**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЇ, БІОРЕСУРСІВ ТА ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

***Спеціальність H5 Водні біоресурси та аквакультура***

Допускається до захисту
Зав. кафедри водних біоресурсів та аквакультури,
доктор вет. наук, професор _____ Н.Є. Гриневич
"16" _____11_____ 2026 р.

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

## ОБҐРУНТУВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ СУМІСНОСТІ РИБ І БЕЗХРЕБЕТНИХ У ДЕКОРАТИВНІЙ АКВАСИСТЕМІ

**Виконав:**
_____ **Багатько Владіслав Сергійович**

**Керівник:**
PhD
_____ **Шваб Валерія Сергіївна**

**Рецензент:** доктор вет. наук, професор
_____ Гриневич Н. Є.

Біла Церква – 2026 р.

**БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# ДЕКЛАРАЦІЯ

**про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи**

Я, Васильєв Василь Юрійович,

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

здобувач(ка) магістр рівня вищої освіти за освітньою програмою Водні біоресурси та аквакультура,

підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми:

«ОБҐРУНТУВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ СУМІСНОСТІ РИБ І БЕЗХРЕБЕТНИХ У ДЕКОРАТИВНІЙ АКВАСИСТЕМІ»

виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

У процесі виконання роботи було використано інструменти штучного інтелекту, зокрема для оформлення та редагування тексту (ChatGPT, Gemini), для перекладу тексту (Deepl, Google Translate), для створення або редагування зображень (Nano Banana 2). Відомості про це наведено в роботі згідно з вимогами законодавства та встановленими правилами академічної доброчесності.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Дата: 10.11.2026

Здобувач вищої освіти: _____

(підпис / кваліфікований електронний підпис)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Екологічний факультет

Спеціальність Н5 Водні біоресурси та аквакультура

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант ОП "Водні біоресурси та аквакультура"
другого (магістерського) рівня вищої освіти
_____
23 вересня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу здобувачу**

**Багатьку Владіславу Сергійовичу**

**Тема: " Обґрунтування біологічної сумісності риб і безхребетних у декоративній аквасистемі"**

Затверджено наказом ректора № 487/С від 12.11.2026
Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат:
до "10" 11 2026 р.
Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані.

Сучасні підходи до оцінювання добробуту декоративних гідробіонтів;

Вплив структурних елементів акваріума на благополуччя гідробіонтів і якість водного середовища;

Еколого-біологічні особливості та закономірності співіснування риб і безхребетних у декоративних аквасистемах.

## Календарний план виконання роботи

| Етап виконання | Дата виконання етапу | Відмітка про виконання |
|---|---|---|
| Огляд літератури | до 15.09.2026 | виконано |
| Методична частина | до 21.09.2026 | виконано |
| Дослідницька частина | до 09.10.2026 | виконано |
| Оформлення роботи | до 27.10.2026 | виконано |
| Перевірка на плагіат | до 05.11.2026 | виконано |
| Подання на рецензування | до 10.11.2026 | виконано |
| Попередній розгляд на кафедрі | 16.11.2026 | виконано |

Керівник кваліфікаційної роботи:

PhD, Шваб В.С. _____ _____

*(вчене звання, прізвище, ініціали)* *(підпис)*

Здобувач:

Висоцький В.С. _____ _____

*(прізвище, ініціали)* *(підпис)*

Дата отримання завдання "23" 09 2025 р.

**ЗМІСТ**


**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ** 3

**РЕФЕРАТ** 4

**ВСТУП** 8

**Розділ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ** 11

1.1. Сучасні підходи до оцінювання добробуту декоративних гідробіонтів 11

1.2. Вплив структурних елементів акваріума на благополуччя гідробіонтів і якість водного середовища 13

1.3. Еколого-біологічні особливості та закономірності співіснування риб і безхребетних у декоративних аквасистемах 15

**Розділ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ** 21

**Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ** 25

3.1. Характеристика видового складу експериментального акваріумного угруповання 25

3.2. Дослідження гідрохімічних показників декоративної аквасистеми 30

3.3. Дослідження поведінкових реакцій за спільного утримання гідробіонтів 33

3.4. Дослідження динаміки чисельності за спільного утримання гідробіонтів 34

3.5. Оцінка виживаності гідробіонтів 35

**ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ** 38

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ** 40

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

| | |
|---|---|
| ДА | Декоративна аквасистема |
| БРА | Біологічна рівновага акваріума |
| КР | Кормові ресурси |
| БС | Біологічна сумісність |
| ТОР | Трансформація органічної речовини |
| ПРГ | Поведінкова реакція гідробіонтів |
| ПРА | Просторовий розподіл акваріума |
| КВС | Компонент водного середовища |
| ЕПВ | Екологічні потреби виду |
| РА | Рухова активність |

# РЕФЕРАТ

*магістерської роботи* ***Багатька Владіслава Сергійовича***

*на тему:* ***“Обґрунтування біологічної сумісності риб і безхребетних у декоративній аквасистемі”.***

***Мета роботи*** визначення особливостей біологічної сумісності риб і безхребетних за спільного утримання в декоративній аквасистемі з урахуванням характеру міжвидових взаємодій, поведінкових реакцій, трофічних відносин та показників виживаності.

***Методи проведення досліджень.*** У процесі виконання роботи використовували аналітичні, іхтіологічні, гідробіологічні, етологічні, експериментальні та статистичні методи досліджень. Біологічну сумісність гідробіонтів оцінювали за характером міжвидових взаємодій, особливостями харчової поведінки, активністю, просторовим розподілом, проявами агресії, фізіологічним станом і показниками виживаності. Додатково здійснювали контроль основних параметрів водного середовища.

***Результати досліджень.*** Формування біологічної сумісності риб і безхребетних визначається сукупністю екологічних, фізіологічних і поведінкових чинників, серед яких важливе значення мають параметри водного середовища, трофічні взаємовідносини, особливості поведінки та просторовий розподіл гідробіонтів. Встановлено, що підбір видового складу мешканців декоративного акваріума потребує врахування їхніх біологічних потреб, зокрема температурного режиму, активної реакції води, жорсткості, концентрації розчиненого кисню та інших гідрохімічних показників. Відповідність зазначених параметрів екологічним вимогам усіх представлених видів створює необхідні умови для їх нормального розвитку та життєдіяльності. Важливим критерієм сумісного утримання риб і безхребетних виступають особливості їхньої трофічної поведінки. Наявність хижих, територіальних або виражених конкурентних взаємодій може обмежувати можливості спільного утримання окремих видів. Особливої уваги потребує співвідношення розмірів гідробіонтів, оскільки дрібні ракоподібні та молюски можуть ставати об’єктами

живлення для окремих видів риб.

***Галузь використання результатів.*** Результати магістерської дослідної роботи можуть бути використані в декоративній аквакультурі, під час формування та утримання різновидових угруповань риб і безхребетних, а також для вдосконалення підходів до оцінювання їхньої біологічної сумісності та забезпечення стабільності декоративних аквасистем.

***Структура та обсяг роботи.*** Магістерську роботу викладено на 45 сторінках комп'ютерного набору тексту. Вона складається із вступу, огляду літератури, матеріалів та методики дослідження, результатів дослідження, висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Робота містить 4 таблиці і 3 рисунки. Опрацьовано 52 літературних джерела.

***Ключові слова:*** біологічна сумісність, декоративна аквасистема, гідробіонти, міжвидові взаємодії, поведінкові реакції, виживаність.

# ANNOTATION

*master's thesis* ***Vladislav Bahatko***

*on the topic:* ***"Justification of the biological compatibility of fish and invertebrates in a decorative aquatic system".***

***The purpose of the work*** to study is to determine the biological compatibility of fish and invertebrates when kept together in a decorative aquatic system, taking into account the nature of interspecific interactions, behavioral responses, trophic relationships, and survival rates.

***Research methods.*** Analytical, ichthyological, hydrobiological, ethological, experimental, and statistical research methods were employed during the study. The biological compatibility of aquatic organisms was assessed based on the nature of interspecific interactions, feeding behavior characteristics, activity levels, spatial distribution, manifestations of aggression, physiological state, and survival rates. Additionally, key parameters of the aquatic environment were monitored.

***Research results.*** The biological compatibility of fish and invertebrates is determined by a combination of ecological, physiological, and behavioral factors; key among these are the parameters of the aquatic environment, trophic relationships, behavioral characteristics, and the spatial distribution of the aquatic organisms. It has been established that selecting the species composition for a decorative aquarium requires consideration of the organisms' biological needs specifically temperature, water pH, hardness, dissolved oxygen concentration, and other hydrochemical parameters. Aligning these parameters with the ecological requirements of all the species present creates the necessary conditions for their normal development and vital functions. The trophic behavior of fish and invertebrates is a key criterion for keeping them together. The presence of predatory, territorial, or pronounced competitive interactions may limit the feasibility of keeping certain species together. Particular attention should be paid to the relative sizes of the aquatic organisms, as small crustaceans and mollusks may become prey for certain fish species.

***Field of application of results.*** The results of the master's research can be applied in ornamental aquaculture specifically in the formation and maintenance of

multispecies communities of fish and invertebrates as well as in refining approaches for assessing their biological compatibility and ensuring the stability of ornamental aquatic systems.

***Structure and scope of the work.*** Master's thesis is presented on 45 pages of computer typing. It consists of an introduction, a literature review, research materials and methods, research results, conclusions and suggestions, and a list of references. The paper contains 4 tables and 3 figures. The article is based on 52 literature sources.

***Keywords:*** biological compatibility, decorative aquasystem, aquatic organisms, interspecific interactions, behavioral responses, survival.

