

З. +0 МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет ветеринарної медицини та тваринництва
Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ПОЛІЩУК Тимур Юрійович

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

УДК 639.312
(індекс)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

АНАЛІЗ УМОВ УТРИМАННЯ ТИЛАПІЙ (*TILAPIA*)

В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ

(тема роботи)

207 Водні біоресурси та аквакультура

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Світлана Іванівна МАТКОВСЬКА

(прізвище, ім'я, по батькові)

К. С.-Г. Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Поліщук Т.Ю. – Аналіз умов утримання тилапій (*Tilapia*) в установках замкнутого циклу
Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 207 – Водні біоресурси та аквакультура – Поліський національний університет, Житомир, 2025 рік.

В роботі визначено біолого-господарські показники тилапії та технологічні параметри її вирощування в установках замкнутого водопостачання.

Наукова новизна отриманих результатів: У межах дослідження вперше здійснено всебічне вивчення впливу ключових технологічних чинників функціонування установок замкнутого водопостачання на продуктивність тилапії, з урахуванням її біолого-господарських характеристик. Уточнено оптимальні параметри середовища для вирощування цього виду риб у контрольованих умовах, що забезпечують підвищення інтенсивності росту, виживаності та ефективності засвоєння кормів.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено рекомендації щодо щільності посадки, інтенсивності годівлі та створення умов при вирощуванні тилапії в установках замкнутого циклу.

Основні положення що виносяться на захист: доцільність використання тилапії як об'єкта інтенсивного вирощування в установках замкнутого водопостачання, з огляду на її високу адаптивність, швидкий ріст та харчову цінність. Рекомендації щодо вдосконалення технології вирощування тилапії в умовах УЗВ.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел. Робота викладена на 27 сторінках, містить 5 таблиць, 4 рисунки. Список літератури становить 40 найменувань.

Ключові слова: Тилапія, аквакультура, установки замкнутого водопостачання, інтенсивне вирощування, біолого-господарські показники, темп росту, кормова ефективність, технологічні параметри.

ABSTRACT

Polishchuk TY - Analysis of Tilapia maintenance conditions in closed cycle installations
Qualification work for a bachelor's degree in the specialty 207 - water bioresources and aquaculture - Polissya National University, Zhytomyr, 2025.

The work identifies the biological and economic indicators of thylapia and technological parameters of its cultivation in the installations of closed water supply.

Scientific novelty of the obtained results: within the framework of the study, for the first time, a comprehensive study of the influence of key technological factors of functioning of closed water supply installations on the productivity of thilapia, taking into account its biological and economic characteristics, was carried out. The optimal environment parameters for growing this type of fish under controlled conditions are specified, which increase the intensity of growth, survival and efficiency of feed assimilation.

Practical importance of the results: recommendations for planting density, feeding instests and creating conditions for growing thilapia in a closed cycle.

The main provisions for defense are: the feasibility of using thilapia as an object of intensive cultivation in the installations of closed water supply, given its high adaptability, rapid growth and nutritional value. Recommendations for improving the technology of tilapia cultivation in UZV.

Structure of work. Qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, practical recommendations, a list of sources used. The work is laid out on 27 pages, contains 5 tables, 4 figures. The list of literature is 40 titles.

Keywords: thilapia, aquaculture, closed water installations, intensive cultivation, biological and economic indicators, growth rate, feed efficiency, technological parameters.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	6
1.1. Тилапіа (<i>Tilapia</i>)- цінний об'єкт світового рибного господарства.....	6
1.2. Економічні перспективи вирощування тилапії (<i>Tilapia</i>).....	8
РОЗДІЛ II ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ, МЕТОДИКИ І ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
2.1. Біологічна характеристика промислових видів тилапії.....	11
2.2. Методики досліджень.....	13
2.3. Програма та завдання досліджень досліджень	16
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	17
3.1. Особливості вирощування нільської тилапії в установках замкнутого водопостачання.....	17
3.2. Біолого-господарські показники тилапії при вирощуванні в установках замкнутого циклу	21
ВИСНОВКИ.....	25
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28
ДОДАТКИ.....	32

ВСТУП

Актуальність досліджень: Сьогодні, коли глобальна потреба в харчовому білку невідпинно зростає, а природні запаси риби потерпають від надмірної експлуатації, аквакультура виступає ключовим напрямком забезпечення людства цінним джерелом їжі. У цьому контексті особливої уваги заслуговує дослідження та вдосконалення технологій вирощування тилапії в установках замкнутого водопостачання. Актуальність цього напрямку зумовлена низкою вагомих факторів. По-перше, тилапія вирізняється своєю біологічною пластичністю, швидким темпом росту та високими харчовими якостями, що робить її одним з найбільш перспективних видів для інтенсивного вирощування. Зважаючи на зростаючий світовий попит на рибну продукцію, ефективне культивування тилапії є важливим елементом глобальної продовольчої безпеки.

Мета роботи - комплексне вивчення особливостей вирощування тилапії в умовах замкнутих аквакультурних систем – установках замкнутого циклу.

Об'єкт дослідження: продуктивність тилапії при вирощуванні в установках замкнутого циклу.

Предмет дослідження: біолого-господарські показники тилапії та технологічні параметри її вирощування в установках замкнутого водопостачання.

Методи дослідження: при проведенні досліджень використовувались методи порівняння, аналізу, синтезу та загальноприйняті методи математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів: У межах дослідження вперше здійснено всебічне вивчення впливу ключових технологічних чинників функціонування установок замкнутого водопостачання на продуктивність тилапії, з урахуванням її біолого-господарських характеристик. Уточнено оптимальні параметри середовища для вирощування цього виду риб у контрольованих умовах, що забезпечують підвищення інтенсивності росту, виживаності та ефективності засвоєння кормів.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено рекомендації

щодо щільності посадки, інтенсивності годівлі та створення умов при вирощуванні тилапії в установках замкнутого циклу.

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

1. Поліщук Т.Ю. Тилапія нільська (OREOCHROMIS NILOTICUS): біологічні особливості та значення в аквакультурі// Scientific research: modern challenges and future prospects. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Munich, Germany. 2025. Рр. 42-44. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scientificresearch-modern-challenges-and-future-prospects-14-16-04-2025-myunhennimechchina-arhiv/>

2. Поліщук Т.Ю., Колесник Р. С., Янчук А. О. Перспективи розвитку аквакультурного виробництва в Україні// European congress of scientific discovery. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2025. Рр. 23-25. URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-europeancongress-of-scientific-discovery-28-30-04-2025-madrid-ispaniya-arhiv/>

Основні положення що виносяться на захист: доцільність використання тилапії як об'єкта інтенсивного вирощування в установках замкнутого водопостачання, з огляду на її високу адаптивність, швидкий ріст та харчову цінність. Рекомендації щодо вдосконалення технології вирощування тилапії в умовах УЗВ.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, практичних рекомендацій, списку використаних джерел. Робота викладена на 27 сторінках, містить 5 таблиць, 4 рисунки. Список літератури становить 40 найменувань.

