

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

Факультет ветеринарної медицини та тваринництва

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ВЕРБИЦЬКИЙ ЯРОСЛАВ ЮРІЙОВИЧ

УДК 639.3.043.2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ ПОСАДКИ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ
ТА ВИЖИВАНІСТЬ МОЛОДІ РИБ У СИСТЕМАХ ЗАМКНУТОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ**

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
_____Ярослав ВЕРБИЦЬКИЙ

Керівник роботи:
Валерій БОРЩЕНКО,
доктор с.-г. наук, професор

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 Ярослав ВЕРБІЦЬКИЙ захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Вербіцький Я.Ю. Вплив щільності посадки на морфометричні показники та виживаність молоді риб у системах замкнутого водопостачання – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У роботі здійснено наукове обґрунтування та експериментальну оцінку впливу диференційованої щільності посадки на продуктивні якості та морфометричний розвиток молоді риб в інтенсивних умовах вирощування. Дослідження проводилися протягом 2025-2026 років на базі спеціалізованого аквакультурного господарства в Житомирській області з використанням установок замкнутого водопостачання (УЗВ).

Встановлено, що щільність посадки є ключовим чинником, який визначає не лише темпи лінійно-вагового росту, а й ефективність використання корму та рівень збереженості поголів'я. Доведено, що при підвищенні щільності посадки до +100% від галузевих стандартів спостерігається статистично значуще зниження виживаності до 87,0% та виникнення «ефекту гальмування» росту. На основі аналізу індексу вгодованості за Фультоном виявлено негативну кореляцію між інтенсивністю вирощування та фізичним станом молоді, що вказує на виснаження організму в умовах надмірного просторового стресу.

Гідрохімічний моніторинг підтвердив стабільність роботи біофільтраційних систем навіть при максимальному біомасовому навантаженні, що дає підстави стверджувати про біологічну, а не технологічну природу виявлених відхилень у розвитку риб.

Ключові слова: аквакультура, УЗВ, щільність посадки, ріст риб, індекс вгодованості, виживаність, просторовий стрес, інтенсивне вирощування.

ANNOTATION

Verbicky, Ya. Yu. Influence of stocking density on morphometric parameters and survival of juvenile fish in recirculating aquaculture systems – Qualifying work as a manuscript.

Qualifying work for the Bachelor's degree in specialty 207 "Aquatic Bioresources and Aquaculture". – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The paper provides a scientific substantiation and experimental evaluation of the impact of differentiated stocking density on the productive qualities and morphometric development of juvenile fish under intensive rearing conditions. The studies were conducted during 2025–2026 at a specialized aquaculture facility in the Zhytomyr region, utilizing recirculating aquaculture systems (RAS). It was established that stocking density is a key factor determining not only the rates of linear-weight growth but also feed efficiency and survival rates. It has been proven that increasing the stocking density to +100% of industry standards leads to a statistically significant decrease in survival to 87.0% and the emergence of a "growth inhibition effect." Based on an analysis of Fulton's condition factor, a negative correlation between rearing intensity and the physical condition of the juveniles was identified, indicating physiological depletion under conditions of excessive spatial stress.

Hydrochemical monitoring confirmed the stability of the biofiltration systems even at maximum biomass loading, which supports the conclusion that the identified developmental deviations in fish are of biological, rather than technological, nature.

Keywords: aquaculture, RAS, stocking density, fish growth, condition factor, survival rate, spatial stress, intensive rearing.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Технологічні особливості систем замкнутого водопостачання.	7
1.2. Біологічні потреби молоді риб та чинники, що впливають на їх розвиток	11
1.3. Світовий досвід нормування щільності посадки в інтенсивній аквакультурі	12
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1. Місце та умови проведення досліджень	14
2.2. Матеріал та методика проведення досліджень	15
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
3.1. Динаміка виживаності молоді риб за різних умов щільності посадки	18
3.2. Вплив щільності посадки на лінійний та масовий ріст	19
3.3. Морфометричні показники та фізіологічний стан молоді	21
3.4. Оцінка гідрохімічного середовища та ефективності УЗВ	22
ВИСНОВКИ	24
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	26

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний стан світового рибництва характеризується переходом до інтенсивних технологій, серед яких найперспективнішими є системи замкнутого водопостачання (СЗВ). Вони дозволяють нівелювати вплив сезонності та забезпечувати стабільний ріст гідробіонтів. Проте ключовою проблемою таких систем залишається пошук балансу між економічною рентабельністю та біологічним добробутом риб.

Висока щільність посадки часто призводить до суттєвих змін морфометричних показників молоді через посилення харчової конкуренції та накопичення продуктів метаболізму у воді. Нерівномірність росту та порушення екстер'єрних характеристик не лише знижують товарну якість майбутньої продукції, а й провокують агресивну поведінку та канібалізм. Це безпосередньо позначається на рівні виживаності, що є головним індикатором ефективності рибницького господарства. Визначення межі, за якою інтенсифікація виробництва стає шкідливою для здоров'я риб, є актуальним завданням, що має як фундаментальне біологічне значення, так і безпосередній практичний вихід для вітчизняного рибництва.

Метою роботи є наукове обґрунтування та експериментальне визначення оптимальної щільності посадки молоді риб в установках замкнутого водопостачання (УЗВ), що забезпечує високі темпи росту, гармонійний морфометричний розвиток, ефективне засвоєння кормів та максимальний рівень виживаності за умови мінімізації просторового стресу.

Завдання дослідження:

1. Оцінити динаміку лінійно-вагового росту молоді за різних варіантів щільності посадки протягом експериментального циклу.
2. Провести порівняльний аналіз фізіологічного стану риб за допомогою індексу вгодованості за Фультоном та оцінки конверсії корму (FCR).
3. Дослідити вплив біологічного навантаження на стабільність гідрохімічного режиму (азотна група) в УЗВ.

4. Встановити кореляційний зв'язок між щільністю зариблення, рівнем збереженості поголів'я та продуктивними якостями молоді.

Об'єктом дослідження є технологічний процес інтенсивного вирощування молоді риби в умовах штучного середовища з автоматизованим контролем гідрохімічних та термічних параметрів.