# ВСТУП

Акваріумістика займає особливе місце серед напрямів практичного використання водних біоресурсів, поєднуючи естетичні, біологічні та природоохоронні аспекти утримання гідробіонтів. На відміну від ізольованого утримання окремих видів, формування багатокомпонентних акваріумних угруповань передбачає створення середовища, у якому одночасно функціонують організми з різними морфологічними, фізіологічними, екологічними та поведінковими характеристиками. Особливу зацікавленість становить спільне утримання риб і водних безхребетних, оскільки їх поєднання дає змогу відтворювати складніші структурно-функціональні взаємозв'язки, характерні для природних водних екосистем [7, 13].

Структурно-функціональна організація декоративної аквасистеми визначається не лише видовим складом її мешканців, а й характером взаємодії між ними. Кожен організм займає певне місце в угрупованні, характеризується специфічними потребами щодо кормових ресурсів, простору, укриттів і параметрів водного середовища. За таких умов добір гідробіонтів не може ґрунтуватися виключно на їхніх розмірах, забарвленні чи декоративних властивостях. Визначальним критерієм стає здатність різних видів співіснувати в межах обмеженого водного простору без виникнення взаємодій, які негативно позначаються на їхньому фізіологічному стані, поведінці та життєздатності [20].

Біологічна сумісність є комплексною характеристикою міжвидових взаємозв'язків, яка охоплює сукупність поведінкових, трофічних, фізіологічних та екологічних чинників. Її оцінювання передбачає врахування не лише прямих контактів між організмами, а й опосередкованого впливу, що реалізується через використання спільних ресурсів, зміну структури середовища та формування конкурентних взаємовідносин [3, 11]. Наприклад, види, які не виявляють вираженої агресії один до одного, можуть характеризуватися несумісністю через відмінності в температурних вимогах, особливостях мінерального складу води або характері живлення. Разом з тим, відсутність конфліктів у початковий

період спільного утримання не завжди свідчить про можливість тривалого співіснування [29].

Важливе місце у формуванні декоративних акваріумних угруповань належить рибам, які відзначаються значним різноманіттям морфологічних і екологічних адаптацій. Відмінності у розмірах тіла, будові ротового апарату, характері живлення, способах пересування та поведінковій організації визначають специфіку їхньої взаємодії з іншими мешканцями аквасистеми. Особливої уваги потребують хижі, територіальні та всеїдні види, для яких дрібні безхребетні можуть стати кормовими об’єктами. Навіть за відсутності вираженої агресивності риба здатна сприймати окремих представників безхребетних як потенційну здобич, що істотно обмежує можливості їх спільного утримання [10].

Водні безхребетні утворюють неоднорідну за систематичним складом та екологічною спеціалізацією групу організмів, представники якої виконують різноманітні функції у водних угрупованнях. У декоративній акваріумістиці найбільшого практичного значення набувають черевоногі молюски, прісноводні ракоподібні та інші безхребетні, здатні адаптуватися до умов штучного водного середовища. Їхнє значення не обмежується декоративною складовою. Залежно від особливостей живлення вони можуть споживати залишки корму, відмерлі частини рослин, детрит і водоростеві обростання, беручи участь у трансформації органічної речовини. Окремі види виконують функцію біологічних регуляторів накопичення органічних решток, хоча їхня присутність не замінює повноцінної механічної та біологічної фільтрації [3].

Одним із визначальних аспектів сумісності є характер трофічних взаємовідносин. Риби та безхребетні можуть використовувати однакові кормові ресурси, конкурувати за доступ до них або перебувати у відносинах «хижак – жертва». Інтенсивність таких взаємодій залежить від харчової спеціалізації, розмірів організмів, доступності корму та особливостей їхньої поведінки. Не менш важливими є територіальність, агресивність і просторовий розподіл мешканців. Наявність рослинних заростей, корчів, каміння та інших укриттів

створює можливості для просторового розмежування організмів і зменшення частоти небажаних контактів [5, 6].

Необхідною передумовою співіснування різних груп гідробіонтів є відповідність фізико-хімічних характеристик води їхнім біологічним потребам. Температура, водневий показник (pH), загальна та карбонатна жорсткість, концентрація розчиненого кисню і сполук азоту безпосередньо впливають на фізіологічний стан організмів. Особливого значення набуває мінеральний склад води, оскільки доступність кальцію важлива для формування черепашки молюсків і мінералізації зовнішнього скелета ракоподібних. Відповідно, параметри середовища, прийнятні для певних видів риб, не завжди забезпечують оптимальні умови для всіх безхребетних [22].

На характер міжвидових взаємодій також впливають щільність посадки та організація акваріумного простору. Збільшення кількості гідробіонтів супроводжується посиленням конкуренції за корм і територію, підвищенням органічного навантаження та зростанням вимог до ефективності біологічної фільтрації. За таких умов навіть види, які за оптимального утримання характеризуються достатнім рівнем сумісності, можуть виявляти небажані поведінкові реакції. Тому формування змішаного угруповання потребує обґрунтованого добору його кількісного та видового складу з урахуванням об’єму акваріума й можливостей підтримання стабільних параметрів водного середовища [1, 4].

У практиці декоративної аквакультури добір риби і безхребетних нерідко здійснюється на підставі загальних рекомендацій щодо. Однак такий підхід не завжди враховує індивідуальні особливості організмів, їхні розміри, щільність посадки, структуру середовища та конкретні умови утримання. Навіть позитивний досвід спільного утримання певних видів не гарантує аналогічного результату за інших умов. Тому актуальним залишається комплексне вивчення чинників, які визначають можливість їх тривалого співіснування [6].

Таким чином, обґрунтування біологічної сумісності риб і безхребетних формує передумови ефективного моделювання декоративних аквасистем.

# РОЗДІЛ 1

# ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1. Сучасні підходи до оцінювання добробуту декоративних гідробіонтів

Глобальна торгівля декоративними гідробіонтами становить багатомільярдну галузь міжнародного ринку акваріумістики, а обсяги її легального сегмента, за окремими оцінками, сягають 15–20 млрд доларів США на рік. Інтенсивний розвиток цього напряму зумовлений розширенням асортименту акваріумних видів та активізацією міжнародних торговельних операцій. Водночас масштабність цієї діяльності актуалізує питання забезпечення належних умов утримання риб на всіх етапах їх вилучення, вирощування, транспортування, реалізації та подальшого використання в домашніх і громадських акваріумах [14, 21].

Незважаючи на наявність нормативно-правових положень, спрямованих на забезпечення добробуту риб в аквакультурі та під час проведення наукових досліджень, законодавче регулювання добробуту декоративних риб, які утримуються як домашні тварини, залишається недостатньо розвиненим. Особливу складність становить відсутність уніфікованих підходів до оцінювання їхнього фізіологічного стану та поведінкових реакцій упродовж усього циклу торгівлі. При цьому кожен його етап характеризується специфічними чинниками ризику [2, 9].

Під час вилову та первинного сортування риби можуть зазнавати механічного пошкодження і стресового навантаження/ Транспортування супроводжується змінами температурного та гідрохімічного режимів, обмеженням простору й можливим погіршенням якості води. Перебування в оптових і роздрібних торговельних закладах додатково ускладнюється впливом підвищеної щільності посадки, частого переміщення, контакту з іншими особинами та нестабільності умов утримання [27, 38].

Після придбання декоративних риб їхній добробут значною мірою залежить від компетентності власників, відповідності об’єму акваріума

біологічним потребам виду, якості водного середовища, повноцінності годівлі та правильності формування міжвидових угруповань [7].

У цьому контексті особливого значення набуває розроблення та впровадження об’єктивних критеріїв оцінювання добробуту тварин, які дають змогу своєчасно виявляти відхилення від фізіологічної норми та визначати ефективність заходів щодо їх усунення. Одним із перспективних напрямів такого оцінювання вважають використання операційних показників добробуту (Operational Welfare Indicators, OWI), які передбачають комплексне врахування окремих морфологічних, поведінкових, фізіологічних, метаболічних та абіотичних характеристик. Застосування сукупності таких показників дає змогу оцінювати не лише загальний стан організму, а й реакцію риб на умови середовища, технологічні операції та потенційні стресові чинники [12, 13].

Серед зазначених критеріїв особливе місце посідають поведінкові показники, оскільки вони дають можливість оцінювати функціональний стан риб без безпосереднього втручання в організм. Зміни характеру плавання, інтенсивності рухової активності, харчової поведінки, соціальної взаємодії, просторового розподілу та реакцій на зовнішні подразники можуть свідчити про порушення адаптаційних механізмів, виникнення стресу або невідповідність умов утримання біологічним потребам конкретного виду. Важливою перевагою поведінкових спостережень виступає можливість їх систематичного проведення протягом тривалого періоду без додаткового травмування чи створення істотного навантаження на досліджуваних особин [24, 31].

Попри наявність розроблених систем операційних показників добробуту для окремих видів товарних риб, їх адаптація до специфіки декоративної аквакультури та міжнародної торгівлі декоративними гідробіонтами залишається недостатньою. Це обмежує можливості стандартизованого оцінювання стану декоративних риб на різних етапах їх утримання та реалізації, а також ускладнює порівняння результатів спостережень між окремими господарствами й торговельними установами.

Передбачається, що застосування комплексного підходу до оцінювання

добробуту декоративних риб, заснованого на поєднанні поведінкових, морфологічних, фізіологічних і середовищних показників, дасть змогу об’єктивніше визначати відповідність умов утримання їхнім біологічним потребам, своєчасно виявляти потенційні чинники ризику та обґрунтовувати заходи щодо оптимізації функціонування декоративних аквасистем [15, 27].