Ключові слова: Тилапія, аквакультура, установки замкнутого водопостачання, інтенсивне вирощування, біолого-господарські показники, темп росту, кормова ефективність, технологічні параметри.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Тилапія (*Tilapia*) - цінний об'єкт світового рибного господарства

Розмаїття видів тилапії, що культивуються у різних куточках планети, є прямим наслідком їхньої здатності пристосовуватися до найрізноманітніших екологічних ніш та задовольняти специфічні потреби ринків. Ця пластичність, помножена на цілеспрямовану селекційну роботу, відкрила перед людством цілий спектр можливостей для забезпечення продовольчої безпеки та економічного зростання [16, 18].

Кожен вид тилапії несе в собі унікальний набір генетичних характеристик, що визначають його стійкість до коливань температури водного середовища, рівня солоності, насиченості киснем та інших життєво важливих параметрів. Нільська тилапія (*Oreochromis niloticus*) завоювала світову першість у аквакультурі завдяки своєму стрімкому темпу росту та винятковій здатності виживати у широкому діапазоні умов. На противагу їй, мозамбіцька тилапія (*Oreochromis mossambicus*) демонструє більшу витривалість до солонуватої води, що робить її ідеальним кандидатом для розведення у прибережних зонах, де прісна вода може бути дефіцитом [10,23].

Швидкість набору ваги є ще однією ключовою перевагою деяких видів, особливо нільської тилапії та її гібридних форм. Ця особливість дозволяє аквафермерам значно скорочувати виробничий цикл та підвищувати ефективність господарювання. Не менш важливим є і фактор стійкості до різноманітних захворювань, адже різні види можуть мати вроджений імунітет до певних патогенів, що суттєво впливає на вибір оптимального виду для вирощування в конкретному регіоні з його специфічним епізоотичним фоном.

Смакові вподобання споживачів також відіграють не останню роль у виборі виду тилапії для культивування. У різних куточках світу існують свої унікальні переваги щодо смаку та текстури рибного філе. Деякі види тилапії можуть краще відповідати цим локальним запитам, забезпечуючи їхню популярність на внутрішньому ринку [17, 31].

Сучасні програми генетичного поліпшення відкрили нову еру в аквакультурі тилапії. Завдяки кропіткій селекційній роботі вчені та практики виводять гібридні форми, які поєднують у собі найкращі якості батьківських видів, демонструючи прискорений ріст, підвищену стійкість до хвороб та більший вихід м'ясної продукції. Ці досягнення роблять вирощування тилапії ще більш привабливим та економічно вигідним.

Крім того, існує тенденція до задоволення специфічних нішевих ринків. Наприклад, деякі фермери спеціалізуються на вирощуванні тилапії за органічними стандартами або на досягненні певних розмірних характеристик риби, що дозволяє їм отримувати преміальну ціну на свою продукцію [20, 29].

Географія вирощування тилапії охоплює понад півтори сотні країн, кожна з яких робить свій внесок у світове виробництво цієї цінної риби.

Азійський континент є беззаперечним лідером у виробництві тилапії. Китай утримує пальму першості як найбільший виробник, споживач та експортер цієї аквакультури, де переважна більшість припадає на нільську тилапію. Індонезія посідає друге місце у світовому рейтингу, активно культивує як нільську, так і мозамбіцьку тилапію, відому місцевим жителям як "муджаїр".

Філіппіни також є значним гравцем на цьому ринку, розводячи різноманітні види, включаючи вже згадані нільську та мозамбіцьку. Таїланд зміцнює свої позиції як важливий постачальник тилапії на азійському ринку, де нільська тилапія залишається домінуючим видом. Бангладеш та В'єтнам демонструють стійке зростання у виробництві тилапії, орієнтуючись переважно на нільську породу [17, 31].

На африканському континенті лідерство у вирощуванні тилапії належить Єгипту, де нільську тилапію успішно розводять у ставкових господарствах, садках та навіть на заливних рисових полях. Нігерія, Гана, Кенія, Уганда, Замбія та Зімбабве також активно розвивають аквакультуру тилапії, роблячи ставку переважно на нільську породу [25].

У Латинській Америці Бразилія демонструє значне зростання у виробництві нільської тилапії. Еквадор, Коста-Рика, Гондурас та Мексика

мають добре налагоджену індустрію вирощування тилапії, де також переважає нільська порода [18].

Північна Америка, представлена Сполученими Штатами, хоча й не є основним виробником, проте має значний імпорт тилапії та невелике внутрішнє виробництво. Часто тут застосовуються інноваційні системи аквапоніки або замкнуті рециркуляційні системи, що дозволяють вирощувати різні види тилапії в контрольованих умовах [22, 26, 38].

У контексті країн Сходу та Африки різні види тилапії відіграють стратегічно важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, стимулюванні економічного розвитку та створенні нових робочих місць. Доступність та відносно низька вартість тилапії роблять її незамінним джерелом високоякісного білка для населення регіонів, де доступ до інших видів м'яса може бути обмеженим або фінансово обтяжливим. У багатьох сільських громадах тилапія є не просто одним із продуктів харчування, а життєво необхідною складовою їхнього раціону.

1.2. Економічні перспективи вирощування тилапії (*Tilapia*)

Перш з все, планетарне зростання чисельності населення неминуче веде до збільшення потреби в доступних джерелах білка. На тлі виснаження природних рибних ресурсів, що потерпають від неконтрольованого вилову, аквакультура, і зокрема культивування тилапії, виступає ключовим рішенням для задоволення цього зростаючого попиту на здорову та відносно недорогу рибу проукцію [8, 24, 36].

Важливим аспектом є економічна привабливість самого процесу вирощування тилапії. Її швидкий ріст, невибагливість до умов утримання та здатність ефективно засвоювати бюджетні корми забезпечують значну перевагу над багатьма іншими видами аквакультури та традиційним тваринництвом. Скорочений виробничий цикл сприяє швидшій окупності інвестицій та підвищує загальну рентабельність господарства [33].

