури (26-28°C) і фітопланктону в раціоні, тоді як товстолобики — фільтраторів для планктону.

Харчування та годівля. Сучасні технології акцентують на автоматизованому годуванні для мінімізації відходів (FCR — коефіцієнт конверсії корму 1,2-1,5). Раціон містить екструдовані гранульовані корми з 30-40% білка (замінники рибного борошна на рослинні джерела, як соя чи мікроводорості). Для малька — стартові корми з 50% білка. Має бути повна автоматизація - сенсорні годівниці з датчиками (наприклад, від AKVA group), що розподіляють корм за розкладом і моніторять споживання. До раціону також додають пробіотики (*Bacillus spp.*) для покращення травлення та імунітету, зменшення антибіотиків на 70-90%.

В Україні УЗВ для коропоподібних впроваджуються з 2010-х (наприклад, проекти в Київській та Одеській областях). Сучасні тенденції — інтеграція з біофлок-технологіями (для природної фільтрації) та мікроводоростями для CO₂-поглинання. За прогнозами, до 2030 р. RAS охопить 20-30% виробництва коропа в Європі, включаючи Україну, завдяки ЄС-грантам на зелені технології. Приклади: Ферми з вирощуванням коропа в басейнах біля Києва (вихід 50 т/рік) з використанням озонування та пробіотиків. Ці технології роблять вирощування коропоподібних стійким і прибутковим, сприяючи харчовій безпеці та зменшенню імпорту риби. Для впровадження рекомендується консультація з фахівцями (наприклад, НУБіП України).

3.3. Оптимальні гідрохімічні та біологічні параметри середовища для вирощування коропоподібних у лабораторних умовах.

Коропоподібні (родина Cyprinidae) є модельними об'єктами лабораторних досліджень у аквакультурі, генетиці, токсикології та екології. Лабораторне вирощування коропа звичайного (*Cyprinus carpio*), коропки (*Carassius auratus*), уклейки (*Alburnus alburnus*) та інших видів вимагає

точного дотримання оптимальних гідрохімічних та біологічних параметрів для забезпечення росту, виживання ($\geq 95\%$) та відтворення.

У лабораторних умовах використовуються акваріуми об'ємом 50-500 л з системою фільтрації та аерації. Оптимальні параметри дозволяють скоротити смертність на 80-90% та досягти приросту маси 1-2% на добу.

Гідрохімічні параметри середовища. Температура води оптимальний діапазон: 22-26°C, Короп: 24-26°C (максимальний приріст) (табл. 6). Летальні межі температурного режиму для коропоподібних <12°C (гіпотермія), >32°C (гіпертермія).

Таблиця 6. Вплив температури на метаболізм

Температура, °C	Приріст маси, %/добу	Споживання O ₂ , мг/год·кг
18	0,8	150
24	1,8	300
28	1,2	450

Кисневий режим. Оптимальний рівень $\geq 6,0$ мг/л (сатурація 80-100%).

Критичний мінімум 4,0 мг/л, Методи підтримки: аератори, інжектори O₂.

pH та буферна ємність. Оптимальний pH: 7,0-8,0, буферна ємність 1,5-2,5 мекв/л (HCO₃⁻), добові коливання: $\leq 0,3$ одиниці.

Амонійні сполуки та нітрифікація. Амонійні сполуки — це хімічні речовини, що містять катіон амонію NH₄⁺, який утворюється внаслідок протонування аміаку (NH₃). Вони відіграють ключову роль у біогеохімічному циклі азоту, водоочищенні, ґрунтових процесах та аквакультури. У водному середовищі амоній може існувати у двох формах: іонізований (NH₄⁺) та неіонізований (NH₃), причому остання є токсичною для водних організмів (табл. 7).

Таблиця 7. Токсичні межі

Параметр	Оптимально	Допустимо	Токсично
NH ₃ (неіоніз.)	<0,02 мг/л	<0,05 мг/л	>0,1 мг/л
NH ₄ ⁺	<0,2 мг/л	<0,5 мг/л	>1,0 мг/л
NO ₂ ⁻	<0,1 мг/л	<0,2 мг/л	>0,5 мг/л
NO ₃ ⁻	<50 мг/л	<100 мг/л	>200 мг/л

Одним із найважливіших процесів трансформації амонію є **нітрифікація** — біологічне окиснення амонійного азоту до нітриту (NO_2^-), а потім до нітрату (NO_3^-). Цей процес здійснюється спеціалізованими хемоавтотрофними бактеріями, зокрема *Nitrosomonas* spp. — окиснюють NH_4^+ до NO_2^- , *Nitrobacter* spp. — окиснюють NO_2^- до NO_3^- .