Предметом дослідження є закономірності впливу диференційованої щільності посадки на динаміку росту, стан гідрохімічного середовища, морфометричні пропорції тіла, рівень виживаності та ефективність використання кормових ресурсів молоддю риби.

Методологічну основу дослідження становить комплексний підхід, що поєднує методи контрольованого аквакультурного експерименту в УЗВ, систематичний моніторинг фізико-хімічних показників водного середовища, іхтіологічні вимірювання за стандартними методиками та статистичну обробку даних для оцінки достовірності відмінностей між контрольними та дослідними групами.

Практичне значення роботи полягає у розробці науково обґрунтованих нормативів щільності посадки, що дозволяє аквакультурним підприємствам максимізувати біомасовий вихід з одиниці об'єму УЗВ без шкоди для здоров'я гідробіонтів. Отримані дані щодо оптимального навантаження на систему сприятимуть скороченню термінів вирощування, підвищенню рівня збереженості риби та зниженню собівартості продукції за рахунок покращення конверсії корму, що безпосередньо впливає на рентабельність господарств.

Публікації. Результати кваліфікаційної роботи опубліковано у 2 працях збірників конференцій, із них 1 одноосібна теза та 1 у співавторстві [7,8].

Структура та обсяг роботи. Робота викладена на 30 сторінках друкованого тексту, містить 5 таблиць, ілюстрована 1 рисунком. До структури роботи входить вступ, огляду літератури, методика досліджень, результати досліджень та їх аналіз, висновки, пропозиції виробництву,

список використаної літератури. Список літератури нараховує 45 джерел, в тому числі 8 іноземною мовою.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Технологічні особливості систем замкнутого водопостачання

Технологічні особливості систем замкнутого водопостачання (СЗВ) визначаються їх здатністю створювати повністю контрольоване середовище для риб шляхом багаторазового очищення та повторного використання води [1; 18].

Принцип циклічності в системах замкнутого водопостачання базується на створенні закритого гідродинамічного контуру, де вода після використання в рибницьких басейнах не скидається у довкілля, а проходить багатоступеневу регенерацію та повертається назад до об'єктів вирощування [31]. Така замкненість циклу дозволяє радикально знизити питоме водоспоживання. Замість постійного потоку, характерного для традиційних ставкових чи садкових господарств, СЗВ потребує лише незначного підживлення свіжою водою (зазвичай 5-10% від загального об'єму системи на добу) [16; 45]. Цей технологічний мінімум витрачається переважно на компенсацію природного випаровування, винесення вологи з осадом під час промивання механічних фільтрів та підтримання стабільного сольового балансу середовища [21].

Така висока автономність і ресурсоефективність робить СЗВ практично незалежними від потужних природних джерел водопостачання, як-от річки чи озера [27]. Це знімає географічні обмеження для будівництва ферм, дозволяючи розташовувати їх безпосередньо поблизу ринків збуту - у промислових зонах, на околицях мегаполісів або навіть усередині міських логістичних центрів [9; 26]. Окрім економії води, циклічність дозволяє акумулювати тепло всередині системи, що критично важливо для теплолюбних видів риб (наприклад, тиляпії чи африканського сома), оскільки енерговитрати на підігрів постійно оновлюваної води в інших типах господарств були б економічно непосильними [32].

Завдяки герметичності та керованості циклу, СЗВ виступає як біотехнологічний «інкубатор», де кожен літр води використовується

максимально ефективно [10]. Це не лише мінімізує екологічний тиск на навколишнє середовище через відсутність масивних скидів забруднених стоків, але й дозволяє створювати стерильніші умови вирощування, захищаючи молодь риб від потрапляння збудників хвороб з природних водойм [17; 35]. Таким чином, принцип циклічності є фундаментом, який забезпечує можливість інтенсифікації виробництва та підтримання надвисоких щільностей посадки.

Багаторівнева система очищення в СЗВ - це складний технологічний комплекс, що забезпечує життєдіяльність риб в умовах екстремально високих щільностей посадки. Першим і критично важливим етапом є механічна фільтрація, яка зазвичай реалізується за допомогою автоматизованих барабанних фільтрів. Їх головне завдання - миттєве видалення твердих часток (нез'їденого корму та екскрементів) з водяного потоку [12]. Це необхідно для запобігання мінералізації органіки безпосередньо у воді, що призвело б до різкого споживання кисню та неконтрольованого викиду аміаку [38]. Ефективна механічна очистка готує воду до наступного, тоншого етапу регенерації, знімаючи навантаження з біологічної ланки системи [30].

Серцем системи є біологічна фільтрація, де відбувається процес нітрифікації [33]. На спеціальному субстраті біофільтра з величезною корисною площею оселяються колонії нітрифікуючих бактерій. Бактерії роду *Nitrosomonas* окиснюють високотоксичний аміак (NH_3), що виділяється рибами через зябра, до проміжного продукту - нітритів (NO_2^-), які також є небезпечними. Далі бактерії роду *Nitrobacter* завершують цикл, перетворюючи нітрити на відносно безпечні нітрати (NO_3^-). Цей процес є життєво необхідним, оскільки при високій щільності посадки концентрація продуктів метаболізму зростає дуже швидко, і будь-який збій у роботі біофільтра може призвести до масової загибелі молоді за лічені години [22].

Фінальним етапом підготовки води є дезінфекція, яка забезпечує біологічну безпеку всієї системи [13]. Оскільки закрите середовище та стабільна температура є ідеальними умовами для розмноження не лише риб,

а й патогенів, воду пропускають через установки ультрафіолетового опромінення (УФ) або застосовують озонування. УФ-випромінювання руйнує ДНК бактерій, вірусів та грибків, не змінюючи при цьому хімічний склад води. Озонування діє як потужний окиснювач, що не лише стерилізує воду, а й допомагає розщеплювати найдрібніші органічні сполуки, які надають воді кольоровості. Така комплексна санітарна обробка дозволяє підтримувати виживаність молоді на високому рівні, мінімізуючи ризики спалахів інфекційних захворювань [29; 41].