Універсальність тилапії щодо систем вирощування також є її сильною стороною. Вона успішно адаптується як до простих ставкових господарств, так і до складних, високотехнологічних закритих рециркуляційних систем (ЗРС) та

інтегрованих аквапонних установок. Така гнучкість дозволяє оптимізувати виробництво відповідно до наявних ресурсів, кліматичних особливостей регіону та вимог ринку. Розвиток інноваційних підходів у цій сфері відкриває можливості для вирощування тилапії навіть в умовах дефіциту землі та водних ресурсів [38].

Зі стрімким зростанням населення в країнах Сходу та Африки зростає і потреба в доступних та поживних продуктах харчування. Аквакультура тилапії є одним із найбільш перспективних шляхів задоволення цього зростаючого попиту у сталий та екологічно відповідальний спосіб, зменшуючи при цьому антропогенний тиск на природні рибні запаси.

Економічне майбутнє тилапії в аквакультурі виглядає надзвичайно перспективним, і на це є вагомі підстави. Сукупність факторів, що формують сучасні тенденції у харчовій промисловості та сільському господарстві, створює сприятливе середовище для подальшого зростання цієї галузі. Глобалізаційні процеси та розвиток міжнародної торгівлі відіграють не останню роль в цих питаннях [37, 40].

Покращення транспортної інфраструктури та лібералізація торговельних відносин спрощують експортно-імпортні операції з тилапією, розширюючи географію її збуту та підвищуючи її економічну цінність на світовому ринку. Зростаючий попит на доступну білу рибу стимулює країни зі сприятливими умовами нарощувати обсяги виробництва.

Значні інвестиції спрямовуються у науково-дослідну сферу та розробку новітніх технологій у галузі аквакультури тилапії. Досягнення в генетиці, селекції, оптимізації кормів та вдосконаленні систем вирощування сприяють підвищенню продуктивності, стійкості до захворювань та екологічної безпеки галузі. Впровадження більш ефективних та екологічно чистих технологій робить вирощування тилапії дедалі привабливішим для інвесторів [23, 39].

У контексті зростаючої світової уваги до принципів сталого розвитку, аквакультура тилапії, особливо з використанням сучасних систем з мінімальним впливом на довкілля, повністю відповідає цим тенденціям. Порівняно з деякими іншими видами аквакультури та традиційним

тваринництвом, вирощування тилапії характеризується меншим вуглецевим слідом та помірнішим споживанням водних ресурсів на одиницю продукції.

Висновки до розділу 1: отже, різні види тилапії, і особливо нільська тилапія, є невід'ємною частиною сільського господарства та економіки багатьох країн Азії та Африки, забезпечуючи населення поживними продуктами, створюючи нові робочі місця та сприяючи сталому соціально-економічному розвитку цих регіонів.

Враховуючи всі ці взаємопов'язані фактори, можна з великою часткою впевненості стверджувати, що вирощування тилапії в найближчому майбутньому буде демонструвати стійке економічне зростання, залучаючи нові інвестиції, створюючи додаткові робочі місця та відіграючи дедалі важливішу роль у забезпеченні глобальної продовольчої безпеки.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ, МЕТОДИКИ І ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Біологічна характеристика промислових видів тилапії

У промисловій аквакультурі світове лідерство утримують два основних види тилапії: нільська (*Oreochromis niloticus*) та мозамбіцька (*Oreochromis mossambicus*), а також їхні міжвидові гібриди, що поєднують цінні господарські ознаки.

Нільська тилапія (*Oreochromis niloticus*) її природне розповсюдження охоплює басейн величної річки Ніл, а також значні території Африканського континенту та Близького Сходу. Тіло цієї риби характеризується сплющеною з боків, але водночас високою формою. Її вирізняє довгий спинний плавець, що складається з гострих колючих та гнучких м'яких променів. Безпомилковою ідентифікаційною рисою є наявність чітких вертикальних смуг чорного кольору, що проходять по всьому тілу, включаючи хвостовий плавець. У самців, які досягли статевої зрілості та перебувають у репродуктивному періоді, нижня частина голови може набувати сіруватого або ніжно-рожевого відтінку. Нільська тилапія здатна досягати значних розмірів, її довжина нерідко перевищує 40 сантиметрів, а вага може сягати кількох кілограмів. У природному середовищі її життєвий цикл може тривати до десяти років, проте в умовах інтенсивної аквакультури рибу зазвичай вирощують до досягнення оптимальної товарної маси, після чого здійснюється забій [2, 4].

Цей вид є типовим мешканцем тропічних широт, надаючи перевагу неглибоким водним ділянкам з добре прогрітою водою. Вона демонструє евригалінність, тобто здатність витримувати широкий спектр солоності води, проте оптимальний ріст спостерігається у прісній воді з температурним режимом 27-31°C (критичні температурні межі становлять 11-12°C та 42°C).

За типом живлення це всеїдна риба з вираженою схильністю до споживання рослинної їжі, її раціон включає фітопланктон, обростання на підводних субстратах (перифітон), водні макрофіти, дрібних безхребетних,

органічний детрит та бактеріальні плівки. Крім того, вона має здатність до фільтраційного живлення, відціджуючи дрібні органічні частинки з води [2,4,7].

Статева зрілість у нільської тилапії настає у віці 5-6 місяців при температурі води не нижче 24°C. Самці активно готують на дні водойми гнізда, куди самки відкладають ікру. Після запліднення самка бере на себе відповідальність за інкубацію ікри в ротовій порожнині, цей процес триває 1-2 тижні і залежить від температури води. Після вилуплення мальки ще деякий час знаходяться в роті матері, отримуючи таким чином захист від хижаків. Кількість відкладених ікринок залежить від розміру самки і може варіюватися від 100 до 1500 за один нерест. У тропічному кліматі нерест може відбуватися безперервно протягом усього року, а в субтропіках він обмежується теплим сезоном. Нільська тилапія є беззаперечним лідером світового виробництва тилапії, що зумовлено її швидким ростом, невибагливістю до умов утримання та високою адаптивністю до різноманітних технологій вирощування [2,4,7].

Мозамбіцька тилапія (*Oreochromis mossambicus*) її природним середовищем існування є південно-східна частина Африканського континенту. За морфологією тіла вона також характеризується сплющеною з боків та відносно високою формою. Її спинний плавець також має колючі промені. Забарвлення тіла може бути різноманітним, але найчастіше зустрічається зеленувато-жовтий фон з розмитими, нечіткими смугами. Самці, як правило, більші за самок і в період розмноження набувають більш яскравого, насиченого забарвлення. Відмінною рисою є слабко виражені або повна відсутність смуг на хвостовому плавці, а у дорослих самців спостерігається характерний вигин догори профілю голови. Мозамбіцька тилапія може досягати довжини понад 40 сантиметрів та ваги, що перевищує один кілограм. У природних умовах її тривалість життя може становити до десяти років [8]. Цей вид віддає перевагу спокійним водоймам, таким як лагуни, річки з повільною течією та штучні водосховища, проте може також заселяти ділянки зі швидшою течією та естуарії річок. Серед основних промислових видів тилапії вона вирізняється найвищою толерантністю до солоної води, демонструючи здатність до акліматизації навіть у повністю морській воді [2,4, 7]. Оптимальний

температурний режим для її росту та розмноження становить 22-30°C (діапазон витривалості 16-39°C). За типом харчування це всеїдна риба, її раціон включає водорості, рослинні залишки, органічні частинки, дрібних безхребетних та дрібну рибу [2, 4, 7, 8].