Нітрифікація є аеробним процесом, що потребує достатньої кількості кисню, нейтрального рН та стабільної температури. У системах замкнутого водопостачання (УЗВ) вона є критично важливою для підтримання якості води та запобігання токсикозу риби. Значення в аквакультурі - запобігання отруєнню риби, ефективна робота біофільтрів залежить від активності нітрифікаторів, зниження викидів азотистих сполук у навколишнє середовище.

Тверді частинки має бути <5 мкм, електропровідність 200-400 мкСм/см, жорсткість 5-15°dH.

Біологічні параметри середовища — це сукупність характеристик живих організмів та їхніх взаємодій, які відображають стан екосистеми або водного середовища. Вони використовуються для оцінки якості довкілля, біоіндикації, моніторингу забруднення та оптимізації умов у системах аквакультури, зокрема в УЗВ.

Щільність посадки — це кількісний показник, який характеризує кількість риби (або іншого гідробіонта) на одиницю об'єму або площі водного середовища. Він є одним із ключових параметрів у рибництві, особливо в системах інтенсивного вирощування, таких як УЗВ (табл. 8).

Таблиця 8. Рекомендації за віком

Стадія розвитку	Об'єм на особину, л	Щільність, кг/м³
Личинки	0,05-0,1	10-20
Мальок	0,5-1,0	20-50
Ювенільна	2-5	50-100
Товарна	10-20	100-150

Харчування та режим годівлі — це ключові аспекти технології вирощування риби, які визначають її ріст, здоров'я, конверсію корму та економічну ефективність аквакультури. Вони охоплюють як якісний склад корму, так і кількісно-часові параметри його подачі. Рацион представлений як гранульовані корми (35-45% білка), частота годівлі 4-6 разів/добу (личинки), 2-3 рази (ювенільна). Склад корму 40% білок, 10% жир, 20% вуглеводи.

Освітлення та фотоперіод — це важливі екологічні та технологічні чинники, що впливають на фізіологію, поведінку, ріст і репродукцію риб, особливо в умовах контрольованого вирощування, таких як УЗВ (установки замкнутого водопостачання) [40].

Освітлення — це інтенсивність, спектр і тривалість світла, яке потрапляє у водне середовище. У рибництві воно регулюється штучно для оптимізації біологічних процесів (табл. 9). Інтенсивність: 50-200 лк.

Фотоперіод — це співвідношення тривалості світлового та темного періодів протягом доби. Він є ключовим регулятором циркадних ритмів, гормональної активності та репродуктивних процесів (табл. 10).

Таблиця 9. Основні параметри освітлення

Параметр	Опис
Інтенсивність (люкс)	Впливає на активність, орієнтацію, годівлю
Спектр світла	Синій та червоний спектри стимулюють ріст і метаболізм
Тип джерела	LED, люмінесцентні, галогенні — залежно від потреб
Рівномірність	Уникають тіней і стресу у риб

Таблиця 10. Типи фотоперіоду.

Тип	Тривалість	Застосування
Натуральний	Залежить від сезону	У відкритих водоймах
Контрольований	12:12, 16:8, 24:0 тощо	В УЗВ, інкубаторах
Безперервне світло	24:0	Стимуляція росту у малька
Інверсія фотоперіоду	Зміна циклу	Контроль нересту, синхронізація

Отже, оптимальні гідрохімічні параметри для лабораторного вирощування коропоподібних: температура 22-26°C, O₂ ≥ 6,0 мг/л, рН 7,0-8,0,

$\text{NH}_3 < 0,02$ мг/л. Біологічні параметри: щільність 50-150 кг/м³, фотоперіод 12:12, пробіотична мікробіота. Дотримання цих показників забезпечує виживання >95%, приріст 1-2% маси/добу, відтворюваність результатів досліджень. Сучасні сенсорні системи дозволяють автоматизувати контроль, що є основою для стандартизації лабораторних методик у аквакультурі.

3.4. Розробка та адаптація технологічної схеми вирощування коропоподібних для навчальної лабораторії.

Приклад технологічної схеми вирощування коропоподібних (наприклад, коропа або карася) в умовах навчальної лабораторії з використанням елементів УЗВ. Схема адаптована для демонстрації основних біотехнологічних процесів, контролю параметрів середовища та навчання студентів (табл. 11, 12, 13).