## 1.2. Вплив структурних елементів акваріума на благополуччя гідробіонтів і якість водного середовища

Загальновизнано, що збагачення середовища в акваріумах позитивно впливає на благополуччя риб [8], причому для домашніх акваріумів рекомендується використовувати фізичне збагачення (тобто структурні елементи або субстрат). До структурних елементів належать укриття або ділянки з живою або штучною рослинністю, які слугують сховищем у разі внутрішньовидової або міжвидової агресії. У деяких видів риб наявність таких структурних елементів може впливати на поведінку, сприяти покращенню фізіологічного стану та допомагати відновленню після стресових ситуацій [19, 28].

Різновидом структурного збагачення, що майже завжди присутній у домашніх акваріумах, є використання субстрату – наприклад, піску або гравію; доведено, що це стимулює харчову поведінку у золотих рибок Carassius auratus [17]. Користь від використання субстрату також відзначена у дорадо (Sparus aurata) та камбалоподібних риб, проте в науково-дослідних установах, де утримують риб, субстрат як засіб збагачення середовища застосовується рідше [32].

Одним із суттєвих недоліків використання субстрату є ризик розмноження патогенних бактерій і грибів на збільшеній площі поверхні. Обмежені дослідження в цій галузі свідчать, що додавання субстрату може призвести до підвищення рівня азотистих відходів (внаслідок їх неефективного видалення), а також до збільшення бактеріального навантаження порівняно зі стерильним, “порожнім” середовищем [18, 40]. Хоча підтримання колоній корисних мікроорганізмів в акваріумі є необхідним для розкладання азотистих

відходів, розвиток патогенних мікроорганізмів слід контролювати; при цьому звичні процедури догляду, наприклад, підміна води, можуть змінювати різноманітність мікробного складу [16, 25].

На прикріплення бактерій та інших мікроорганізмів до поверхонь впливає низка чинників, зокрема рівень pH, вміст поживних речовин, температура та якість води. Важливу роль також відіграють електростатичні та гідрофобні взаємодії на поверхні. Наприклад, бактерії роду Pseudomonas у великій кількості прикріплювалися до гідрофобних пластиків із низьким поверхневим зарядом; до гідрофільних металів із позитивним або нейтральним зарядом – у помірній кількості а до гідрофільних матеріалів із негативним зарядом – у дуже незначній кількості [44, 47].

Було задокументовано наявність в акваріумній воді потенційних бактеріальних патогенів, здатних викликати захворювання як у риб, так і в людей [30]. Патогенні мікроорганізми можуть потрапляти в домашні акваріуми разом із водопровідною водою або під час внесення в акваріум нових об’єктів, зокрема елементів для збагачення середовища, живого корму чи нових риб [26].

Найчастіше виявляють грамнегативні умовно-патогенні мікроорганізми – Pseudomonas spp. та Aeromonas spp., які спричиняють системні інфекції у риб []. До інших поширених водних патогенів, що викликають захворювання у риб, належать Mycobacterium spp. та Acanthamoeba spp. [49, 50].

Водопровідна вода, що використовується в більшості домашніх акваріумів, може надходити з поверхневих або підземних джерел і зазвичай проходить попередню очистку. Проте наявність домішок у водопровідній воді є неминучою, вони можуть потрапляти туди з самого джерела водопостачання, внаслідок процесів водопідготовки або через труби, якими вода подається до споживача. Якість водопровідної води також може змінюватися залежно від сезону внаслідок гідрологічних процесів, пов’язаних із розподілом атмосферних опадів [33, 34].

У наукових колах та серед аматорів зростає інтерес до вивчення потенційних переваг і недоліків використання субстратів як елементів збагачення середовища зокрема, їхнього впливу на бактеріальне навантаження

та якість води [23, 39]. Також залишається нез'ясованим, чи впливає на ріст бактерій збільшення площі поверхні, зумовлене іншими видами структурного збагачення середовища.

## 1.3. Еколого-біологічні особливості та закономірності співіснування риб і безхребетних у декоративних аквасистемах

Молюски, зокрема представники родин Ampullariidae, Neritidae та Planorbidae, характеризуються відмінностями у способах живлення, розмірах, інтенсивності обміну речовин і вимогах до середовища. Частина з них переважно споживає водоростеві обростання та органічні рештки, тоді як інші можуть використовувати ширший спектр кормових ресурсів. Особливості будови черепашки, рухової активності та способів добування їжі визначають їхню екологічну роль і потенційну вразливість до впливу з боку риб. Водночас деякі великі або добре захищені молюски здатні співіснувати з певними видами риб за умови відповідності гідрохімічних параметрів води їхнім фізіологічним потребам [11, 42, 51].

Не менш важливими компонентами декоративних аквасистем виступають прісноводні ракоподібні, серед яких особливий інтерес становлять креветки та дрібні види раків. Їхня поведінка характеризується специфічними механізмами пошуку корму, використанням укриттів і просторовою диференціацією активності. Багато представників цієї групи беруть участь у споживанні детриту, органічних решток та обростань, сприяючи перерозподілу органічної речовини в акваріумному середовищі. Однак можливість їх спільного утримання з рибами значною мірою залежить від співвідношення розмірів організмів, хижої активності риб, наявності захисних ділянок і характеру добової активності. Особливо вразливими можуть бути молоді особини ракоподібних, які в період линяння тимчасово втрачають ефективність зовнішнього захисту [16, 36].

Одним із визначальних аспектів біологічної сумісності виступають трофічні взаємовідносини. У межах декоративної аквасистеми риби та безхребетні можуть використовувати однакові кормові ресурси, конкурувати за

доступ до корму або перебувати у відносинах «хижак – жертва». Характер таких взаємодій залежить від харчової спеціалізації, розмірних характеристик, інтенсивності живлення та доступності альтернативних кормових об’єктів. Наприклад, наявність дрібних креветок у системі з рибами, для яких характерне активне споживання зоопланктону та донних безхребетних, створює передумови для їх поїдання. Натомість поєднання видів із різними трофічними нішами за належної організації простору може зменшувати інтенсивність безпосередньої конкуренції [20, 37].

Територіальність, агресивність, стадність, способи захисту та характер просторового розподілу істотно впливають на можливість співіснування організмів. Для окремих видів риб характерне активне освоєння всього об’єму акваріума, тоді як інші переважно використовують придонні ділянки або певні території. Безхребетні також характеризуються специфічними моделями поведінки: частина з них веде прихований спосіб життя, інші проявляють активність переважно в темний період доби або використовують рослинні зарості, корчі та інші елементи оформлення як захисні структури. Просторова диференціація може зменшувати частоту небажаних контактів, проте не усуває ризиків, зумовлених природними харчовими вподобаннями окремих видів [31, 41].

Важливим критерієм оцінювання сумісності є розмірне співвідношення між потенційними мешканцями аквасистеми. Значна різниця в розмірах тіла може створювати передумови для хижацтва навіть у тих випадках, коли види не характеризуються вираженою агресивною поведінкою. Особливо це стосується молоді безхребетних, яка може бути доступною для споживання рибами. Аналогічно, великі представники ракоподібних за певних умов здатні становити загрозу для дрібних або малорухливих риб, зокрема під час їх відпочинку. Тому оцінювання сумісності має передбачати врахування не лише поточних розмірних характеристик, а й потенційного росту організмів та змін їхньої поведінки в процесі онтогенезу [25, 46].

Передумовою стабільного функціонування змішаного угруповання є відповідність фізико-хімічних характеристик води біологічним потребам усіх

його компонентів. Температура, водневий показник (pH), загальна та карбонатна твердість, концентрація розчиненого кисню, а також вміст сполук азоту визначають інтенсивність фізіологічних процесів і загальний стан гідробіонтів. Особливе значення мають амоній/аміак, нітрити та нітрати, накопичення яких може негативно впливати на організми навіть за відсутності видимих ознак погіршення їхнього стану. При цьому різні групи гідробіонтів можуть характеризуватися неоднаковою чутливістю до окремих компонентів водного середовища [19, 35].

Слід ураховувати й особливості мінерального обміну безхребетних. Для молюсків і ракоподібних доступність кальцію та відповідний іонний склад води мають безпосереднє значення для формування і підтримання вапнякових структур або процесів мінералізації екзоскелета. У ракоподібних ці процеси особливо важливі під час линяння, коли формування нового покриву супроводжується підвищеною фізіологічною вразливістю. Відповідно, параметри води, оптимальні для певних видів риб, не завжди забезпечують належні умови для молюсків і ракоподібних. Це зумовлює необхідність пошуку спільного діапазону екологічно прийнятних значень основних показників середовища [17, 38].

Важливу роль у підтриманні біологічної рівноваги відіграє структура самого акваріумного простору. Наявність водних рослин, природних субстратів, корчів, каміння та спеціальних укриттів створює додаткові можливості для просторового розмежування організмів і зменшення частоти небажаних контактів. Для безхребетних такі елементи можуть слугувати місцями живлення, линяння, відпочинку та захисту від потенційних хижаків. Для риб вони формують умови реалізації природних поведінкових реакцій, зокрема пошуку корму, відпочинку й територіальної активності. Водночас надмірна щільність заселення та недостатня кількість укриттів можуть посилювати конкуренцію і спричиняти додаткове навантаження на біологічну систему [43, 52].

Щільність посадки гідробіонтів також належить до чинників, які безпосередньо визначають характер міжвидових взаємодій. Збільшення

кількості організмів на одиницю об’єму води супроводжується підвищенням навантаження на систему біологічної фільтрації, посиленням конкуренції за корм і простір та зростанням імовірності контактів між її мешканцями. За таких обставин навіть види, які за оптимальних умов демонструють достатній рівень сумісності, можуть виявляти небажані поведінкові реакції. Тому формування декоративного угруповання потребує обґрунтованого визначення кількісного та видового складу з урахуванням об’єму акваріума, продуктивності фільтраційного обладнання й можливостей підтримання стабільних параметрів водного середовища [15, 45].