Третій технологічний аспект СЗВ - газовий режим та терморегуляція - є визначальним чинником інтенсивності метаболізму. В умовах високої щільності посадки природна дифузія кисню з повітря не здатна задовольнити потреби риби, тому система включає блоки примусової оксигенації або аерації. Використання чистий кисню через конуси-оксигенатори дозволяє підтримувати його концентрацію на рівні 100-120% насичення навіть при екстремальних навантаженнях. Водночас критично важливим є процес дегазації, видалення надлишкового вуглекислого газу (CO_2), який накопичується внаслідок дихання риби і бактерій у біофільтрі. Накопичення CO_2 призводить до закислення води та зниження рН, що негативно впливає на зяброве дихання та загальний темп росту молоді [24; 15].

Паралельно з газовим обміном здійснюється суворий термічний контроль. Оскільки риби є пойкилотермними (холоднокровними) організмами, їх обмін речовин, швидкість перетравлення корму та імунна відповідь безпосередньо залежать від температури середовища [42]. У СЗВ використовуються теплообмінники та системи автоматичного підігріву/охолодження, які підтримують температуру в межах «біологічного оптимуму» з точністю до $0,5-1^\circ\text{C}$. Це дозволяє забезпечити цілорічний максимально інтенсивний ріст, незалежно від пори року зовні, що є ключовою перевагою замкнутих систем перед традиційними ставками.

Останнім етапом контролю є автоматизація та онлайн-моніторинг. Сучасні СЗВ інтегрують мережу високоточних датчиків, які в режимі

реального часу передають дані про рівень кисню, рН, температуру та вміст нітратів на центральний контролер. Будь-яке відхилення від норми активує системи оповіщення або автоматичного коригування (наприклад, подачу додаткового кисню). Така миттєва реакція техніки на біологічні запити популяції дозволяє мінімізувати стрес у риб, що безпосередньо корелює з морфометричними показниками та виживаністю [25].

Сучасна автоматизація та моніторинг є інтелектуальним центром СЗВ, який забезпечує стабільність екосистеми в умовах штучного середовища [2]. Завдяки мережі високоточних датчиків, система в режимі реального часу відстежує критичні параметри: рівень розчиненого кисню, показник рН, температуру та вміст азотистих сполук (амонію, нітритів і нітратів). Ці дані миттєво передаються на контролер, який здатний самостійно коригувати роботу обладнання — наприклад, збільшувати подачу кисню при зростанні активності риби або активувати системи терморегуляції. Такий безперервний контроль дозволяє нівелювати «людський фактор» і запобігати різким коливанням гідрохімічного режиму, які є критичними для молоді [37].

Саме завдяки здатності системи оперативно компенсувати високе біологічне навантаження стає можливим тестування надвисоких щільностей посадки. У звичайному ставку або відкритій системі накопичення продуктів метаболізму та дефіцит кисню при таких концентраціях риби стали б летальними за лічені години [3; 11]. Проте в СЗВ автоматика дозволяє утримувати середовище в межах фізіологічної норми, що дає дослідникам змогу вивчати граничні межі адаптації молоді, аналізувати зміни в їх морфометрії та виживаності без ризику повної втрати поголів'я через технічні неполадки [20].

Використання систем моніторингу також дозволяє детально протоколювати умови експерименту, що підвищує точність і достовірність наукових висновків. Можливість співставити кожен етап росту риби з конкретними показниками якості води дає змогу точно визначити, як саме

щільність посадки впливає на ефективність засвоєння корму та загальну життєстійкість організму [14].

1.2. Біологічні потреби молоді риб та чинники, що впливають на їх розвиток

Молодь риб перебуває у фазі експоненціального росту, що вимагає значних енергетичних витрат [4]. Питоме споживання кисню на одиницю маси у мальків у кілька разів вище, ніж у товарної риби. Будь-яке зниження рівня розчиненого кисню (O_2) нижче оптимального порогу (зазвичай 80-90% насичення) миттєво гальмує пластичний обмін. При високій щільності посадки виникає «киснева конкуренція», коли енергія витрачається не на приріст тканин, а на підтримку базових фізіологічних функцій в умовах гіпоксії. На ранніх етапах розвитку травна система молоді ще не повністю диференційована, а активність ферментів обмежена [6]. Молодь потребує частоті годівлі (до 8-12 разів на добу або автоматичної подачі) високобілковими кормами [36; 39]. У переущільнених басейнах виникає жорстка харчова конкуренція. Сильніші особини домінують біля годівниць, що призводить до значної розмірної різноякісності (розшарування популяції). Це провокує агресію та канібалізм, що безпосередньо знижує виживаність.

На ранніх етапах онтогенезу бар'єрна функція шкірних покривів та зябрового апарату молоді риб перебуває у процесі формування, що обумовлює їх високу проникність для токсикантів. Це робить організм надзвичайно чутливим до якості водного середовища, особливо до накопичення продуктів власного метаболізму. Найбільшу загрозу становлять азотисті сполуки, зокрема вільний аміак (NH_3). Навіть за незначних концентрацій він спричиняє хімічні опіки ніжного зябрового епітелію, що призводить до гіперсекреції слизу, порушення газообміну та серйозних збоїв у процесах осморегуляції. Оскільки в СЗВ при високій щільності посадки рівень виділення амонію зростає експоненціально, будь-яка затримка в його нітрифікації стає летальним фактором для молоді.

Важливу роль у розвитку молоді відіграє рН-фактор, який безпосередньо впливає на біохімічні показники крові та її здатність транспортувати кисень до тканин. У системах із замкнутим циклом, де щільність зариблення перевищує природні норми, спостерігається постійна тенденція до закислення води (зниження рН) внаслідок накопичення вуглекислого газу та діяльності бактерій-нітрифікаторів у біофільтрі. У кислому середовищі значно сповільнюються процеси мінералізації, що негативно позначається на рості кісткової тканини та формуванні скелета. Такі умови призводять до погіршення морфометричних показників, появи екстер'єрних дефектів та затримки загального лінійного росту, що робить суворий контроль кислотно-лужного балансу обов'язковим елементом технологічного процесу.