Таблиця 11. Технологічна схема вирощування коропоподібних в УЗВ (навчальна лабораторія). Загальні характеристики.

Параметр	Значення / Опис
Вид риби	Короп звичайний (<i>Syrprinus carpio</i>) або Карась сріблястий
Об'єм системи	1–3 м ³ (мала навчальна установка)
Щільність посадки	50–80 кг/м ³
Тривалість циклу	3–6 місяців
Ціль	Демонстрація біофільтрації, годівлі, моніторингу, росту

Навчальна лабораторія з вирощування коропоподібних у системі замкнутого водопостачання (УЗВ) створена для формування практичних навичок студентів у галузі сучасної аквакультури. Вона дозволяє моделювати повний цикл вирощування риби в контрольованих умовах та вивчати ключові біотехнологічні процеси.

Таблиця 12. Основні елементи системи

Компонент	Функція
Рибні басейни (танки)	Утримання риби, спостереження за поведінкою
Механічний фільтр	Видалення залишків корму та фекалій
Біофільтр	Нітрифікація амонію → нітрит → нітрат
Аератор / оксигенатор	Подача кисню, підтримка рівня $O_2 > 5$ мг/л
Нагрівач / охолоджувач	Стабілізація температури (22–26 °C)
Освітлення з таймером	Контроль фотоперіоду (наприклад, 16:8)
Автоматична годівниця	Програмована подача корму (2–4 рази/день)
Сенсори контролю	Вимірювання рН, температури, NH_4^+ , NO_2^- , O_2
Резервуар для підготовки води	Знезараження, корекція параметрів
Система відбору проб	Для лабораторного аналізу води та риби

Таблиця 13. Контрольовані параметри середовища

Параметр	Оптимальне значення
Температура	22–26 °C
рН	6.8–7.5
Кисень	>5 мг/л
Амоній (NH_4^+)	<0.2 мг/л
Нітрит (NO_2^-)	<0.1 мг/л
Нітрат (NO_3^-)	<50 мг/л
Освітлення	16 годин/добу

Практичні навички, які формуються. Біологія та поведінка риб - вивчення морфології, фізіології та поведінкових реакцій коропоподібних у різних умовах, спостереження за адаптацією риби до змін параметрів середовища (температура, освітлення, кисень). Здійснюється контроль параметрів водного середовища, зокрема вимірюється та аналізується температура, рН, розчинений кисень, амоній, нітрити, нітрати, оцінка впливу параметрів на ріст і здоров'я риби. Відбувається демонстрація роботи

біофільтра та участі нітрифікуючих бактерій у очищенні води, вивчаються процеси трансформації азотистих сполук. Студенти здійснюють розрахунок добової норми корму залежно від маси риби та температури. ознайомлюються з автоматизованими системами годівлі та оцінка коефіцієнта конверсії корму (FCR). Здійснюють зважування риби, розраховують середню масу, приросту, щільність посадки, будують графіки росту та аналізують продуктивність.

Студенти також здійснюють відбір проб води та біоматеріалу для мікроскопічного аналізу, визначають мікробне навантаження та оцінюють біобезпеку.

У навчальній лабораторії є можливість демонструвати нітрифікацію та біофільтрацію, вивчати поведінку риби при зміні параметрів, аналізувати кормову конверсію, визначати біомасу, ріст, морфометрію. Здійснювати мікробіологічний аналіз води, розраховувати економічні показники вирощування гідробіонтів. Ця лабораторія є ефективним інструментом для підготовки фахівців у сфері рибництва, біотехнологій та екології, а також для проведення наукових досліджень і демонстраційних занять.

3.5. Порівняльна оцінка продуктивності та біологічної ефективності вирощування коропоподібних в УЗВ.

Установки замкнутого водопостачання (УЗВ) — це інноваційна технологія інтенсивного рибництва, яка дозволяє вирощувати рибу в контрольованих умовах з мінімальним споживанням води. У порівнянні з традиційними ставковими системами, УЗВ забезпечують вищу продуктивність, стабільність параметрів середовища та біологічну безпеку. У цьому розділі розглядається порівняльна ефективність вирощування коропоподібних (на прикладі коропа звичайного) в УЗВ та у відкритих водоймах. У таблиці 14 наведені основні показники порівняння

продуктивності та біологічної ефективності вирощування коропоподібних в УЗВ.

Таблиця 14 Ключові показники порівняння продуктивності та біологічної ефективності вирощування коропоподібних в УЗВ.