Оцінювання біологічної сумісності не може обмежуватися лише візуальним спостереженням за поведінкою мешканців. Важливе значення мають показники їхньої життєздатності, характер живлення, активність, стан зовнішніх покривів, цілісність плавців, кінцівок і черепашок, а також наявність ознак механічного пошкодження або фізіологічного пригнічення. Для безхребетних додатковими критеріями можуть виступати успішність линяння, збереження рухової активності та відсутність ознак пошкодження м’яких тканин. Комплексне спостереження за зазначеними характеристиками дає змогу виявляти приховані прояви несумісності, які не завжди супроводжуються безпосередньою агресією чи загибеллю окремих особин [24, 34].

Необхідно також розмежовувати поняття біологічної сумісності та функціональної взаємодоповнюваності організмів. Перше характеризує можливість їхнього співіснування без істотного негативного впливу один на одного, тоді як друге відображає характер виконуваних ними екологічних функцій у межах спільного середовища. Поєднання цих властивостей створює передумови для формування стабільного акваріумного угруповання, у якому різні організми використовують доступні ресурси відповідно до власної екологічної спеціалізації. Проте наявність безхребетних, здатних споживати органічні рештки або водоростеві обростання, не повинна розглядатися як підстава для зменшення інтенсивності обслуговування акваріума чи відмови від контролю якості води [28, 48].

Практичне обґрунтування сумісності має враховувати також динамічність біологічних взаємовідносин. Характер співіснування може змінюватися залежно від віку, розмірів, фізіологічного стану та репродуктивної активності організмів. Наприклад, риби, які на ранніх етапах розвитку не становлять загрози для безхребетних, у міру росту можуть змінювати характер живлення та поведінку. Аналогічно, збільшення чисельності окремих видів безхребетних може призводити до посилення конкуренції за кормові ресурси або зміни характеру їхньої взаємодії з іншими мешканцями. З огляду на це, сумісність доцільно розглядати як характеристику, що потребує оцінювання протягом певного періоду спільного утримання [17, 23].

Особливого значення зазначені питання набувають у контексті поширення природно орієнтованих підходів до облаштування декоративних акваріумів. Відтворення окремих структурних елементів природних біотопів передбачає не механічне поєднання максимальної кількості видів, а формування обґрунтованого угруповання з урахуванням їхніх екологічних потреб і функціональних взаємозв'язків. Такий підхід передбачає раціональне використання простору, створення відповідних укриттів, добір сумісних за трофічними характеристиками організмів і підтримання стабільного гідрохімічного режиму. У результаті декоративна аквасистема розглядається не лише як об'єкт естетичного оформлення, а як штучно сформоване біологічне угруповання, функціонування якого залежить від узгодженості життєвих потреб усіх його компонентів [25, 45].

Водночас у практиці декоративної акваріумістики добір риб і безхребетних нерідко здійснюється на підставі загальних рекомендацій щодо сумісності окремих видів. Такий підхід не завжди враховує конкретні умови утримання, індивідуальні особливості організмів, їхній вік, розміри, щільність посадки та структуру середовища. Навіть за наявності позитивного досвіду спільного утримання певних видів результати можуть відрізнятися залежно від організації аквасистеми та стабільності її функціонування. Тому виникає необхідність у комплексному підході до оцінювання сумісності, який поєднує

аналіз біологічних характеристик видів із безпосереднім спостереженням за їхньою поведінкою та фізіологічним станом [13. 19].

Особливу цінність становить визначення таких принципів формування змішаних акваріумних угруповань, які дають змогу мінімізувати ризики хижацтва, конкуренції та фізіологічного пригнічення окремих компонентів. Їх практичне застосування сприятиме підвищенню рівня благополуччя гідробіонтів, раціональному використанню біологічних ресурсів і тривалому підтриманню стабільності декоративних аквасистем. При цьому основним критерієм успішності спільного утримання має бути не саме збереження присутності різних видів в одному акваріумі, а забезпечення умов, за яких кожен із них здатний реалізовувати властиві йому біологічні потреби без систематичного негативного впливу з боку інших мешканців [27, 43].

Таким чином, обґрунтування біологічної сумісності риб і безхребетних становить комплексну науково-практичну проблему, розв’язання якої потребує врахування трофічних, поведінкових, фізіологічних та екологічних особливостей різних груп гідробіонтів. Її дослідження має важливе значення для вдосконалення підходів до формування декоративних акваріумних угруповань, оскільки дає змогу перейти від формального добору видів до науково обґрунтованого моделювання їхнього співіснування. Саме узгодженість біологічних потреб, характеру міжвидових взаємодій та умов утримання визначає перспективи створення стабільної, функціонально організованої та біологічно збалансованої декоративної аквасистеми.

# РОЗДІЛ 2

# МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводили в акваріальному комплексі кафедри водних біоресурсів та аквакультури Білоцерківського НАУ.

Об’єктом досліджень слугували представники трьох основних систематичних груп акваріумних гідробіонтів: риби, молюски та ракоподібні. До складу експериментального угруповання входили: даніо малабарські *(Devario aequipinnatus)* і сомики коридораси рабауті *(Corydoras rabauti)*, молюски – неритини *(Neritina sp.)* та котушки (родина *Planorbidae*), а також прісноводні декоративні креветки роду *Neocaridina* (неокаридина червона або креветка вишня).

Кількість досліджуваних особин – 25 екземплярів: 10 риб, 5 молюсків і 10 креветок. Загальна тривалість експерименту становила 35 діб. Облік проводили на початку експерименту, а також на 7-му, 14-ту, 21-шу, 28-му та 35-ту добу.

Видовий склад та кількість особин експериментального угруповання представлено на рисунку 1.

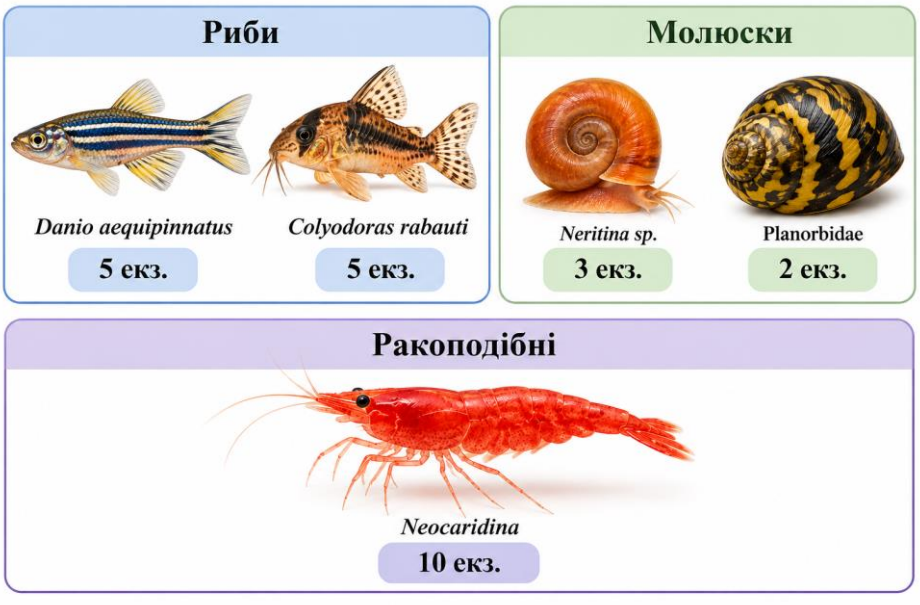


Рис. 1. Видовий склад експериментального угруповання
(Джерело складено автором із використанням інструментів штучного інтелекту)
[Положення про використання штучного інтелекту…, 2026]

Експеримент проводили в безкаркасному акваріумі об’ємом 300 дм$^3$ (рис. 2), призначеного для спільного утримання вище зазначених гідробіонтів. Враховували чисельність організмів, їхні екологічні особливості, характер живлення, просторову поведінку та особливості міжвидових взаємодій.

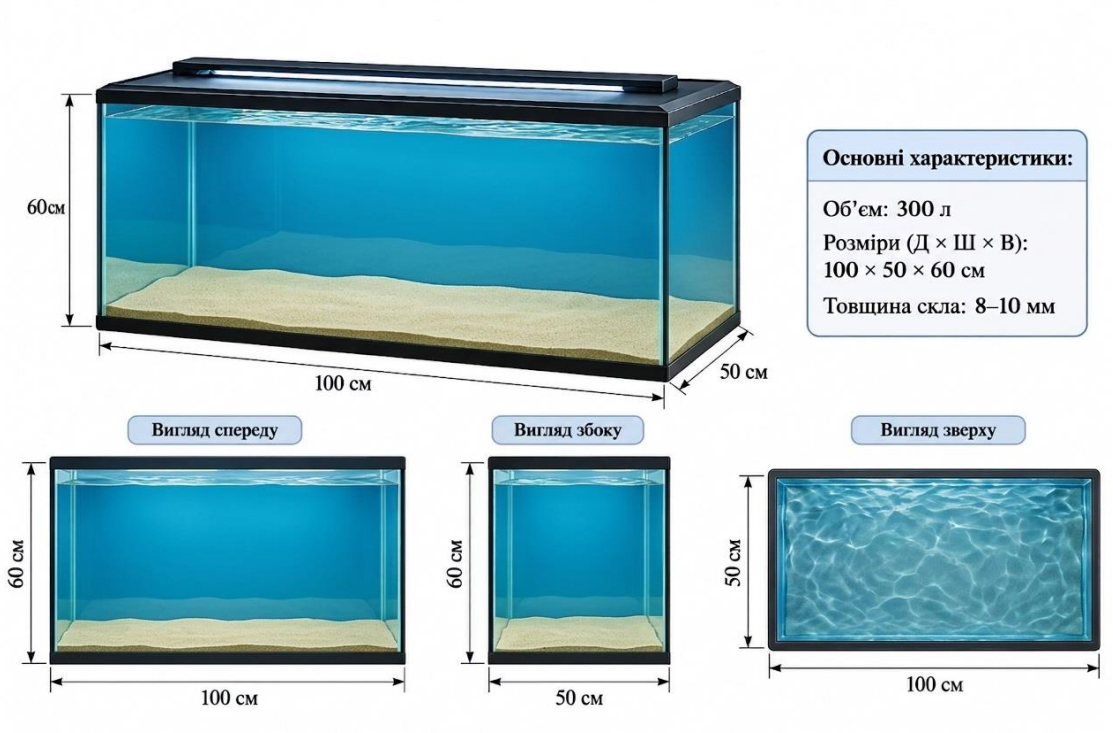


Рис. 2. Схематичне зображення експериментального акваріума
(Джерело складено автором із використанням інструментів штучного інтелекту)
[Положення про використання штучного інтелекту…, 2026]

Упродовж дослідного періоду забезпечували фільтрацію, проводили моніторинг та недопущення змін температури, кислотності та вмісту розчиненого кисню, оскільки ці параметри впливають на фізіологічний стан і поведінкову активність об’єктів дослідження.