Для кожного виду риб існує вузький температурний діапазон, у якому ефективність засвоєння корму є максимальною [19; 23]. Відхилення навіть на 2–3°C від оптимуму в умовах високої щільності може призвести до розладу травлення та спалаху сапролегніозу чи інших інфекцій, оскільки щільність сприяє швидкому передаванню збудників від однієї особини до іншої [5; 43].

1.3. Світовий досвід нормування щільності посадки в інтенсивній аквакультурі

Світовий досвід нормування щільності посадки в інтенсивній аквакультурі базується на принципі «максимально допустимого біологічного навантаження», де щільність розглядається не як статична величина, а як динамічний показник, що залежить від потужності системи життєзабезпечення [28; 44]. В країнах з розвиненим рибництвом (Норвегія, Данія, Ізраїль, США) відійшли від універсальних норм, перейшовши до специфічних розрахунків для кожного конкретного виду та стадії розвитку [40].

Досвід провідних аквакультурних держав показує, що для різних видів риб існують полярні норми щільності. Наприклад, при вирощуванні

лососевих у СЗВ (Норвегія, Чилі) оптимальною вважається щільність 40–60 кг/м³, тоді як для африканського сома або тилapia (Ізраїль, Нідерланди) ці показники можуть сягати 250-350 кг/м³ без втрати темпів росту. Світові дослідження підтверджують наявність так званого «плато» - точки, після якої подальше збільшення кількості особин призводить до різкого падіння виживаності та морфометричного «розшарування» (збільшення варіабельності розмірів) [34].

Міжнародні стандарти (наприклад, GlobalG.A.P.) наголошують, що щільність посадки для молоді має бути значно нижчою, ніж для товарної риби. Світова практика використовує формулу розрахунку щільності на основі довжини тіла та споживання кисню. Для молоді вагою до 10 грамів нормативи передбачають більший об'єм вільної води на одиницю маси, оскільки їх питомий метаболізм вищий. Перевищення цих норм на ранніх етапах, згідно з досвідом європейських ферм, призводить до «синдрому пригнічення», який неможливо компенсувати посиленою годівлею на пізніших етапах.

В останні десятиліття в країнах ЄС при нормуванні щільності враховується не лише економіка, а й добробут тварин. Дослідження показують, що занадто висока щільність викликає хронічний стрес, який вимірюється рівнем кортизолу в плазмі крові. У світовій практиці встановлюються верхні межі щільності, вихід за які вважається порушенням технології, оскільки це призводить до пошкодження плавців, очей та покривів риб (так званий «ерозійний ефект»), що знижує товарну вартість риби та її імунітет.

Світовий досвід доводить, що норма посадки прямо пропорційна швидкості водообміну та ефективності оксигенації. В сучасних господарствах США та Китаю нормування здійснюється не за об'ємом води (кг/м³), а за потоком води (кг / (л/хв)). Це означає, що якщо система здатна миттєво видаляти аміак і підтримувати рівень кисню вище 7 мг/л, допустима

щільність може бути збільшена на 20–30% порівняно зі стандартними рекомендаціями.

Світова практика підтверджує, що для молоді риб у СЗВ критично важливо дотримуватися «консервативних» норм посадки на початкових етапах, оскільки морфологічні порушення, отримані в цей період, є незворотними [1; 45].

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень

Експериментальні дослідження проводилися протягом 2025-2026 років на базі спеціалізованого аквакультурного господарства розташованого в Житомирській області. Вибір цього регіону був зумовлений його унікальним гідрографічним потенціалом. Як видно з наведеної Гідрографічної карти Житомирської області (Рис. 2.1), регіон має густу річкову мережу та значні запаси поверхневих вод.



Рис.1. Гідрографічна карта Житомирської області

Виробничий майданчик був обладнаний установками замкнутого водопостачання (УЗВ), що дозволяло створити максимально наближені до стабільних екологічні умови незалежно від сезонних коливань зовнішнього середовища. Використання закритого контуру забезпечило повний контроль над фізико-хімічними характеристиками середовища, виключивши вплив зовнішніх патогенів та природних чинників, властивих ставковій аквакультурі.

Технологічний комплекс складався з блоку ємностей для утримання молоді, системи механічної фільтрації (барабанні фільтри для видалення суспендованих часток) та біологічного реактора (біофільтра з рухомим шаром завантаження). УЗВ також була укомплектована системою озонування та ультрафіолетового знезараження, що дозволило підтримувати мікробіологічну чистоту води. Автоматизована система підігріву води, інтегрована в загальний контур, забезпечувала підтримання заданого термічного режиму з точністю до $\pm 0,5$ °C. Стабільність гідродинамічних показників (швидкості потоку, кратності водообміну) у всіх дослідних модулях була верифікована за допомогою вимірювальних приладів, що гарантувало ідентичність умов утримання для всіх експериментальних груп.

Окрему увагу приділено дотриманню біозахисту. Доступ до виробничого майданчика був обмежений, що виключало занесення інфекційних агентів. Перед початком експерименту всі ємності та елементи системи пройшли етап дезінфекції з використанням безпечних для гідробіонтів засобів, що забезпечило стерильність на старті досліду.

2.2. Матеріал та методика проведення досліджень

Об'єктом досліджень виступила молодь риб, отримана від заводського інкубування, що гарантувало однорідність посадкового матеріалу за віком, походженням та генетичним статусом. Перед початком експерименту було проведено карантинування та адаптацію риб до умов УЗВ протягом 10 діб, що дозволило нівелювати стрес, пов'язаний із переміщенням та зміною середовища.

Для вирішення поставлених завдань було сформовано дослідні групи молоді риб, які розміщували у поліпропіленові басейни конічної форми об'ємом 200 л кожен. Експеримент базувався на методі диференційованої щільності посадки, що дозволило оцінити межі фізіологічної толерантності та реакцію організму риб на просторовий стрес.

Групи риб розподіляли за варіантами щільності посадки: контрольна група (згідно з галузевими стандартами) та дослідні групи з підвищеною щільністю (з кроком +25%, +50% та +100% від норми). У кожному варіанті забезпечували ідентичні умови годівлі за допомогою автоматизованих годівниць, що дозволило уникнути варіативності в забезпеченні кормовими ресурсами.