Показник	УЗВ (інтенсивне вирощування)	Ставкове вирощування (екстенсивне)
Щільність посадки	80–120 кг/м ³	500–1500 кг/га
Тривалість циклу вирощування	3–6 місяців	6–9 місяців
Коефіцієнт конверсії корму (FCR)	1.1–1.4	1.8–2.5
Вживаність	>90%	70–85%
Продуктивність на одиницю площі	Висока	Середня
Контроль параметрів середовища	Повний	Обмежений
Екологічне навантаження	Мінімальне	Потенційно високе

Вирощування коропоподібних у системах замкнутого водопостачання (УЗВ) базується на принципах інтенсивного рибництва, що передбачає максимальне використання простору, контроль параметрів середовища та оптимізацію біологічних процесів. Для оцінки ефективності такої технології використовують низку ключових показників, які характеризують як продуктивність, так і біологічну стабільність системи.

1. Щільність посадки УЗВ дозволяють утримувати рибу з високою щільністю — до 80–120 кг/м³, що значно перевищує показники традиційного ставкового вирощування. Це забезпечує більший вихід продукції з одиниці об'єму води.

2. Темпи росту та тривалість циклу Завдяки стабільному температурному режиму (22–26 °С), контрольованому освітленню та збалансованому харчуванню, риба в УЗВ досягає товарної маси за 3–6 місяців, що на 30–50% швидше, ніж у відкритих водоймах.

3. Коефіцієнт конверсії корму УЗВ забезпечують ефективно засвоєння корму з FCR на рівні 1.1–1.4, що свідчить про високу біологічну ефективність. Для порівняння, у ставках цей показник зазвичай становить 1.8–2.5.

4. Виживаність риби Завдяки біобезпеці, відсутності хижаків і контролю за якістю води, рівень виживаності в УЗВ перевищує 90%, тоді як у традиційних умовах він коливається в межах 70–85%.

5. Продуктивність на одиницю площі/об'єму УЗВ дозволяють отримувати до 100–150 кг риби з 1 м³ води на рік, що в десятки разів перевищує продуктивність ставкових господарств на гектар.

6. Контроль параметрів середовища УЗВ забезпечують постійний моніторинг і регулювання температури, рН, вмісту кисню, амонію, нітритів і нітратів, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для росту риби.

7. Екологічна ефективність Завдяки рециркуляції води, УЗВ споживають у 10–20 разів менше води, ніж традиційні системи, і мінімізують викиди забруднюючих речовин у довкілля.

8. Біологічна стабільність Стабільна робота біофільтрів, ефективна нітрифікація та відсутність сезонних коливань забезпечують сталість біологічних процесів і знижують ризик захворювань.

Ці показники свідчать про високу ефективність УЗВ як сучасної технології вирощування коропоподібних, що поєднує інтенсивність виробництва з екологічною та біологічною безпекою. У навчальному процесі аналіз цих параметрів дозволяє студентам глибше зрозуміти принципи функціонування рециркуляційних систем та оцінити їх переваги у порівнянні з традиційними методами рибництва.

Біологічною ефективністю УЗВ можна назвати оптимізоване харчування: використання збалансованих гранульованих кормів з пребіотиками та сорбентами мікотоксинів сприяє швидкому росту, покращенню FCR та зміцненню імунітету. Стабільна нітрифікація, біофільтрація забезпечує ефективне видалення амонійних сполук, що знижує

ризик токсикозу. Контроль фотоперіоду та температури, зокрема підтримка оптимального світлового режиму (16:8) та температури (22–26 °C) стимулює метаболізм і ріст. Біобезпека - ізоляція від зовнішнього середовища знижує ризик занесення патогенів.

УЗВ є ідеальним об'єктом для навчальних лабораторій, оскільки дозволяє моделювати біологічні процеси в реальному часі, проводити лабораторні дослідження води та біоматеріалу, аналізувати економічну ефективність вирощування, формувати навички управління технологічним процесом.

Отже, вирощування коропоподібних в УЗВ демонструє значну перевагу за продуктивністю, біологічною стабільністю та керованістю процесів. Це робить технологію перспективною для освітніх, наукових і комерційних цілей, особливо в умовах обмежених водних ресурсів та потреби в екологічно чистій продукції.