Годівлю здійснювали з урахуванням трофічних особливостей та доступності корму для всіх компонентів угруповання. Окремо контролювали залишки нез’їденого корму, оскільки їх накопичення може спричиняти погіршення якості води та впливати на результати досліджень.

Аналіз біологічної сумісності досліджуваних організмів передбачав систематичне спостереження за їхньою поведінкою в умовах спільного утримання. Основним завданням цього етапу було встановлення характеру

міжвидових контактів, виявлення можливих проявів агресії, конкуренції за кормові ресурси та простір, а також визначення ознак уникнення небажаних взаємодій.

Спостереження проводили двічі на кожну добу (дату досліджень) з тривалістю одного сеансу близько 30 хвилин. Реєстрували поведінкові реакції: нейтральні контакти, що не супроводжувалися ознаками агресії або уникнення; кормова активність, пов’язана з пошуком і споживанням корму; просторова активність, зокрема переміщення та використання різних ділянок акваріума; уникнення контактів, що проявлялося у віддаленні одного організму від іншого; конкурентні взаємодії, пов’язані з доступом до корму або окремих ділянок середовища; агресивні реакції, зокрема переслідування, напади та спроби витіснення; трофічні зв’язки, включно зі спробами поїдання або захоплення інших організмів.

Оцінювання поведінки здійснювали з урахуванням біологічних особливостей. Для риб аналізували рухову активність, характер переміщення та реакції на присутність інших організмів; для молюсків – активність пересування, прикріплення до субстрату та участь у споживанні органічних решток; для креветок – пошукову активність, використання укриттів і характер контактів із рибами та молюсками. Під час огляду звертали увагу на загальну рухову активність, реакцію на зовнішні подразники, характер плавання, стан зовнішніх покривів, наявність видимих пошкоджень і нетипових змін поведінки. У молюсків додатково оцінювали активність переміщення та реакцію на механічні подразники, а в креветок – координацію рухів, активність кінцівок і характер використання укриттів. У разі виявлення загиблих особин фіксували дату виявлення та, за можливості, встановлювали ймовірні причини загибелі.

Отримані експериментальні дані підлягали систематизації та аналізу. Для кількісної характеристики результатів використовували абсолютні та відносні показники – чисельність організмів, частоту реєстрації поведінкових реакцій, показник виживаності та динаміку гідрохімічних показників.

Інтерпретацію отриманих даних здійснювали з урахуванням особливостей постановки досліду.

Усі наукові положення, розрахунки, фактичні дані та висновки були перевірені автором роботи й сформульовані на основі власних досліджень, наукових джерел та результатів статистичної обробки [Положення про академічну доброчесність…, 2026].

У процесі підготовки кваліфікаційної роботи інструменти штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI) використовували як допоміжний засіб для структуризації окремих фрагментів тексту, мовностилістичного редагування, узагальнення матеріалів і підготовки графічних елементів [Положення про використання штучного інтелекту…, 2026]. Відповідальність за достовірність фактичних даних, коректність розрахунків, наукову інтерпретацію результатів і сформульовані висновки несе автор кваліфікаційної роботи.

# РОЗДІЛ 3

# РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 3.1. Характеристика видового складу експериментального акваріумного угруповання

Формування експериментального угруповання передбачало добір видів риб і безхребетних з урахуванням їхніх біологічних особливостей, екологічних потреб та потенційної сумісності в межах спільного водного середовища.

***Даніо малабарський*** (*Devario aequipinnatus*, McClelland, 1839) (рис. 3.), відомий також як даніо Деваріо або гігантський даніо – прісноводна зграйна риба родини Данієвих (*Danionidae*), природний ареал якої охоплює водойми Південної Азії, зокрема Індії, Непалу, Бангладеш і Шрі-Ланки. Вперше вид був описаний у 1839 році.



Рис. 3. Даніо малабарський (фото автора)

Вид характеризується видовженим, стиснутим з боків тілом, добре розвиненими плавцями. Забарвлення сріблясто-блакитне з виразними поздовжніми смугами синюватого й золотистого відтінків, які надають рибі характерного декоративного вигляду.

Даніо малабарський належить до відносно великих представників акваріумних даніо. Довжина дорослих особин 8–12 см, за сприятливих умов може бути більшою. Риби відзначаються високою руховою активністю, утворюють зграї та переважно займають середні й верхні шари води. У природних умовах населяють річки та струмки з помірною або швидкою течією.

За характером живлення вид належить до всеїдних риб. Основу природного раціону становлять дрібні безхребетні, зоопланктон, комахи та їхні личинки, а також інші доступні кормові об'єкти. В умовах акваріумного утримання добре споживає якісні сухі, заморожені та живі корми.

Утримання передбачає просторий акваріум, ефективну фільтрацію та аерацію. Рекомендовано утримувати не менше 5–6 особин, оскільки зграйний спосіб життя сприяє прояву характерної соціальної поведінки та знижує ймовірність надмірної уваги окремих особин до "сусідів". За даними FishBase, вид може досягати 15 см загальної довжини, а рекомендована довжина акваріума становить щонайменше 100 см.

Під час сумісного утримання даніо малабарського з креветками, необхідно враховувати можливість поїдання молоді та дрібних особин. Тому біологічну сумісність доцільно оцінювати не лише за відсутністю агресії, а й з урахуванням трофічних взаємозв'язків.

***Коридорас рабауті*** (*Corydoras rabauti*, La Monte, 1941) – невелика прісноводна донна риба родини Панцирних сомів (*Callichthyidae*). Природний ареал поширення басейн Амазонки.

Вид характеризується видовженим, високим тілом, черевна частина сплощена, а боки вкриті двома рядами кісткових пластинок, що виконують захисну функцію. Ротовий отвір розташований у нижній частині голови та оточений двома парами вусиків, які забезпечують пошук корму у донному субстраті.

Забарвлення тіла коричнево-червоне із характерним темним поздовжнім рисунком. Черевна частина світліша, плавці прозорі або з незначною пігментацією. Дорослі особини досягають довжини 4–5 см, що робить цей вид

придатним для утримання у загальних декоративних акваріумах із невеликими мирними рибами.

За характером поведінки коридорас рабауті належить до мирних, соціальних і зграйних видів. Основну частину часу проводить у придонному шарі води, де активно “досліджує” субстрат у пошуках корму. Для утримання рекомендовано формувати групи щонайменше з 5–6 особин. Перевагу надає акваріумам із м’яким піщаним або дрібнозернистим ґрунтом, корчами, водними рослинами та достатньою кількістю укриттів.

У природних умовах живиться дрібними донними безхребетними, личинками комах, зоопланктоном та органічними рештками. В акваріумі споживає спеціальний тонучий корм, заморожені та живі корми. Важливо враховувати, що коридораси не виконують функцію утилізації екскрементів інших мешканців акваріума, тому потребують повноцінної годівлі.

Спільне утримання з даніо малабарським характеризується просторовим розмежуванням основних зон перебування, що зменшує конкуренцію за простір. За сумісного утримання з креветками та молюсками необхідно контролювати доступність корму й забезпечувати достатню кількість укриттів, особливо для молоді безхребетних.

***Неритини*** (*Neritina sp.*) – група прісноводних і солонуватоводних черевоногих молюсків родини Неритид (*Neritidae*). Характерною особливістю є компактна, міцна, округла або напівкуляста черепашка з різноманітним забарвленням і рисунком. Залежно від виду та популяції черепашка може мати темні, жовті, оливкові, коричневі або контрастні смугасті й плямисті візерунки.

Розміри дорослих особин 1,5–3 см. Тіло молюска м’яке, захищене черепашкою, а пересування здійснюється за допомогою добре розвиненої м’язистої ноги. На голові розташовані щупальця та органи чуття, які забезпечують орієнтацію в середовищі. Для багатьох представників групи характерна наявність оперкулума.

За типом живлення неритини належать переважно до фіто-перифітонофагів. Основу їхнього раціону становлять мікроводорості, діатомові водорості та біоплівки, що формуються на поверхнях скла, каміння, корчів та

інших елементів акваріума. Неритини характеризуються переважно спокійною поведінкою, невисокою рухливістю та відсутністю територіальної агресії. Більшу частину часу проводять на поверхнях, де здійснюють пошук і споживання водоростевих обростань. Для їх утримання рекомендовано акваріуми зі стабільними гідрохімічними показниками, достатньою кількістю обростань і належним вмістом кальцію у воді, необхідного для формування та підтримання міцності черепашки.