Статева зрілість у мозамбіцької тилапії настає у віці 3-6 місяців. Самці активно будують гнізда на піщаному дні, де відбувається процес нересту. Самки виношують ікру в ротовій порожнині протягом 5-7 днів, а мальки залишаються під материнською опікою ще 4-7 днів після вилуплення. Кількість відкладених ікринок залежить від розміру самки і може варіюватися від кількох сотень до понад тисячі за один нерест. Самки здатні до багаторазового нересту протягом одного репродуктивного сезону. Мозамбіцька тилапія цінується в аквакультурі завдяки своїй винятковій стійкості до підвищеної солоності води, що робить її цінним об'єктом для вирощування в прибережних зонах та в системах полікультури з морськими креветками. Отримані на її основі червоні гібридні форми також користуються значною популярністю в комерційному рибництві. Забезпечують стабільне отримання достатньої кількості мальків для подальшого розведення. Ефективно засвоюють як природні корми, так і штучно виготовлені комбіновані раціони. Демонструють толерантність до певних коливань якості води та підвищеної щільності посадки. Хоча й не є повністю імунними, але загалом мають кращу опірність до багатьох поширених хвороб риб порівняно з деякими іншими видами [1, 8].

Вибір конкретного виду тилапії для вирощування на комерційній фермі визначається комплексом факторів, серед яких ключовими є кліматичні умови регіону, доступність водних ресурсів (прісної або солоної води), поточні вимоги ринку та технологічні можливості господарства.

2.2. Методики досліджень

Вивчення особливостей розведення та вирощування тилапії в установках замкненого циклу спрямоване на виробництво якісної рибної продукції, тому дослідження в цьому напрямку здійснюються за традиційними методиками які використовуються в рибогосподарській діяльності. З метою

дослідження динаміки збільшення маси тіла тилапії, що утримується в установках із замкнутою системою водопостачання (УЗВ), застосовуються різноманітні методики. Серед найбільш вживаних та інформативних виділяються наступні: 1. Спосіб періодичного вимірювання ваги контрольних зразків; 2. Спосіб обліку сукупної біомаси та розрахунку середньої маси [7, 9].

Спосіб періодичного вимірювання ваги контрольних зразків. Суть його полягає у систематичному зважуванні попередньо відібраних, репрезентативних груп особин із загальної популяції, що досліджується (наприклад, для порівняння впливу різних густот посадки, режимів годування чи температурних режимів).

На початковому етапі експерименту або протягом виробничого циклу формуються контрольні групи риб. Чисельність особин у кожній групі має бути достатньою для забезпечення статистичної достовірності отриманих результатів (зазвичай від 30 до 50 екземплярів, залежно від об'єму басейну та загальної кількості риби). Важливо, щоб риби у кожній групі на момент початку дослідження були максимально ідентичними за розмірними характеристиками та масою тіла [7, 9].

Первинне зважування (визначення початкової маси): кожену рибу з контрольної групи індивідуально зважують з використанням високоточних електронних ваг. Отримані значення фіксуються для кожної окремої особини. Додатково може проводитися вимірювання загальної довжини тіла риби (від крайньої точки риля до кінця хвостового плавця) для подальшого розрахунку індексу вгодованості.

Регулярні проміжні вимірювання: через задані часові інтервали (наприклад, щотижня або кожні два тижні, залежно від швидкості росту риби та тривалості дослідження) здійснюється повторне зважування тих самих ідентифікованих контрольних особин. Під час процедури зважування необхідно вживати заходів для мінімізації стресу у риб. З цією метою можуть використовуватися невеликі резервуари з водою, встановлені на вагах, або, за необхідності та з дотриманням етичних норм, застосовуватися седативні препарати [9, 10].

Фінальне зважування: після завершення експерименту або виробничого циклу проводиться заключне зважування контрольних особин [1, 6]. Аналіз отриманих даних: зібрані дані щодо маси тіла використовуються для розрахунку наступних показників:

Середній приріст маси: різниця між середньою масою групи наприкінці та на початку дослідження.

Середньодобовий приріст : $(\text{Середня кінцева маса} - \text{Середня початкова маса}) / \text{Кількість днів спостереження}$.

Відносний приріст маси: $((\text{Середня кінцева маса} - \text{Середня початкова маса}) / \text{Середня початкова маса}) \times 100\%$.

Специфічний коефіцієнт росту : $(\ln(\text{Середня кінцева маса}) - \ln(\text{Середня початкова маса})) / \text{Кількість днів спостереження} \times 100\%$.

Індекс вгодованості: $(\text{Маса тіла} / (\text{Загальна довжина тіла})^3) \times 100$. Динаміка цього показника може вказувати на зміни у фізіологічному стані риби та умовах її утримання. Спосіб обліку сукупної біомаси та розрахунку середньої маси: цей метод є менш точним для оцінки індивідуального приросту, проте може бути корисним для загальної оцінки продуктивності системи та визначення середніх темпів росту у великих популяціях риб [1, 6].

Періодичний облік загальної біомаси: через визначені проміжки часу проводиться зважування всієї або значної частини риби, що утримується в кожному басейні УЗВ. Це може здійснюватися шляхом повного або часткового спуску води та зважування риби окремими партіями.

Облік чисельності риби: на регулярній основі ведеться облік кількості живих особин у кожному басейні (початкова кількість мінус кількість загинув риб). Визначення середньої маси: загальна зафіксована біомаса ділиться на поточну кількість живих риб для розрахунку середньої маси однієї особини на конкретний момент часу.

Для детального аналізу впливу різних факторів на індивідуальний ріст та фізіологічний стан риби перевагу слід надати способу періодичного зважування контрольних зразків.

2.3. Програма та завдання досліджень досліджень

Актуальність дослідження зумовлена зростаючою потребою в ефективних методах аквакультури, зокрема, щодо оптимізації процесів розмноження, вирощування та утримання риб роду Тилапія (*Tilapia*) в контрольованих умовах установок замкненого водопостачання.