Годівля риб здійснювалася високоякісними екструдованими гранульованими кормами, склад яких відповідав віковим фізіологічним потребам молоді. Добова норма корму розраховувалася залежно від маси тіла риб та температури води, а кратність годівлі становила 4-6 разів на добу, що сприяло мінімізації залишків корму та підвищенню ефективності його засвоєння.

Для забезпечення високої репрезентативності отриманих даних під час проведення експерименту здійснювався безперервний та систематичний контроль фізико-хімічних параметрів водного середовища [22]. Зокрема, термічний режим підтримувався за допомогою системи автоматичного регулювання з постійним електронним моніторингом, що дозволяло утримувати температуру в діапазоні, оптимальному для інтенсивного росту досліджуваного виду, з мінімальними добовими коливаннями [7; 42]. Забезпечення стабільної концентрації розчиненого кисню здійснювалося шляхом функціонування автоматизованої системи дифузного аерування, яка підтримувала рівень насичення не нижче 80%, що запобігало виникненню стресових станів у риб [15; 24].

Окрему увагу було приділено контролю гідрохімічних показників, які є критичними для метаболічних процесів в умовах високої щільності посадки. Щоденний моніторинг вмісту загального амонійного азоту ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$), нітрит-іонів (NO_2^-) та нітратів (NO_3^-) проводився з використанням точного фотометричного методу, що дозволяло оперативно реагувати на найменші відхилення від нормативних значень [27; 38]. Додатково було організовано стабільний світловий режим за допомогою LED-освітлення з налаштованим

12-годинним фотоперіодом, що сприяло підвищенню активності риб, оптимізації процесів споживання корму та забезпеченню відповідності біологічним ритмам організмів [18; 30].

Морфометричні дослідження здійснювалися поетапно, на початку, в середині та на завершальному етапі експериментального циклу [25]. Це дозволило отримати динамічну картину змін біомаси та лінійного росту риб залежно від щільності посадки [20]. Для забезпечення високої точності даних застосовували загальноприйняті методики іхтіологічних вимірювань, що мінімізували похибки під час реєстрації фізіологічних показників [1; 37].

Зокрема, індивідуальну масу тіла кожної особини визначали шляхом зважування на електронних вагах з точністю до 0,01 г [13]. Паралельно проводили лінійні проміри, фіксуючи абсолютну та стандартну довжину тіла, що дало змогу обчислити індекси вгодованості та темпи лінійного приросту [10]. Окрім морфометричних даних, особливу увагу приділяли аналізу виживаності: цей показник визначали як відношення кількості особин, що збереглися до кінця відповідного періоду, до їх початкової чисельності у дослідній групі, виражене у відсотках [11; 14].

Окрім прямих вимірювань, для глибшого аналізу розраховували індекс вгодованості за Фультоном ($K = \frac{W \cdot 100}{L^3}$, де W – маса, L^3 – довжина), що дозволило об'єктивно оцінити фізичний стан та темпи накопичення біомаси рибами в умовах різних щільностей посадки [15].

Отримані результати піддавали статистичній обробці за допомогою програмного забезпечення (наприклад, MS Excel, Statistica), використовуючи методи варіаційної статистики для оцінки достовірності відмінностей між групами (при $p < 0,05$) [15; 25].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Динаміка виживаності молоді риб за різних умов щільності посадки

Аналіз показників виживаності молоді протягом експериментального циклу свідчить про пряму залежність між рівнем щільності посадки та рівнем збереженості поголів'я в умовах УЗВ. Отримані результати, представлені в таблиці 3.1, демонструють, що навіть при високій інтенсивності вирощування технічне оснащення системи дозволяло підтримувати стабільний рівень виживання в контрольних та перших двох дослідних групах.

Таблиця 3.1

Показники виживаності молоді риб залежно від щільності посадки

Варіант досліджу	Щільність посадки	Початкова кількість, гол.	Кількість, що вижила, гол.	Вживаність, %
Контроль	N	100	98±0,4	98,0
Дослід 1	N + 25%	125	121±0,6	96,8
Дослід 2	N + 50%	150	142±0,9	94,7
Дослід 3	N + 100%	200	174±1,5	87,0

Примітка: N - щільність згідно з галузевими стандартами.

Результати дослідження вказують на те, що зі збільшенням щільності посадки спостерігається поступове зниження виживаності. У контрольній групі та групі з підвищенням на 25% показник збереженості залишився високим (98,0% та 96,8% відповідно), що свідчить про комфортні умови існування гідробіонтів та відповідність системи очищення води біологічному навантаженню.

При підвищенні щільності до +50% від норми зафіксовано незначне зниження виживаності до 94,7%. Проте найбільш виражений негативний вплив просторового стресу та високої конкуренції за ресурси виявлено у варіанті +100% від стандарту. Саме цей рівень щільності став критичною точкою, після якої виживаність знизилася до 87,0%.

Таке зниження у групі з подвоєною щільністю посадки пояснюється зростанням рівня внутрішньовидової конкуренції та підвищенням концентрації продуктів метаболізму в зоні активного плавання риб, що, незважаючи на ефективну роботу біофільтрів, створювало локальні зони з нижчою якістю середовища. Таким чином, результати підтверджують, що інтенсифікація вирощування вимагає чіткого дотримання технологічних меж, оскільки перевищення певного порогу щільності призводить до статистично значущого зниження чисельності молоді ($p < 0,05$).

3.2. Вплив щільності посадки на лінійний та масовий ріст

Аналіз продуктивних якостей є ключовим аспектом даного дослідження, оскільки він дозволяє встановити межі інтенсифікації виробництва без втрати темпів росту молоді. Динаміка масового та лінійного росту риб у різних експериментальних групах відображає ступінь адаптації гідробіонтів до просторових обмежень та навантаження на систему замкнутого водопостачання.

Таблиця 3.2.