Важливою біологічною особливістю неритин є специфіка розмноження: для розвитку личинок більшості акваріумних представників необхідне солонувате середовище. Тому в прісноводних акваріумах молюски можуть відкладати білі капсулоподібні яйця на твердих поверхнях, однак повноцінний розвиток потомства зазвичай не відбувається.

Неритини виконують функцію консументів першого порядку, використовуючи перифітон та біоплівки як корм. Їхнє сумісне утримання з даніо малабарським, коридорасом рабауті та креветками характеризується низькою ймовірністю прямої харчової конкуренції завдяки відмінностям у способах живлення та просторовому використанні акваріума. Необхідно враховувати можливість механічного пошкодження молюсків під час активного переміщення риб, а також забезпечувати достатню кормову базу для неритин.

***Котушки*** (*Planorbidae*) – родина прісноводних черевоногих молюсків, представники якої широко поширені у водоймах різних географічних регіонів. В акваріумістиці котушки відомі завдяки характерній дископодібній черепашці, закрученій у плоску спіраль, яка формує впізнавану зовнішню морфологію. Розміри молюсків залежать від виду та умов існування й можуть становити від кількох міліметрів до 3–4 см.

Тіло котушки м’яке, несегментоване, складається з голови, тулуба та добре розвиненої широкої м’язистої ноги за допомогою якої молюск пересувається поверхнями субстрату, рослин та інших декоративних елементів. Черепашка зазвичай має коричневе, червонувате або оливкове забарвлення. Представники родини характеризуються наявністю легеневого дихального апарату, що дає змогу використовувати атмосферне повітря. Така особливість

забезпечує можливість існування в умовах різного рівня розчиненого у воді кисню.

Котушки належать до всеїдних молюсків із вираженою схильністю до споживання рослинних обростань і детриту. Основу їхнього раціону складають мікроводорості, біоплівки, відмерлі частини рослин, органічні рештки та інші доступні кормові частинки. В акваріумних умовах вони активно освоюють поверхні скла, ґрунту, листків рослин і декоративних елементів, беручи участь у переробленні органічної речовини.

Характеризуються відносно високою екологічною пластичністю, здатністю адаптуватися до різних умов середовища та швидким відтворенням чисельності за наявності достатньої кормової бази. Більшість представників родини – гермафродити, здатні до перехресного запліднення, а в окремих випадках і самозапліднення. Яйця відкладають у прозорих драглистих кладках на підводних поверхнях, на рослинах, склі та декоративних елементах.

За сумісного утримання з неритинами спостерігається часткове перекривання кормових ніш, оскільки обидві групи молюсків використовують водоростеві обростання. Водночас відмінності у спектрі споживаних органічних компонентів дають змогу зменшити рівень прямої трофічної конкуренції.

***Неокаридина червона*** (*Neocaridina davidi*, Liang, 2002) – прісноводна креветка з родини Атидових (*Atyidae*). Природний ареал виду пов’язаний із прісноводними водоймами Східної Азії. Вид вперше описаний у Тайвані (2002 р.) Червона форма, відома в акваріумістиці як Red Cherry Shrimp, отримана внаслідок селекційного добору за інтенсивністю пігментації.

Тіло креветки складається з головогрудей і сегментованого черевця, захищених хітиновим покривом. Характерною ознакою є виражене червоне забарвлення, інтенсивність якого залежить від генетичних особливостей, віку, фізіологічного стану та умов утримання. Самки зазвичай більші за самців, мають масивніше черевце та інтенсивніше забарвлення. Дорослі особини 2–3 см завдовжки.

За типом живлення – всеїдний детритофаг. Основу раціону становлять мікроводорості, біоплівки, детрит, органічні рештки та дрібні частинки корму. В акваріумних умовах креветки живляться перифітоном, спеціалізованим кормом для ракоподібних та органічними рештками.

Креветка черрі характеризуються мирною поведінкою, високою активністю під час пошуку їжі та здатністю використовувати різноманітні мікробіотопи акваріума. Особливе значення мають водні рослини, мохи, корчі та інші поверхні, на яких формуються біоплівки й забезпечуються укриття для молоді.

### 3.2. Дослідження гідрохімічних показників декоративної аквасистеми

Гідрохімічні показники водного середовища – ключовий чинник, що визначає стабільність функціонування декоративної аквасистеми, фізіологічний стан і життєдіяльність її мешканців. З метою оцінювання якості водного середовища та визначення відповідності умов утримання біологічним потребам досліджуваних гідробіонтів було проведено аналіз основних гідрохімічних параметрів аквасистеми. Результати представлено у таблиці 1.

*Таблиця 1*

**Гідрохімічні показники водного середовища експериментального акваріума**

| **Показник** | **Доби дослідження** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Початок спостережень** | **7** | **14** | **21** | **28** | **35** |
| Температура, °C | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 25,0 |
| pH | 7,2 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,4 |
| Загальна твердість, °dGH | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Розчинений кисень, мг/л | 7,5 | 7,3 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 |

*Продовження таблиці 1*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Амонійний азот, мг/л | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Нітрити, мг/л | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Нітрати, мг/л | 5 | 8 | 10 | 10 | 10 | 12 |

Згідно з результатами, наведеними в таблиці 1, температурний режим упродовж усього періоду спостережень залишався незмінним і становив 25,0 °C. Відсутність температурних коливань свідчить про підтримання стабільного термічного режиму водного середовища. Описаний температурний показник прийнятний для досліджуваних видів і забезпечує сприятливі умови для перебігу основних фізіологічних процесів, зокрема обміну речовин, дихання та рухової активності.

Водневий показник (pH) характеризувався незначною позитивною динамікою: на початку спостережень він становив 7,2, на 14-ту добу підвищився до 7,3, а наприкінці дослідження досягнув 7,4. Такі зміни свідчать про незначне зміщення реакції водного середовища в лужний бік за збереження загалом нейтрального характеру. Встановлені значення допустимі для неокаридин і молюсків, а також прийнятні для даніо малабарського та коридораса рабауті за умови відсутності різких коливань кислотно-лужного балансу.

Загальна твердість води впродовж усього експериментального періоду залишалася сталою та дорівнювала 8 °dGH. Такий показник характеризує воду як помірно м’яку та свідчить про сталість мінерального складу. Наявність достатньої кількості розчинених сполук кальцію і магнію має важливе значення для функціонування фізіологічних систем гідробіонтів. Зокрема, мінеральні компоненти необхідні для формування та підтримання структури черепашок неритин і котушок, а також для забезпечення нормальних процесів линяння у креветок роду *Neocaridina.*

Концентрація розчиненого кисню перебувала в межах 7,3–7,5 мг/л. На сьому добу було зафіксовано незначне зниження показника до 7,3 мг/л, після чого його значення стабілізувалося на рівні 7,5 мг/л. Загалом наведені показники характеризують водне середовище як достатньо насичене киснем. Це має особливе значення для забезпечення аеробних процесів метаболізму, підтримання фізіологічної активності риб і креветок, а також нормального функціонування біологічної системи акваріума.

Вміст амонійного азоту на початку дослідження становив 0,00 мг/л, а починаючи із сьомої доби зріс до 0,01 мг/л і залишався на цьому рівні до завершення спостережень. Незначна концентрація амонійного азоту може бути пов’язана з надходженням продуктів азотистого обміну гідробіонтів та процесами розкладання органічних залишків. Водночас відсутність подальшого зростання цього показника в межах запропонованих даних свідчить про відносну стабільність азотного режиму та належне функціонування біологічних процесів очищення води.

Концентрація нітритів характеризувалася незначними коливаннями. На початку дослідження та на сьому добу їхній вміст становив 0,00 мг/л. На 14-ту та 21-шу добу показник підвищився до 0,01 мг/л, після чого на 28-му та 35-ту добу знову знизився до 0,00 мг/л. Така динаміка може відображати особливості перебігу процесів нітрифікації, під час яких амонійні сполуки послідовно трансформуються в нітрити, а згодом – у нітрати.

Вміст нітратів демонстрував поступове зростання від 5 мг/л на початку спостережень до 12 мг/л на 35-ту добу. На сьому добу концентрація становила 8 мг/л, а починаючи з 14-ї доби до 28-ї доби утримувалася на рівні 10 мг/л. Подальше збільшення до 12 мг/л пов’язане з накопиченням кінцевих продуктів нітрифікації внаслідок життєдіяльності гідробіонтів та мінералізації органічної речовини. Наведені концентрації є відносно невисокими та не свідчать про значне накопичення нітратного азоту у водному середовищі.

Отже, аналіз гідрохімічних показників протягом 35-добового періоду спостережень характеризує досліджуване водне середовище як систему з відносно стабільними фізико-хімічними параметрами.

### 3.3. Дослідження поведінкових реакцій за спільного утримання гідробіонтів

Дослідження поведінкових реакцій за спільного утримання різних груп гідробіонтів було спрямоване на встановлення особливостей їхньої взаємодії в умовах спільного акваріумного середовища, зокрема характеру просторового розподілу, трофічної активності, використання різних екологічних ніш та наявності поведінкових реакцій, що можуть свідчити про біологічну сумісність досліджуваних видів.

Поведінкові реакції експериментального акваріумного угруповання представлено у таблиці 2.