Для досягнення поставленої мети було визначено наступні завдання:

1. Здійснити ґрунтовний огляд та аналіз наукової літератури, присвяченої сучасним тенденціям в аквакультурі, особливостям промислового виробництва риби та перспективам розвитку галузі.
2. Надати розширену біологічну, екологічну та морфологічну характеристику основних видів роду Тилапія (*Tilapia*), які мають значне значення для промислового вирощування в аквакультурних господарствах.
3. Провести експериментальні дослідження з метою вивчення технологічних аспектів розведення, вирощування та утримання різних видів тилапії в умовах установок замкненого водопостачання.
4. На основі отриманих теоретичних та експериментальних даних розробити практичні рекомендації щодо оптимізації промислового вирощування тилапії в замкнутих аквакультурних системах.

Дослідження виконувалися згідно із затвердженим планом, розробленим у 2024 році. Методологічний підхід базувався на загальноприйнятих принципах наукових досліджень. Експериментальна частина роботи проводилася протягом 2024-2025 років на базі лабораторії аквакультури кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури Поліського національного університету.

Висновки до розділу 2: Детально охарактеризовано біологічні й екологічні риси нільської та мозамбікської тилапії, зокрема морфологічну будову, природні зони поширення, адаптаційні механізми, особливості харчування та процеси розмноження. Проаналізовано ключові методичні підходи до вивчення динаміки росту тилапії в установках із замкнутим водопостачанням. Визначено головну мету й конкретні завдання майбутніх досліджень, спрямованих на вдосконалення технологій розведення та вирощування тилапії в контрольованих аквакультурних системах.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Особливості вирощування нільської тилапії в установках замкнутого водопостачання

В лабораторії аквакультури Поліського національного університету функціонує установка замкнутого водопостачання, що отримує воду з централізованої міської мережі, яка за своїми показниками відповідає стандартам питної води. Перед надходженням до експериментальних басейнів вода піддається двоетапній обробці, що включає механічну фільтрацію для видалення завислих часток та біологічну очистку для забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних показників. Крім того, вода з початковим рівнем рН у межах 5,5-6 та відносно низькою жорсткістю, додатково збагачується киснем для створення сприятливого середовища для гідробіонтів. Кожен басейн обладнаний автоматичним терморегулятором, що підтримує стабільний температурний режим у діапазоні 22-27 градусів Цельсія, а також аераційною системою, яка забезпечує безперебійне надходження розчиненого кисню, необхідного для дихання тилапії.

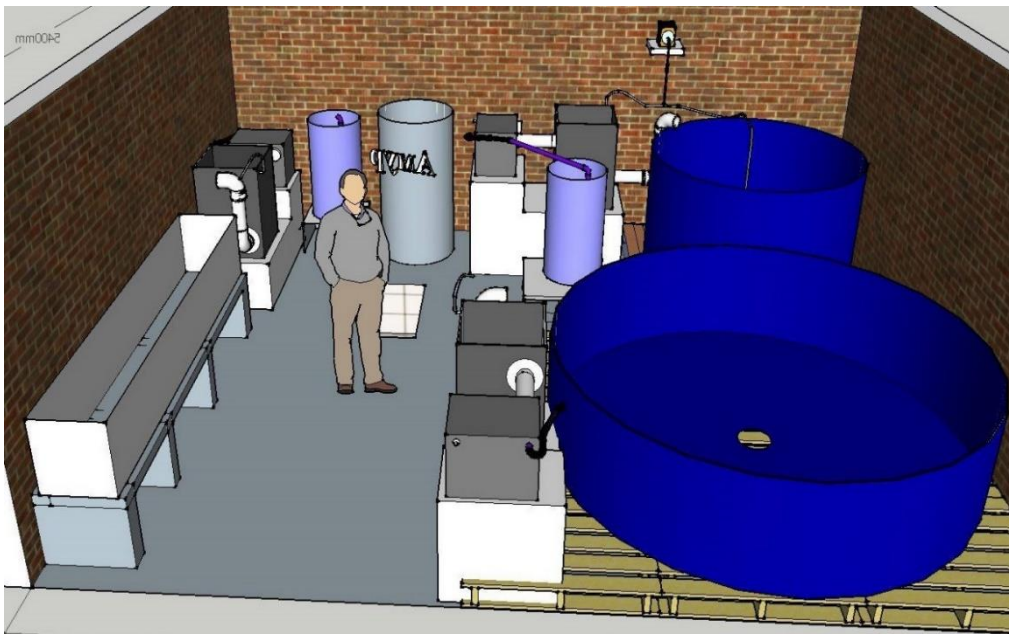


Рис.3.1. Лабораторія аквакультури Поліського національного університету

Було використано 3 басейни у лабораторії ідентичні, кожна система складалася з поліпропіленового басейну об'ємом 1000 літрів, відповідно до мети досліджень було закуплено 200 мальків однорідних за розміром мальків нільської тилапії середньою початковою вагою 28 ± 2 г.



Рис.3.2 Мальки нільської тилапії (початок експерименту квітень 2024 р.)

Після двотижневої акліматизації в окремому резервуарі риб було випадковим чином розподілено на експериментальні групи, які утримувалися в окремих УЗЦ. З яких було сформовано дослідні групи наступним чином:

Група 1 (Низька щільність - НЩ): посаджено 40 мальків до басейну.

Група 2 (Середня щільність - СЩ): посаджено 60 мальків до басейну.

Група 3 (Висока щільність 1 - ВЩ1): посаджено 100 мальків до басейну.

Таблиця 3.1.

Показники приросту ваги нільської тилапії при різній щільності посадки

Щільність посадки	Середня вага на початку (г)	Середня вага через 1 місяць (г)	Приріст за 1 місяць (г)	Середня вага через 3 місяці (г)	Приріст за 3 місяці (г)	Середня вага через 6 місяців (г)	Приріст за 6 місяців (г)
Група 1	28 ± 2	85 ± 5	57 ± 3	250 ± 15	165 ± 10	505 ± 30	477 ± 28
Група 2	28 ± 2	80 ± 4	52 ± 2	230 ± 12	150 ± 8	450 ± 25	422 ± 23
Група 3	28 ± 2	60 ± 7	32 ± 5	160 ± 20	90 ± 15	280 ± 40	252 ± 38

Протягом усього експерименту підтримувалися наступні параметри води: температура 29 ± 1 °C, рН 7.5 ± 0.2 , розчинений кисень 6.5 ± 0.5 мг/л, концентрація аміаку та нітритів контролювалась кожні 7 діб за період спостережень, нами була виявлена закономірність що концентрація аміаку та нітритів зростала з різною інтенсивністю залежно від щільності посадки нільської тилапії так на початку експерименту зростання було повільним, наприклад для амонію від 0,5мг/л до 1,2 у травні, та швидким у вересні від 0,5мг/л до 3.1 мг/л у вересні що пов'язано з збільшенням споживання кормів та збільшенням об'ємів випорожнень та інтенсивнішим протіканням розпаду органічних речовин, відповідно було впроваджено підміну води у обсязі 50% та цілодобове біофільтрування води у басейнах №2 та № 3 де знаходились дослідні групи з середньою та високою щільністю посадки (табл.3.2). Контроль параметрів води здійснювався щоденно впродовж 6 місяців.