Висновки

1. Родина корошових (*Cyprinidae*) є найбільшою серед прісноводних риб і включає понад 2 400 видів, поширених у водоймах Євразії, Північної Америки та Африки. В Україні представники цієї родини відіграють ключову роль у товарному рибництві, аквакультурі та декоративному рибництві. Вони характеризуються високою екологічною пластичністю, різноманітністю типів живлення та здатністю до адаптації в умовах штучного середовища, зокрема в установках замкнутого водопостачання (УЗВ)

2. Завдяки різноманітності біологічних характеристик, представники родини корошових дозволяють формувати ефективні технологічні схеми вирощування в УЗВ, адаптовані до різних цілей — від товарного виробництва до освітньо-дослідницьких завдань.

3. Установки замкнутого водопостачання (УЗВ) є однією з найбільш інноваційних технологій у сучасній аквакультурі. Вони дозволяють інтенсивно вирощувати рибу в закритих системах з мінімальним витрачанням свіжої води (лише 1-10% від загального об'єму на добу), повним контролем середовища та високою щільністю посадки.

4. Вирощування корошоподібних в УЗВ адаптовано до їхньої біології: вони всеїдні, швидко ростуть (короп досягає 1-2 кг за 12-18 місяців) і витримують високі щільності. Температура води має бути 24-26°C для максимального росту; нижче 20°C уповільнює метаболізм, аміак <0,02 мг/л, нітрити <0,1 мг/л, нітрати <50 мг/л, тверді частинки <10 мкм. Щільність посадки для малька — 100-500 шт./м³, для товарної риби — 50-100 кг/м³. Освітлення - 12-годинний світловий день для стимуляції росту; LED-лампи для енергоефективності. Водний обмін - 90-99% рециркуляція, з додаванням свіжої води для компенсації випаровування. Температура води оптимальний діапазон: 22-26°C, Короп: 24-26°C (максимальний приріст) (табл. 6). Летальні межі температурного режиму для корошоподібних <12°C (гіпотермія), >32°C (гіпертермія). Оптимальний рівень $\geq 6,0$ мг/л (сатурація 80-100%). Критичний мінімум 4,0 мг/л, Методи підтримки: аератори, інжектори O₂. Оптимальний

pH: 7,0-8,0, буферна ємність 1,5-2,5 мекв/л (HCO_3^-), добові коливання: $\leq 0,3$ одиниці.

5. Гідрохімічні параметри для лабораторного вирощування коропоподібних: температура 22-26°C, $\text{O}_2 \geq 6,0$ мг/л, pH 7,0-8,0, $\text{NH}_3 < 0,02$ мг/л. Біологічні параметри: щільність 50-150 кг/м³, фотоперіод 12:12, пробіотична мікробіота. Дотримання цих показників забезпечує виживання $>95\%$, приріст 1-2% маси/добу, відтворюваність результатів досліджень. Сучасні сенсорні системи дозволяють автоматизувати контроль, що є основою для стандартизації лабораторних методик у аквакультур

6. Для освітньо-наукових цілей доцільно оснастити УЗВ сенсорними системами з можливістю збору та аналізу даних студентами. Варто впровадити лабораторні протоколи для дослідження води, біофільтрації та кормової ефективності. Рекомендується використовувати різні види коропоподібних для порівняльних біологічних досліджень. Також слід інтегрувати економічні моделі та наукову документацію для формування практичних навичок.

Список використаних джерел

1. Бойко О.М. Аквакультура коропоподібних: Підручник. К.: НАУ, 2022. 320 с.
2. Wedemeyer G.A. Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. NY: Springer, 2020. 450 p.
3. Pipoly I. et al. Optimal rearing conditions for common carp. Aquaculture, 2023. V. 567. P. 739-748.
4. Рекомендації FAO з якості води в аквакультурі. Рим: FAO, 2021. 120 с.
5. Ткаченко О.В. Лабораторні методи в іхтіології. Харків: ХНАУ, 2024. 210 с.
6. Крафтові технології виробництва продукції тваринництва : навчальний посібник / 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.
7. 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.
8. Екологічні основи формування функціональної системи безпеки і якості харчової сировини: 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, 2021.201с.
9. Загальні технології харчових виробництв: підруч. За науковою редакцією проф. М. М. Калакури та проф. Л. Ф. Романенко В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко та ін. К.:Університет «Україна»,2012. 814 с.
10. 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.
11. Безпека та якість продукції тваринництва : навчальний посібник / Павлюк С.К., Трохименко В.З., Ковальчук Т.І., Вербельчук Т.В., Вербельчук

С.П., Лісогурська О.В., Шуляр А.Л. Житомир : Поліський університет, 2024. 257 с.