*Таблиця 2*

**Поведінкові реакції гідробіонтів**

| **Обліковий період** | **Кількість зареєстрованих реакцій** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Нейтралізм** | **Конкуренція** | **Уникнення** | **Агресія** | **Трофічні зв'язки** |
| Початок спостереження *(02.03.2026)* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7-ма доба *(09.03.2026)* | 36 | 6 | 4 | 0 | 8 |
| 14-та доба *(16.03.2026)* | 40 | 8 | 4 | 0 | 9 |
| 21-ша доба *(23.03.2026)* | 44 | 6 | 2 | 0 | 10 |
| 28-ма доба *(30.03.2026)* | 46 | 4 | 2 | 0 | 10 |
| 35-та доба *(06.04.2026)* | 52 | 6 | 2 | 0 | 11 |

Як видно з таблиці 1, оцінювання здійснювалося за п'ятьма основними категоріями: нейтралізм, конкуренція, уникнення, агресія та трофічні зв'язки.

На початковому етапі дослідження (2 березня 2026 року) випадків прояву жодної з досліджуваних реакцій не зафіксовано, що може свідчити про початковий період адаптації гідробіонтів до умов середовища.

Починаючи із сьомої доби, спостерігалася активізація поведінки. Найбільш численною категорією виявився нейтралізм, кількість зареєстрованих випадків якого поступово зростала з 36 до 52 наприкінці досліджуваного періоду. Це свідчить про переважання нейтральних взаємодій між гідробіонтами в досліджуваній системі.

Кількість випадків конкуренції характеризувалася певною мінливістю та залишалася відносно невисокою, коливаючись у межах 4–8 випадків. Найбільше значення цього показника (8 випадків) зафіксовано на 14-ту добу спостережень. Надалі кількість конкурентних взаємодій зменшилася, що вказує на поступове формування стійких взаємозв'язків між організмами.

Показник уникнення також мав тенденцію до зниження: від 4 випадків на сьому та чотирнадцяту добу до 2 випадків упродовж наступних трьох облікових періодів. Водночас поведінкових проявів агресії за весь період дослідження не зареєстровано, що є важливою характеристикою особливостей взаємодії досліджуваних видів.

Особливістю досліджуваного періоду стало поступове збільшення кількості зафіксованих трофічних взаємодій – від 8 випадків на сьому добу до 11 на 35-ту добу експерименту. Виявлена закономірність відображає посилення харчової активності гідробіонтів та поступове становлення трофічних зв'язків між компонентами досліджуваного угруповання.

Отже, отримані дані характеризують досліджувану систему як таку, у якій впродовж періоду спостережень переважали нейтральні та трофічні форми взаємодії.

## 3.4. Дослідження динаміки чисельності за спільного утримання гідробіонтів

Динаміка чисельності гідробіонтів за умови спільного утримання належить до основних критеріїв оцінювання біологічної сумісності різних систематичних груп в умовах декоративної аквасистеми. Її вивчення дає змогу встановити характер кількісних змін у сформованому угрупованні, визначити можливий вплив міжвидових взаємодій на збереження особин.

Динаміка чисельності гідробіонтів впродовж експериментального періоду представлена у таблиці 3.

*Таблиця 3*

**Динаміка чисельності гідробіонтів впродовж експериментального періоду**

| **Вид** | **Доба дослідження** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Початок дослідження** | **7** | **14** | **21** | **28** | **35** |
| | **Кількість, екз** | | | | | |
| Даніо малабарський | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Коридорас рабауті | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Неретини | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Котушки | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Неокаридина червона | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Всього | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |

Згідно з даними, представленими в таблиці 3, впродовж 35 діб експерименту кількісні показники кожного виду не зазнали змін. Загальна чисельність гідробіонтів у досліджуваній системі залишалася незмінною та становила 25 екземплярів на кожному етапі спостережень.

### 3.5. Оцінка виживаності гідробіонтів

Виживаність гідробіонтів характеризує ефективність їх спільного утримання та відображає ступінь адаптації до сформованих умов існування. Порівняльне оцінювання цього показника дає змогу встановити видові особливості збереження життєздатності, визначити можливий вплив міжвидових взаємодій на фізіологічний стан організмів і виявити потенційні

чинники, що обмежують їх тривале співіснування. Порівняльна оцінка виживаності гідробіонтів представлена у таблиці 4.

*Таблиця 4*

**Виживаність об'єктів дослідження впродовж експериментального періоду**

| Вид | Початок експерименту | Кінець експерименту | Виживаність, % |
|---|---|---|---|
| Даніо малабарський | 5 | 5 | 100,0 |
| Коридорас рабауті | 5 | 5 | 100,0 |
| Неретини | 3 | 3 | 100,0 |
| Котушки | 2 | 2 | 100,0 |
| Неокаридина червона | 10 | 9 | 90,0 |
| Разом | 25 | 24 | 96,0 |

За результатами таблиці 4, встановлено високий рівень виживаності досліджуваних гідробіонтів, що свідчить про загалом сприятливі умови їх утримання протягом усього експериментального періоду.

Аналіз отриманих результатів показав, що серед досліджуваних видів стовідсоткову виживаність продемонстрували даніо малабарський (*Devario malabaricus*), коридорас рабауті (*Corydoras rabauti*), неретини та котушки. Упродовж експерименту кількість особин цих видів залишалася незмінною: відповідно 5, 5, 3 та 2 особини.

Дещо нижчі показники були зафіксовані у неокаридини червоної (*Neocaridina davidi*), початкова чисельність якої становила 10 особин, тоді як наприкінці експерименту залишилося 9 особин. Таким чином, виживаність цього виду становила 90,0 %, що відповідає втраті однієї особини за 35 діб спостережень.

Загалом початкова чисельність усіх досліджуваних організмів становила 25 особин, а наприкінці експерименту було зафіксовано 24 особини. Відповідно, загальний показник виживаності становив 96,0 %.

Отже, результати експерименту засвідчують високу загальну життєздатність досліджуваних гідробіонтів. Незначне зниження чисельності було відзначено лише серед червоних неокаридин, тоді як решта досліджуваних видів зберегли початкову чисельність. Отримані дані свідчать про достатню стабільність умов утримання протягом 35-добового експерименту та загалом добру адаптацію досліджуваних організмів до умов експериментальної системи.

# ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Формування біологічної сумісності риб і безхребетних визначається сукупністю екологічних, фізіологічних і поведінкових чинників, серед яких важливе значення мають параметри водного середовища, трофічні взаємовідносини, особливості поведінки та просторовий розподіл гідробіонтів.

2. Встановлено, що підбір видового складу мешканців декоративного акваріума потребує врахування їхніх біологічних потреб, зокрема температурного режиму, активної реакції води, жорсткості, концентрації розчиненого кисню та інших гідрохімічних показників. Відповідність зазначених параметрів екологічним вимогам усіх представлених видів створює необхідні умови для їх нормального розвитку та життєдіяльності.

3. Важливим критерієм сумісного утримання риб і безхребетних виступають особливості їхньої трофічної поведінки. Наявність хижих, територіальних або виражених конкурентних взаємодій може обмежувати можливості спільного утримання окремих видів. Особливої уваги потребує співвідношення розмірів гідробіонтів, оскільки дрібні ракоподібні та молюски можуть ставати об’єктами живлення для окремих видів риб.

4. Поведінкові особливості гідробіонтів впливають на характер їхньої взаємодії в межах спільного середовища. Агресивність, територіальність, конкуренція за кормові ресурси та укриття можуть спричиняти хронічний стрес, порушення харчової активності й погіршення фізіологічного стану. Тому під час формування угруповань необхідно враховувати не лише систематичну належність видів, а й особливості їхньої поведінки.

5. Структурна організація декоративної аквасистеми має вагоме значення для забезпечення біологічної сумісності її мешканців. Використання природних укриттів, корчів, кам’янистих конструкцій, водних рослин сприяє формуванню окремих зон, зменшенню прямих контактів між потенційними конкурентами та створенню сприятливих умов для прояву природної поведінки гідробіонтів.

6. Встановлено, що риби та безхребетні можуть виконувати взаємодоповнюючі функції в декоративному акваріумі. Молюски та ракоподібні беруть участь у споживанні органічних залишків, водоростевих обростань та детриту, сприяючи трансформації органічної речовини. Ефективність цих процесів залежить від видового складу угруповання, чисельності організмів і стану водного середовища.

7. Спільне утримання риб і безхребетних значною мірою залежить від ефективності системи фільтрації, аерації та біологічного очищення води. Контроль концентрації амонійного азоту, нітритів, нітратів, розчиненого кисню та органічного навантаження дає змогу своєчасно виявляти відхилення від оптимальних умов і запобігати виникненню негативних ситуацій.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ


1. Білявцева В.В., Мушит С.О., Сироватко К.М. Основи акваріумістики: навчальний посібник. Вінниця, 2020. 224 с.

2. Буднік С.В., Колосок А. М. Основи акваріумістики та аквадизайну : навчальний посібник. Луцьк, 2024. 174 с.

3. Буднік С.В., Колосок А.М. Акваріуміст-початківець : навчальний посібник. Вид. 2-ге доповн. Луцьк, 2016. 156 с.

4. Буждиган О.Я., Руденко С.С., О.Д. Зароченцева О.Д., Костишин С.С. Екологія в дослідах. Методичні рекомендації для наукової роботи в навчальних закладах різного типу. Чернівці, 2015. 128 с.

5. Бурлака М.М. Скоромна О.І. Годівля екзотичних тварин : навчальний посібник. Житомир, 2012. 358 с.

6. Вискушенко Д.А., Андрійчук Т.В., Гулько В.О. (2022). Переваги утримання тернеції Glo Fish у шкільному куточку живої природи. *Theoretical and applied aspects of the application of modern science. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan.* P. 44–46.