Таблиця 3.2.

Вміст сполук амонію, нітратів та нітритів у воді басейнів

Варіант досліджу	Вміст мг/л					
	амоній		нітрати		нітрити	
	травень	вересень	травень	вересень	травень	вересень
I	1,2	1,9	0,8	1,7	0,03	0,09
II	1,2	2,4	0,8	2,2	0,03	0,1
III	1,2	3,1	0,8	2,9	0,03	0,3

Під час проведення досліджень негативних впливів небезпечних речовин на організм Тилапії не було виявлено, всі гідрохімічні показники дотримувались межах допустимих норм, підміна води проводилась щотижнево, наприкінці експерименту кожні 3 дні.

Риб годували тричі на день комерційним екструдованим кормом для тилапії гранулами 15мм, що містять пробіотик, протеїн 40%, жири 10%, клітковину 20%, макро та мікроелементи.

Добова норма годівлі становила 3% від поточної біомаси риб у кожній групі та коригувалася кожні два тижні після зважування. У групі з низькою щільністю спостерігалася рівномірний розподіл риб у басейні, низька частота агресивних взаємодій та мінімальні пошкодження плавців.

У групі II з середньою щільністю також спостерігалася відносно рівномірна поведінка, але частота поодиноких агресивних сутичок була дещо вищою, ніж у групі з низькою щільністю. Пошкодження плавців були поодинокими.



Рис.3.3 Нільська тилапія дослідна група №1 жовтень 2024 року

У групі III з високою щільністю спостерігалася часте скупчення риб біля поверхні (ознака можливого дефіциту кисню або стресу), підвищена частота агресивних погонь та щипання плавців. До кінця експерименту у значної кількості риб у цих групах були помітні пошкодження плавців (розтріпані, обкусані).

Водночас виживаємість особин нільської тилапії у всіх 3-х групах була високою >95% і істотно не відрізнялась

3.2. Біолого-господарські показники тилапії при вирощуванні в установках замкнутого циклу

Статистичний аналіз показав значущі ($p < 0.05$) відмінності між групами з різною щільністю посадки за всіма досліджуваними екстерними показниками.

Існує значуща відмінність між всіма досліджуваними показниками: середньою вагою, приростом маси та коефіцієнтом конверсії корму. Було виявлено що група з найнижчою щільністю демонструвала найвищий приріст, тоді як групи з найвищими щільностями мали найнижчий приріст маси та найвищий рівень стресу.

Таблиця 3.3.

Екстер'єрні показники Тилапії у 6 місяців при різній щільності посадки

Показники	Дослід		
	Група 1	Група II	Група III
Середня маса тіла, гр.	505 ± 30	450 ± 25	280 ± 40
Середня довжина тіла, см.	22,4±0,6	18,6±0,4	15,3±0,8
Довжина тулуба	15,8±0,4	13,2±0,7	10,4±0,4
Індекси голови, мм			
обхват	114±0,7	95±0,5	83±0,4
товщина	23,2±0,8	17,4±0,7	15,2±0,6
висота	51,3±0,6	38,9±1,2	29,7±0,8

За результатами досліджень (таблиця 3.3), чітко видно, що спостерігається чітка тенденція до зменшення середньої маси тіла зі збільшенням номера групи (і, як можна припустити з попереднього контексту, зі збільшенням щільності посадки). Група 1 демонструє найвищу середню масу (505 ± 30 гр.), тоді як Група III має найнижчу (280 ± 40 гр.). Група II займає проміжне положення (450 ± 25 гр.).

Аналогічна тенденція простежується і для середньої довжини тіла. Риби з Групи 1 є найдовшими ($22,4 \pm 0,6$ см), за ними йдуть риби з Групи II ($18,6 \pm 0,4$ см), а найменшу середню довжину мають представники Групи III ($15,3 \pm 0,8$ см) (таблиця 3.3).

Подібна закономірність спостерігається і для довжини тулуба, де найвище значення зафіксовано у Групи 1 ($15,8 \pm 0,4$ см), а найнижче – у Групи III ($10,4 \pm 0,4$ см) (табл.3.3).

Отже, щільність посадки має значний негативний вплив на екстер'єрні показники тилапії у віці 6 місяців. Риби, які вирощувалися при нижчій щільності (Група 1), демонструють кращі показники росту та розвитку за всіма вимірними характеристиками (середня маса тіла, довжина тіла, довжина тулуба, обхват, товщина та висота тіла) порівняно з рибами, які утримувалися при вищій щільності (Група III). Група II займає проміжне положення.

Таблиця 3.4.

Співвідношення частин тіла та органів Тилапії при різній щільності посадки

Показники	Дослід		
	Група I	Група II	Група III
Маса тіла, гр.	505 ± 30	450 ± 25	280 ± 40
Маса тушки, %(від загальної маси)	48	52	46
Маса голови, %(від загальної маси)	14	17	23
Маса скелету, %(від загальної маси)	7,2	6	7
Маса шкіри, %(від загальної маси)	4,6	5	5
Маса плавців, %(від загальної маси)	2,7	3	3
Маса чешуї, %(від загальної маси)	5,7	3,5	4
Маса внутрішніх органів, %(від загальної маси)	17,8	13,5	12

При вивченні морфометричних показників нільської тилапії вирощеної в установах замкненого циклу ми дійшли висновку що Група I має найбільшу середню масу тіла (505 ± 30 гр.), за нею йде Група II (450 ± 25 гр.), а найменшу масу тіла має Група III (280 ± 40 гр.) (таблиця 3.4).

Відносна маса тушки є найвищою у Групи II (52%), дещо нижчою у Групи I (48%), і найнижчою у Групи III (46%). Це може свідчити про різну вгодованість або співвідношення м'язової маси до загальної маси тіла у цих груп.

Відносна маса голови зростає від Групи I до Групи III: 14%, 17% і 23% відповідно. Це може вказувати на різні пропорції тіла нільської тилапії або різний ступінь розвитку головного мозку та інших структур голови у цих групах.