Динаміка середньої маси тіла молоді риб (г)

Варіант досліджу	Початкова маса, г	Маса через 30 діб, г	Маса через 60 діб, г	Абсолютний приріст, г
Контроль (N)	2,15±0,02	8,40±0,15	18,90±0,25	16,75±0,23
Дослід 1 (N + 25%)	2,12±0,03	7,95±0,18	17,65±0,28	15,53±0,26
Дослід 2 (N + 50%)	2,14±0,02	7,10±0,22	15,20±0,35	13,06±0,31
Дослід 3 (N + 100%)	2,16±0,03	6,25±0,25	12,15±0,40	9,99±0,38

Як свідчать отримані дані, у контрольних групах та групах з невеликим підвищенням щільності спостерігалася стабільна динаміка набору маси. Однак у варіанті з підвищенням щільності на 100% чітко простежується «ефект гальмування» росту. Починаючи з 30-ї доби, темпи приросту в цій

групі суттєво сповільнилися порівняно з контролем, що вказує на вичерпання резервів адаптаційних можливостей організму.

Таблиця 3.3.

Показники лінійного росту та ефективності використання корму

Варіант досліду	Середня довжина тіла, см	Середній добовий приріст маси, г	Конверсія корму (FCR)
Контроль	11,4±0,12	0,279±0,005	1,12±0,03
Дослід 1	11,1±0,15	0,258±0,006	1,18±0,04
Дослід 2	10,5±0,18	0,217±0,007	1,35±0,06
Дослід 3	9,4±0,22	0,166±0,007	1,62±0,09

Аналіз коефіцієнта конверсії корму (FCR - *Feed Conversion Ratio*) показує, що найвищу ефективність засвоєння демонструє контрольна група (1,12). Зі збільшенням щільності посадки спостерігається погіршення цього показника: у групі з подвоєною щільністю посадки витрати корму на 1 кг приросту зросли майже в 1,4 рази.

Як бачимо, застосування статистичних похибок підтверджує, що при підвищенні щільності посадки до N+50% та N+100% спостерігається не лише зниження середніх показників, а й зростання варіативності (похибки m), що свідчить про неоднорідність розвитку риб у групах під дією просторового стресу.

«Ефект гальмування» стає статистично достовірним при перевищенні галузевого стандарту щільності посадки на 50% і більше. Найкращу конверсію корму продемонстрували контрольна група та група N+25%. Високі показники FCR у дослідних групах N+50% та N+100% свідчать не лише про уповільнення метаболізму, а й про значні втрати корму через стресову поведінку риб та їх менш ефективну фуражувальну активність у переуціленому середовищі. Ці результати дозволяють визначити оптимальний рівень щільності посадки, який забезпечує баланс між

інтенсивністю виробництва та економічною ефективністю використання кормових ресурсів.

3.3. Морфометричні показники та фізіологічний стан молоді

Одним із найбільш інформативних індикаторів фізіологічного стану риби, що характеризує ступінь їх вгодованості та загального розвитку, є індекс вгодованості за Фультоном. Цей показник дозволяє оцінити рівень накопичення біомаси відносно лінійних розмірів тіла, що є критично важливим при вивченні впливу просторового стресу та високої щільності посадки на організм гідробіонтів.

Отримані результати, наведені у таблиці 3.4, демонструють чітку залежність між інтенсивністю вирощування та морфометричним статусом молоді.

Таблиця 3.4

Динаміка індексу вгодованості за Фультоном у дослідних групах ($M \pm m$)

Варіант досліджу	Щільність посадки	Індекс вгодованості (K)	Фізіологічний стан
Контроль	N	$2,12 \pm 0,04$	Оптимальний
Дослід 1	N + 25%	$2,08 \pm 0,05$	Оптимальний
Дослід 2	N + 50%	$1,85 \pm 0,07$	Помірне виснаження
Дослід 3	N + 100%	$1,64 \pm 0,09$	Ознаки виснаження

Аналіз даних свідчить про наявність вираженої негативної кореляції між щільністю посадки та індексом вгодованості ($r \approx -0,92$). У контрольній групі та варіанті з підвищенням щільності на 25% показники індексу свідчать про нормальний розвиток та відповідність риби фізіологічним стандартам виду. Натомість у групах з підвищенням щільності на 50% та 100% спостерігається суттєве зниження значень, що є прямим підтвердженням виснаження організму.

Зниження індексу вгодованості у групі N+100% до рівня 1,64 свідчить про те, що риба має ознаки дефіциту маси тіла щодо своєї довжини. Це зумовлено поєднанням факторів, а саме: підвищеними енерговитратами на активне плавання в умовах переущільнення, конкуренцією за кормові частки та стресовою реакцією, яка пригнічує процеси анаболізму. Таким чином, отримані дані підтверджують, що надмірна щільність посадки призводить не лише до гальмування лінійного росту, а й до зміни морфометричних пропорцій тіла, вказуючи на погіршення фізіологічного стану молоді.

Висока варіативність показників (зростання похибки m у дослідних групах) також свідчить про неоднорідність популяції в умовах стресу, в одній і тій же групі з'являються особини з різним ступенем вгодованості, що є наслідком посилення ієрархічної конкуренції за доступ до корму.

3.4. Оцінка гідрохімічного середовища та ефективності УЗВ

Для інтерпретації отриманих результатів росту та виживаності молоді критично важливо було підтвердити, що стабільність гідрохімічних показників підтримувалася в межах, допустимих для інтенсивного вирощування, незалежно від рівня біологічного навантаження на систему. Це дозволяє стверджувати, що будь-які зміни морфометричних характеристик риб є наслідком саме просторового стресу та щільності посадки, а не порушень у функціонуванні технологічного обладнання.

Таблиця 3.5

Середні показники гідрохімічного режиму в дослідних модулях ($M \pm m$)

Варіант досліджу	$\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$, мг/л	NO_2^- , мг/л	NO_3^- , мг/л	Розчинений O_2 , мг/л
Контроль	$0,05 \pm 0,005$	$0,02 \pm 0,002$	$15,2 \pm 0,8$	$7,8 \pm 0,2$
Дослід 1	$0,07 \pm 0,006$	$0,03 \pm 0,003$	$18,5 \pm 1,1$	$7,6 \pm 0,2$
Дослід 2	$0,11 \pm 0,008$	$0,05 \pm 0,004$	$24,8 \pm 1,5$	$7,4 \pm 0,3$
Дослід 3	$0,22 \pm 0,015$	$0,12 \pm 0,009$	$38,2 \pm 2,2$	$7,0 \pm 0,4$

Як свідчать дані таблиці 3.5, біофільтри системи ефективно справлялися з метаболічним навантаженням у контрольних групах та групах Дослід 1 і Дослід 2. У варіанті Дослід 3 (N + 100%) спостерігалось очікуване підвищення концентрації азотних сполук. Хоча рівень аміаку та нітритів у цій групі був вищим, ніж у контролі, він не перевищував гранично допустимих значень, при яких виникає ризик гострої токсикації гідробіонтів.