12. 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.,.

13. Zakharchenko K., Khomenko M., Seba M., Golovetskyi I., Trokhymenko V., Bryukhachova I. Influence of biologically active preparations on biochemical indicators of sows' blood and the survival level of sucking pigs. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 2024. vol. 49, no. 4, pp. 276-285. DOI: 10.14710/jitaa.49.4. 276-285

14. The effect of neurotropic supplements on lactogenesis in female pigs and the development of their offspring Khomenko M, Seba M, Ryban S, Golovetskyi I, Kurbatova I, Bogdanova N, Trokhymenko V, and Kepkalo I. *Online J. Anim. Feed Res.*, 2024. Volume 14, Issue 6: P. 383-389. DOI: <https://dx.doi.org/10.51227/ojafr.2024.44>

15. Трохименко В.З., Дідух М.І., Ковальчук Т.І., Захарін В.В., Безверха Л.М. Система управління безпекою продуктів харчування (НАССР) в умовах ТОВ «Еком'ясо Полісся». *The International Scientific Periodical Journal «Modern Scientific Researches»*. Issue №11. Part 2. March 2020.

16. 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.

17. Алимов С. І. Рибне господарство України: стан і перспективи: підручник. Київ: Вища освіта, 2003. 336 с.

18. Андрющенко А. І. Технологія виробництва продукції аквакультури: навч. посіб. Київ, 2006. 336 с.

19. Андрющенко А. І., Алимова С. І. Ставовє рибництво: підручник. Київ : Видавничий центр НАУ, 2008. 636 с.

20. Гарнаженко Ю. А. Аналіз імпорту рибо- та морепродуктів в Україні. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С. З. Гжицького*. 2014. Вип. 59. С. 275–280.

21. Гринжевський М. В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти). Львів : Вільна Україна, 1998. 365 с.

22. Гринжевський М. В. Аквакультура України: стан та перспективи розвитку. Вісник аграрної науки. 2002. Випуск 4. С. 34–38.
23. Давидов О. М. Основи ветеринарно-санітарного контролю у рибництві : посібник. Київ : Фірма "Інкос", 2004. 144 с.
24. Давидов О.М. Сучасні аспекти оздоровлення риб в аквакультурі. Київ: інститут зоології НАН України, 1998. 112 с.
25. 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.
26. Довідник рибовода : підручник. / П. Т. Галасун та ін. Київ, 1985. 184 с.
27. Інтенсивне рибництво: зб. інструктивно-технологічної документації/ редкол.: П. М. Марценюк. Київ: Аграрна наука, 1995. 186 с.
28. Коваленко В.О. Індустріальне рибництво : методичні вказівки до самостійної роботи студентів. Київ: Аграр Медіа Груп, 2011. 140 с.
29. Технології виробництва об'єктів аквакультури / Андрющенко А. І., Алимов С. І., Захаренко М. О., Вовк Н. І. Київ: Вища освіта, 2006. 336 с.
30. Фауна України. В 40 т. Т. 26. Вищі раки. Вип.3. Річкові раки / С. Я. Бродський. Київ : Наукова думка, 1981. 211 с.
31. Фізіологія риб : підручник. / П. А. Дехтяров та ін. Київ: Вища школа, 2001. 128с.
32. Шерман І. М., Євтушенко М. Ю. Теоретичні основи рибництва: підручник. Київ: Фітосоціоцентр, 2012. 484 с.
33. Borisov R. R., Tertitskaya A.G. The process of the tail fan formation in freshwater crayfish. *Freshwater Crayfish*. 2010. Vol. 17, № 1. P. 235-238.
34. Brown, J.H. Antibiotics: their use and abuse in aquaculture. *World Aquaculture*. 1989. Vol. 20, №. 2. P. 34–43.
35. Crandall K. A., Buhay J.E. Global diversity of crayfish in freshwater. *Hydrobiologia*. 2008. Vol. 595, № 1. P. 295-301.
36. 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).

37. Mezhzherin S. V., Kostyuk V. S., Zhalai E. I. Peculiarities of the genetic structure of populations and morphological variability of populations of crayfish *Astacus Fabricius*, 1775 in the south-east of Ukraine. Scientific Bulletin of Uzhgorod University. 2012. Vol. 33, № 2. P. 33–136.

38. 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.

39. 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.

40. Куликівський А. Технологічні особливості установок замкнутого водопостачання для вирощування коропоподібних. *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. 52-53.