Рис.3.4 Щільність посадки тилапія нільська Група №3 вересень 2024 р.

Відносна маса скелету є відносно стабільною між групами, коливаючись від 6% до 7.2%. Відносна маса шкіри також є досить схожою між групами, варіюючись від 4.6% до 5%.

Відносна маса плавців нільської тилапії також демонструє невеликі відмінності між групами (2.7% - 3%). Відносна маса чешуї є найвищою у Групи I (5.7%) і нижчою у Груп II (3.5%) та III (4%). Це може бути пов'язано з розміром риб або щільністю їхнього лускового покриву.

Відносна маса внутрішніх органів нільської тилапії є найвищою у Групи I (17.8%) і поступово знижується до Групи II (13.5%) та Групи III (12%). Це може бути пов'язано з метаболічною активністю або розміром внутрішніх органів відносно загальної маси тіла.

За результатами вивчення коефіцієнту конверсії корму (співвідношення кількості витраченого корму на одиницю отриманої продукції) найкращі результати отримано у групі №2 з середньою щільністю посадки (табл.3.5).

Група із середньою щільністю займала проміжне положення. Коефіцієнт конверсії корму був найкращим у групі із середньою щільністю.

Таблиця 3.5.

Коефіцієнт конверсії корму

Щільність посадки	Коефіцієнт конверсії корму за 6 місяців
НЩ (10 кг/м ³)	1.65 ± 0.08
СЩ (30 кг/м ³)	1.55 ± 0.06
ВЩ1 (45 кг/м ³)	1.78 ± 0.10

Найкращий приріст маси та найнижчий рівень стресу спостерігалися при найнижчій щільності посадки. Однак, найефективніше використання корму було досягнуто при середній щільності посадки.

Високі щільності посадки призвели до значного зниження темпу росту, підвищення рівня стресу та агресії, а також до погіршення коефіцієнту конверсії корму.

Висновки до розділу 3: Результати нашого дослідження свідчать про те, що щільність посадки істотно впливає на продуктивність, фізіологічний стан та поведінку нільської тилапії в умовах установок замкнутого циклу.

На основі результатів можна припустити, що для нільської тилапії в установках замкнутого циклу середня щільність посадки (близько 30 кг/м³) може бути оптимальною, забезпечуючи компроміс між високою продуктивністю та задовільним станом риб. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на більш точне визначення оптимального діапазону щільності посадки з урахуванням економічних факторів та вимог до якості продукції.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень для вирощування тилапії на промислових підприємствах найкраще використовувати посадку з середньою щільністю (близько 30 кг/м³).

1. Через шість місяців експерименту нільська тилапія, що утримувалася при найнижчій щільності посадки (Група 1, НЩ), досягла середньої маси тіла у 505 ± 30 грамів. Це статистично значуще ($p < 0.05$,) та перевищує кінцеву масу риб у групах із середньою (450 ± 25 гр) і високою (280 ± 40 гр) щільністю посадки. Очевидно, що менша конкуренція за ресурси та простір у басейні з низькою щільністю сприяла інтенсивнішому росту кожної окремої особини.

2. За період у шість місяців риби в групі з низькою щільністю посадки продемонстрували найбільший середній приріст маси, що склав 477 ± 28 грамів. Це значно вище, ніж приріст у групі з середньою щільністю посадки (422 ± 23 гр) та групі з високою щільністю (252 ± 38 гр). Ці дані підкреслюють, що низька щільність посадки є оптимальною для досягнення максимального індивідуального росту тилапії в даних умовах.

3. Середня довжина тіла нільської тилапії в групі з низькою щільністю посадки через шість місяців досягла $22,4 \pm 0,6$ сантиметра. Це свідчить про кращий лінійний ріст риб при нижчій щільності порівняно з групою з середньою щільністю ($18,6 \pm 0,4$ см) та групою з високою щільністю ($15,3 \pm 0,8$ см). Достатній простір та менший стрес, ймовірно, сприяли більш гармонійному розвитку тіла.

4. Найвища відносна маса тушки (52% від загальної маси) спостерігалася у групі із середньою щільністю посадки. Це може вказувати на оптимальне співвідношення м'язової маси до інших компонентів тіла саме при цій щільності. Хоча риби в групі з низькою щільністю посадки були більшими, відносно їхня тушка становила меншу частку (48%). У групі з високою щільністю посадки цей показник був найнижчим (46%), що може бути пов'язано зі стресом та меншим розвитком м'язової тканини.

5. Найефективніше використання корму виявлено у групі при середній щільності: Коефіцієнт конверсії корму у групі II був найнижчим (1.55 ± 0.06),

що свідчить про найефективніше перетворення спожитого корму в біомасу. Це означає, що для отримання одного кілограма приросту маси в цій групі було витрачено найменшу кількість корму. У групі з низькою щільністю посадки цей показник склав 1.65 ± 0.08 , а у групі з високою щільністю посадки цей показник дорівнював – 1.78 ± 0.10 , що вказує на менш ефективне використання корму при найнижчій та найвищій щільностях відповідно.

6. У групі з найвищою щільністю посадки середня маса тіла нільської тилапії через шість місяців була найнижчою і становила лише 280 ± 40 грамів. Це значно менше, ніж в інших групах, що підкреслює негативний вплив високої щільності на ріст риб, ймовірно, через підвищений стрес, конкуренцію за їжу та погіршення якості води (про що свідчить зростання концентрації аміаку та нітритів).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підвищення ефективності вирощування нільської тилапії в установках замкнутого водопостачання, спираючись на результати дослідження, пропонуються наступні заходи:

1. Незважаючи на те, що найменша кількість особин на кубічний метр (10 кг/м³) сприяла найбільшій індивідуальній вазі та приросту, середня щільність (30 кг/м³) забезпечила краще засвоєння корму. Тому, для досягнення компромісу між обсягом виробництва та економією кормів, рекомендується розглянути варіанти щільності, близькі до середнього значення.

2. Експеримент показав, що утримання великої кількості тилапії призводить до швидшого накопичення шкідливих азотистих сполук. Для запобігання стресу та стимулювання здорового розвитку гідробіонтів при високій щільності необхідно впровадити дієвіші методи біологічної фільтрації та своєчасно оновлювати воду. Варто розглянути збільшення частоти або об'єму водообміну в густонаселених басейнах.

3. Перенаселення спричиняє зростання агресії та травмування плавців, що погіршує товарну якість та стан здоров'я. При плануванні виробничих циклів слід передбачити достатній простір для кожної особини, щоб зменшити стресові ситуації та бійки, особливо на фінальних етапах вирощування.