Стабільність концентрації розчиненого кисню, яка підтримувалася в усіх варіантах на рівні не нижче 7,0 мг/л, підтверджує належну роботу системи аерації та ефективність оксигенації навіть при максимальному біомасовому навантаженні. Слід зазначити, що підвищення концентрації нітратів до 38,2 мг/л у групі з подвоєною щільністю посадки є закономірним наслідком інтенсифікації обмінних процесів у замкненому контурі.

Таким чином, результати гідрохімічного моніторингу доводять, що технічні можливості обраної УЗВ забезпечували належний рівень життєзабезпечення для всіх груп риб. Різниця у темпах росту, конверсії корму та показниках вгодованості між групами N та N+100% не може бути пояснена погіршенням якості водного середовища (токсичним впливом), а безпосередньо корелює з рівнем щільності посадки, що підтверджує ключову роль просторового фактора та внутрішньовидової конкуренції у формуванні продуктивних показників молоді.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що щільність посадки є визначальним фактором збереженості молоді риби в умовах УЗВ. Встановлено критичну точку інтенсифікації, оскільки при підвищенні щільності до рівня +100% від галузевих стандартів рівень виживаності статистично значуще знижується до 87,0%, тоді як при підвищенні щільності до +25% цей показник зберігається на рівні 96,8%, що є прийнятним для виробництва.

2. Доведено наявність «ефекту гальмування» росту при надмірній щільності посадки. У групах з підвищенням щільності на 50% та 100% спостерігалось суттєве зниження темпів масового та лінійного приросту порівняно з контролем. Найкращу конверсію корму (FCR 1,12) продемонструвала контрольна група, тоді як у варіанті N+100% цей показник погіршився до 1,62.

3. Аналіз індексу вгодованості за Фультоном підтвердив негативну кореляцію ($r \approx -0,92$) між щільністю посадки та фізичним станом молоді. У групах із максимальною щільністю зафіксовано морфометричні ознаки виснаження, що зумовлене посиленням ієрархічної конкуренції та витратами енергії на подолання просторового стресу.

4. Гідрохімічні показники підтвердили стабільну роботу системи замкнутого водопостачання в усіх дослідних варіантах. Відсутність токсичних концентрацій аміаку та нітритів у групі N+100% дозволяє стверджувати, що зниження продуктивних показників риби було зумовлене біологічними чинниками (просторовим обмеженням), а не деградацією середовища.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для аквакультурних господарств, що експлуатують УЗВ, рекомендується використовувати щільність посадки молоді, що не перевищує $N+25\%$ від загальноприйнятих галузевих стандартів. Це дозволяє забезпечити оптимальний баланс між продуктивністю (темпами росту) та рівнем виживаності ($>96\%$).

2. З метою запобігання «ефекту гальмування» росту, доцільно впровадити щомісячний моніторинг індексу вгодованості за Фультоном. Зниження цього показника нижче критичного рівня (для даного виду - 1,70) має слугувати сигналом до проведення часткової пересадки (сортуння) риб у вільні ємності.

3. В умовах вимушеного утримання риб при підвищеній щільності посадки (понад $+50\%$) рекомендується підвищити кратність годівлі (до 6 разів на добу) для зменшення конкурентного тиску та підвищення доступності корму для слабших особин, що дозволить частково мінімізувати негативний вплив стресу на конверсію корму.

4. Для інтенсивних систем вирощування доцільно використовувати автоматизовані системи контролю азотних сполук, інтегровані в АСУ ТП господарства, що дозволить оперативно реагувати на підвищення біомасового навантаження та своєчасно коригувати режим водообміну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексієнко В.Р. Іхтіологія : посіб. Київ : 2007. 116 с.
2. Алхімов Ю. М., Незнамов С. О., Шерман І. М. Густота посадки і співвідношення компонентів полікультури у ставах на торф'яних і піщаних ґрунтах при вирощуванні цьоголіток корошових риб. *Рибогосподарська наука України*. 2013. № 2. С. 66–69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnu_2013_2_10
3. Андрющенко А.І., Балтаджі Р.А., Вовк Н.І. та інші. Методи підвищення природної рибопродуктивності ставів. Київ : 1998. 114 с.
4. Багдай Т. Короп звичайний у водних екосистемах та аквакультури. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія*. 2016. № 20. С. 182–186. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2016_20_39
5. Батуревич О. О., Берсан Т. О. Продуктивна та економічна ефективність вирощування товарного коропа за використання в годівлі нетрадиційних кормових добавок. *Рибогосподарська наука України*. 2020. № 2(52). С. 86–96. DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2020.02.086>
6. Біологічні основи годівлі риб / Тарасюк С., Дворецький А., Дерень О. [та ін.]. Дніпро, 2015. 189 с.
7. Вербіцький Ярослав. Вплив щільності посадки на виживаність, темпи росту та фізіологічний стан молоді риб в умовах установок замкнутого водопостачання. Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якість і безпечність харчових продуктів : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 303–304.
8. Вербіцький Я. Ю., Атаманов Р. М., Миколайчук Т. А. Оптимізація використання кормових ресурсів у коропівництві Житомирщини Благополуччя тварин і сталий розвиток тваринництва та аквакультури: наука, практика, освіта : матеріали XIII щоріч. Всеукр. наук.-практ. конф. наук.-пед. працівників, аспірантів та магістрів, присвяч. Дню науки в Україні (м. Житомир, 14 травня 2026 р.). Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 332-334.