4. Зміни у масі тіла, довжині та інших фізичних параметрах можуть бути ранніми сигналами дискомфорту або погіршення умов утримання. Тому рекомендується проводити регулярний аналіз цих показників, що дозволить оперативно реагувати на будь-які відхилення та підтримувати оптимальне середовище для росту тилапії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковтун, О. М. (2018). *Технології вирощування тіланії в умовах УЗВ: методичні рекомендації*. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України.
2. Мельник, В. І. (2017). *Основи аквакультури: вирощування тіланії в замкнених системах*. Львів: Львівський національний аграрний університет.
3. Петренко, С. А. (2019). *Екологічні аспекти вирощування тіланії в УЗВ*. Журнал «Рибне господарство України», 3(45), 25–30.
4. Іванченко, Л. П. (2020). *Використання біофільтрації у вирощуванні тіланії*. Вісник аграрної науки, 12(78), 112–117.
5. Сидоренко, Н. В. (2016). *Економічна ефективність вирощування тіланії в УЗВ*. Економіка АПК, 9(201), 45–50.
6. Гриценко, О. Ю. (2015). *Сучасні технології в аквакультурі: досвід вирощування тіланії*. Наукові праці Таврійського державного агротехнологічного університету, 3(7), 89–94. [електронний ресурс]
7. Данилюк, М. І. (2018). *Порівняльний аналіз систем вирощування тіланії в Україні*. Журнал «АгроСвіт», 5(123), 33–38. [електронний ресурс]
8. Кравченко, Т. С. (2021). *Біологічні особливості тіланії в умовах інтенсивного вирощування*. Біологічні системи, 13(2), 56–62.
9. Литвиненко, В. А. (2017). *Вплив параметрів водного середовища на ріст тіланії в УЗВ*. Вісник Чернігівського національного педагогічного університету, 1(147), 78–83. [електронний ресурс]
10. Остапенко, Р. І. (2019). *Раціональне використання ресурсів при вирощуванні тіланії в замкнених системах*. Екологія та природокористування, 4(60), 101–106. [електронний ресурс]
11. Harrington, A., Naylor, S.J., & Moccia, R.D. (1995). *Tilapia References*. Aquaculture Extension Centre, University of Guelph. [електронний ресурс]
12. Urakawa, H. (2018). *Tilapia recirculating aquaculture systems as a source of plant growth promoting bacteria*. NOAA Repository. [електронний ресурс]

- 13.Ye, Y., et al. (2023). *Recent Advances in Tilapia Production for Sustainable Aquaculture*. MDPI, 8(4), 176. [электронный ресурс]
- 14.Shnel, N., et al. (2002). *Design and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system*. *Aquacultural Engineering*, 26(3), 191–203. [электронный ресурс]
- 15.Love, D.C., et al. (2015). *An international survey of aquaponics practitioners*. *PLoS ONE*, 10(7). [электронный ресурс]
- 16.Bostock, J., et al. (2010). *Aquaculture: global status and trends*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2897–2912. [электронный ресурс]
- 17.Rakocy, J.E., et al. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics—Integrating fish and plant culture*. USDA Agricultural Research Service.
- 18.Timmons, M.B., & Ebeling, J.M. (2010). *Recirculating Aquaculture*. Ithaca Publishing Company. [электронный ресурс]
- 19.El-Sayed, A.F.M. (2006). *Tilapia Culture*. CABI Publishing. Pp 2-7. [электронный ресурс]
- 20.Fitzsimmons, K. (2000). *Tilapia: The most important aquaculture species of the 21st century*. In: *Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. [электронный ресурс]
- 21.FAO. (2011). *Aquaculture Development. 6. Use of wild fish as feed in aquaculture*. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. No. 5, Suppl. 6. [электронный ресурс]
- 22.Lim, C., & Webster, C.D. (2006). *Tilapia: Biology, Culture, and Nutrition*. Food Products Press.
- 23.Ridha, M.T. (2006). *Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia*. *Aquaculture Research*, 37(2), 172–179. [электронный ресурс]
- 24.Попма, Т., & Массер, М. (1999). *Tilapia: Life History and Biology*. Southern Regional Aquaculture Center. [электронный ресурс]

25. Verdegem, M.C.J., et al. (2006). *The potential of fish production based on low input, integrated aquaculture systems*. Reviews in Fisheries Science, 14(1-2), 1–19. [электронный ресурс]
26. Ebeling, J.M., et al. (2006). *Engineering design of recirculating aquaculture systems*. Aquacultural Engineering, 34(3), 234–245. [электронный ресурс]
27. Martins, C.I.M., et al. (2010). *New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability*. Aquacultural Engineering, 43(3), 83–93. [электронный ресурс]
28. Losordo, T.M., et al. (1999). *Recirculating aquaculture tank production systems: A review of current design practices*. Southern Regional Aquaculture Center. [электронный ресурс]
29. Siddiqui, A.Q., & Al-Harbi, A.H. (1997). *Effects of stocking density on growth and survival of Nile tilapia*. Aquaculture Research, 28(9), 681–686. [электронный ресурс]
30. Muir, J.F., & Beveridge, M.C.M. (2002). *The future for fisheries: economic performance*. Fisheries Research, 57(3), 255–265. [электронный ресурс]
31. Boyd, C.E., & Tucker, C.S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer Science & Business Media. [электронный ресурс]
32. Avnimelech, Y. (2006). *Bio-filters: The need for an new comprehensive approach*. Aquacultural Engineering, 34(3), 172–178. [электронный ресурс]
33. Green, B.W., et al. (2002). *Evaluation of a commercial-scale, recirculating aquaculture system for tilapia production*. Aquacultural Engineering, 26(1), 1–17. [электронный ресурс]
34. Coche, A.G. (1982). *Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa*. FAO Fisheries Technical Paper.
35. Beveridge, M.C.M., & McAndrew, B.J. (2000). *Tilapias: Biology and Exploitation*. Springer. [электронный ресурс]
36. Pullin, R.S.V., & Lowe-McConnell, R.H. (1982). *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM Conference Proceedings. [электронный ресурс]

37. MacIntosh, D.J., & Phillips, M.J. (1992). *Environmental issues in shrimp farming*. In: *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. [электронный ресурс]
38. Stickney, R.R. (2009). *Aquaculture: An Introductory Text*. CABI. [электронный ресурс]
39. Pillay, T.V.R., & Kutty, M.N. (2005). *Aquaculture: Principles and Practices*. Wiley-Blackwell. [электронный ресурс]
40. FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. [электронный ресурс]

ДОДАТКИ