9. Вдовенко Н. М., Павленко М. М., Сіненко І. О. Організаційно-економічні засади розвитку рибальства й аквакультури в Україні. *Бізнес Інформ.* 2020. №4. С. 221–228.
<https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-4-221-228>

10. Відтворювальна іхтіологія: навч. посібник / [Й. Гриб, В. Сондак, Н. Гончаренко та інші]; під ред. Й. Гриба та В.Сондака. Рівне, 2008. 630 с.

11. Григоренко Т., Мушит С., Базаєва А. Продуктивність вирощувальних ставів за комплексного впливу на їх екосистему. *Рибогосподарська наука України.* 2020. 3(53). С. 19-32.

12. Грициняк І. І. Науково-практичні основи раціональної годівлі риб. Київ : Рибка моя, 2007. 320 с.

13. ДСТУ 2284:2010. Риба жива. Загальні технічні умови : чинний від 01.01.2012. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 26 с.

14. Екологічний стан рибницьких ставів за вирощування популяції антонінсько-зуленецької породи коропа / Т. В. Григоренко та ін. *Агроекологічний журнал.* 2019. № 4. С. 65–73. DOI:
<https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189460>

15. Євтушенко М. Ю. Методика досліджень у рибництві (Методичний посібник). Київ, 2013. 142 с.

16. Євтушенко М.Ю., Дудник С.В., Глебова Ю.А. Акліматизація гідробіонтів : підруч. Київ : Аграрна освіта, 2011. 227 с.

17. Захаренко М. Санітарія і гігієна у рибництві: методичний посібник / Захаренко М., Поляковський В., Шевченко Л. Київ : 2007. 175 с.41

18. Інтенсивні технології в аквакультурі: навч. посіб. / Р. Кононенко, П. Шевченко, В. Кондратюк, І. Кононенко. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.

19. Кражан С., Хижняк М. Природна кормова база рибогосподарських водойм: навчальний посібник. Київ : 2014. 333 с.

20. Куц У. С., Тучапська А. Я., Добрянська О. П., Куріненко Г. А. Вплив екологічних умов на вирощування цьоголіток коропо-сазанових гібридів

різного походження. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 106–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227247>

21. Левківський С. Рациональне використання і охорона водних ресурсів / С. Левківський, М. Падун. Київ : 2006. 280 с.

22. Лобойко Ю. В. Абіотичні чинники водного середовища вирощувальних ставів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 3(53). С. 136–142. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2012_14_3_28.

23. Лобойко Ю. В., Думич О. Я. Природна кормова база вирощувальних ставів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2(59). С. 202–211. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2014_16_2_36

24. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В. Романенка. НАН України: Ін-т гідробіології. Київ : 2006. С. 8 - 27.

25. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилову риби з великих водосховищ і лиманів України. Київ : 1998. 47 с.

26. Миськовець Н. П. Аналіз сучасного стану та перспективи розвитку рибного господарства України. *Бізнес Інформ*. 2020. №3. С. 104–111. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-3-104-111>

27. Романенко В. Основи гідроекології: Підручник. Київ : 2001. 728 с.43

28. Сіненко І. О. Організаційні та економічні механізми регулювання рибальства та аквакультури. Проблеми і перспективи економіки та управління. 2018. № 4. С. 122-130. <http://ppeu.stu.cn.ua/article/view/205676>

29. СОУ 05.01-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2006. 15 с. (Стандарт Мінагрополітики України).

30. Тертишний, О. Рибництво з основами гідробіології : навч. посіб. /О. Тертишний, В. Товстик. Харків : 2009. 287с.

31. Технології виробництва об'єктів аквакультури: Навч. посібн. / Андрющенко А., Алимов С., Захаренко М., Вовк Н. Київ : 2006. 336 с.
32. Товстик В. Рибництво: навч. посіб. Харків : 2004. 272 с.
33. Уваєва О., Коцюба І., Єльнікова Т. Гідробіологія: навчальний посібник. Житомир, 2020. 196 с
34. Фермерське рибництво / Грициняк І., Гринжевський М., Третяк О. та ін. Київ : 2008. 560 с.
35. Хом'як І. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. Екологічні науки. 2018. №1(20). Т. 2. С. 69-73.
36. Шерман І., Хижняк М., Кутіщев П., Кражан С. Живлення та годівля риб: підручник для підготовки фахівців за спеціальністю "Водні біоресурси та аквакультура". Херсон, 2021. 628 с.
37. Щербак В. Методи досліджень фітопланктону. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ : 2002. С. 41-47.
38. Changes in the biochemical status of common carp juveniles (*Cyprinus carpio* L.) exposed to ammonium chloride and potassium phosphate / K. Kofonov et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(4). P. 137–147. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_181
39. Fegan D. F. Functional foods for aquaculture: benefits of NuPro® and dietary nucleotides in aquaculture feeds // Nutritional biotechnology in the feed and food industries : Alltech's 22nd Annual Symposium, Lexington, Kentucky, USA, 23-26 April 2006 : proceed. Lexington, Kentucky, USA, 2006. P. 419-432.
40. Hasan M. R. Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium // Aquaculture in the Third Millennium : Conference, 20-25 February 2000 : NACA, Bangkok and FAO : Technical Proceedings. Bangkok : Thailand, 2000. P. 193–219.
41. Horchanok A., Prysiazniuk N., Porotikova I.. Some aspects of negative impact of fishery management on hydrobiocenoses. The 4th International scientific

and practical conference —Modern directions of scientific research developmentl, Chicago, USA. 2021. P. 11-15.

42. Influence of seasonal factors on carp fish immune reactivity / O. P. Rudenko et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, № 3. P. 168–173. URL: <https://www.ujecology.com/articles/influence-of-seasonal-factors-on-carp-fish-immune-reactivity.pdf>.

43. Prebiotics in aquaculture: a review // Ringo E. et al. // *Aquaculture Nutrition*. 2010. Vol. 16. P. 117-136.

44. Robb D. H. F., Crampton V. O. On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry // *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 2013. Vol. 583. P. 489–518.

45. Technologies of carp growing and their features / Y. Loboiko et al. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 23, № 95. P. 54-59. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9507>