7. Вискушенко Д.А., Максименко Ю.В., Андрійчук Т.В., Макаревич Л.В. (2022). Генетично модифіковані гідробіонти як об'єкти утримання у шкільному акваріумі. *The 12th International scientific and practical conference «Current challenges, trends and transformation» (December 13–16, Boston, USA).* P. 413–414. https://10.46299/ISG.2022.2.12

8. Вискушенко Д.А., Шерстобаєва К.А. (2021). Утримання в умовах акваріума тернеції Glo Fish – трансгенної модифікації *Gymnocorymbus ternetzi* (Boulenger, 1895). Trends in the development of science and practice. *Abstracts of XV International Scientific and Practical Conference. (December 27–29, Madrid, Spain).* P. 50–52.

9. Гойко О.В. (2010). Проблеми описування та використання статистичних мето- дів у наукових роботах і статтях. *Медична інформатика та інженерія.* № 2. С. 35–38.

10. Дмитрук В.С., Павлюченко О.В., Богун В.В. (2026) Інфузорії роду

Сувійка (*Vorticella*) як біоіндикатори стану акваріумної системи. *XXI Міжнародна науково-практична конференція «Latest Ideas, Technologies and Modern Inventions: Problems, Theories and Challenges», 25–27 травня, Прага, Чехія.* С. 50–52.

11. Кононцев С.В., Гороховська Ю.Р. (2011). Хвороби декоративних риб та шляхи їх поширення. *Таврійський науковий вісник.* № 76. С. 239–245.

12. Корецький В.Д., Халтурин М.Б. (2022). Покращення технології утримання видів роду *Procambarus* у штучних аквасистемах. *Вісник слухачів магістратури Національного університету біоресурсів і природокористування України: збірник наукових праць науково-практичної постерної конференції слухачів магістратури.* С. 72–74.

13. Коршевнюк Т.В. Біологічні системи : навчальний посібник. Київ, 2022. 104 с.

14. Костенко С.О. (2020). Історія, створення та використання трансгенних риб. *Водні біоресурси та аквакультура.* Вип. 2. С. 149–170. https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.14

15. Куновський Ю.В., Гриневич Н.Є., Присяжнюк Н.М., Хом'як О.А., Михальський О.Р. (2018). Вплив стресових чинників на об'єкти декоративної аквакультури під час транспортування. *Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології : матеріали XI міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції (18–20 вересня, м. Львів).* С. 97–101.

16. Куновський Ю.В., Присяжнюк Н.М., Гриневич Н.Є., Михальський О.Р. Біологія об'єктів декоративної аквакультури: методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів екологічного факультету за кредитно-модульною системою організації навчального процесу. Біла Церква, 2018. 58 с.

17. Малимон С.С. Основи екології : підручник. Вінниця, 2009. 240 с.

18. Матковська С.І., Іщук О.В., Ковальчук І.І., Світельський М.М., Слюсар М.В. (2024). Екологія, іхтіологія та аквакультура сучані тенденції розвитку декоративної аквакультури. *Таврійський науковий вісник.* № 135(2). С. 215–221. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.27

19. Миронюк Т.В., Римар Є.П. (2020). Автоматизація управління водними мікроекосистемами. *Вісник Черкаського державного технологічного університету.* № 1. С. 14–20. https://10.24025/2306-4412.2.2020.197278

20. Погребняк О.І. (2024). Клуб акваріумістів як форма роботи з молоддю задля її залучення до природоохоронної діяльності. *Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (6–7 листопада, м. Миргород).* С. 111–115.

21. Положення про академічну доброчесність у Білоцерківському національному аграрному університеті. м. Біла Церква, 2026. 9 с. https://education.btsau.edu.ua/sites/default/files/DOC/pologenua/polog_academ_dobroch_2026.pdf

22. Положення про академічну доброчесність у Білоцерківському національному аграрному університеті. м. Біла Церква, 2026. 9 с. https://education.btsau.edu.ua/sites/default/files/DOC/pologenua/polog_academ_dobroch_2026.pdf

23. Положення про використання штучного інтелекту в Білоцерківському національному аграрному університеті. м. Біла Церква, 2026. 6 с. https://files.btsau.edu.ua/sites/default/files/doc/norm_doc/polog_vikorist_shi.pdf

24. Талдонова К.Г. (2020). Захист інформації у сфері аквакультури. *Актуальні проблеми національного законодавства: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. (17 квітня, м. Кропивницький).* С. 128–131.

25. Талдонова К.Г. (2021). Особливості права користування об'єктами аквакультури. *Наукові записки. Серія: Право.* № 10. С. 97–101.

26. Талдонова К.Г. (2021). Теоретико-правова характеристика напрямів та видів сфери аквакультури. *Київський часопис права.* № 4. С. 211–217. https://doi.org/10.32782/klj/2021.4.32

27. Ткачук О.П., Левчук О.В., Крижанівський В.В. (2024). Вплив складу кальцієвої суміші в раціоні харчування на ріст і розвиток равликів. *Таврійський науковий вісник.* № 135(2). С. 250–262. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.32

28. Третьякова Н.К., Остапенко Л.С. (2026). Методи експозиціювання

річкових риб. *Матеріали VII науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. (27–28 квітня, м. Дніпро).* С. 88–89.

29. Уваєва О.І., Коцюба І.Г., Єльнікова Т.О. Гідробіологія : навчальний посібник. Житомир, 2020. 196 с.

30. Федоненко О.В., Шарамок Т.С., Маренков О.М. Основи аквакультури: культивування мікроводоростей та безхребетних: навчальний посібник. Дніпропетровськ, 2014. 44 с.

31. Хільчевський В.К., Осадчий В.І, Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник. Київ, 2012. 312 с.

32. Чумак І.М. Мешканці акваріума та догляд за ними. Шепетівка, 2013. 48 с.

33. Шевкунов О.В. (2024). Наукові засади акваріумістики. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування. Матеріали міжнародної наукової конференції (25–26 квітня, м. Харків).* С. 217–218.

34. Afisha, F.N., Hasan, Z., Iskandar, I., Haetami, K., Sahidin, A., & Grandiosa, R. (2025). Optimization of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) cultivation in aquaria: A review of productivity, ecosystem balance, and environmental sustainability. *Jurnal Perikanan,* 15(4), 1892–1904. https://doi.org/10.29303/jp.v15i4.1719

35. Alam, M., Abbas, K., Zehra, Z., & Kamil, F. (2024). Genetic advancement, global trade dynamics, persistent challenges and future prospects in ornamental fish culture. *Asian Journal of Research in Zoology,* 7(1), 32–46. https://doi.org/10.9734/ajriz/2024/v7i1138

36. Cardoso, P.H.M., Moreno, A.M., Moreno, L.Z., de Oliveira, C.H., Baroni, F. de A., Maganha, S.R.de L., & Balian, S.deC. (2019). Infectious diseases in aquarium ornamental pet fish: prevention and control measures. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science,* 56(2), e151697. https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2019.151697

37. Cerreta, A.J., Lewbart, G.A., & Harrison, T.M. (2020). A novel approach to ornamental fish transportation for the aquarium hobbyist. *Journal of Survey in Fisheries Sciences,* 7(1), 105–112. https://doi.org/10.18331/sfs2020.7.1.10

38. Csontos, D., Bartal, Z. P., & Bakacsy, L. (2024). Removal of nitrate and phosphate by aquatic plants during aquarium-based ornamental fish production. *North American Journal of Aquaculture,* 86(4), 413–423. https://doi.org/10.1002/naaq.10349

39. Diggles, B.K., Arlinghaus, R., Browman, H.I., Cooke, S.J., Cooper, R.L., Cowx, I.G., & Watson, C. (2024). Reasons to be skeptical about sentience and pain in fishes and aquatic invertebrates. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture,* 32(1), 127–150. https://doi.org/10.1080/23308249.2023.2257802

40. Jain, A.K., & Karunasagar, I. (2025). Ornamental fish and aquarium trade in the globalized world. *In Ornamental Fisheries and Aquarium Keeping: Insights from the Indian Aquarium Industry* (pp. 1–70). https://doi.org/10.1201/9781003318842-1

41. Jerez-Cepa, I., & Ruiz-Jarabo, I. (2021). Physiology: an important tool to assess the welfare of aquatic animals. *Biology,* 10(1), 61. https://doi.org/10.3390/biology10010061

42. Jones, M., Mhairi, E.A., Snellgrove, D., Smith, P., Bramhall, S., Carey, P., Henriquez, F.L., McLellan, I., & Sloman, K. A. (2022). How should we monitor welfare in the ornamental fish trade? *Reviews in Aquaculture,* 14, 770–790. https://doi.org/10.1111/raq.12624

43. Khanjani, M.H. (2019). Application of biofloc technology in aquaculture with an emphasis on ornamental fish. *Journal of Ornamental Aquatics,* 6(2), 35–47. http://ornamentalaquatics.ir/article-1-198-en.html

44. King, T.A. (2019). Wild caught ornamental fish: a perspective from the UK ornamental aquatic industry on the sustainability of aquatic organisms and livelihoods. *Journal of Fish Biology,* 94(6), 925–936. https://doi.org/10.1111/jfb.13900

45. Larcombe, E., Alexander, M.E., Snellgrove, D., Henriquez, F.L., & Sloman, K.A. (2025). Current disease treatments for the ornamental pet fish trade and their associated problems. *Reviews in Aquaculture,* 17(1), e12948. https://doi.org/10.1111/raq.12948

46. Mota, J.B. da, Pires, D.C., Hoyos, D.C. de M., & Miranda-Filho, K.C.

(2024). Overview of the ornamental aquatic organisms market in Brazil. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research,* 7(3), e71232. https://doi.org/10.34188/bjaerv7n3-002

47. Muhamad, F.N., Yulianto, D.T., & Fathurohman, M.A. (2023). Aquarium monitoring and automatic feeding system based on Internet of things. *International Journal of Research and Applied Technology,* 3(1), 123–130. https://doi.org/10.34010/injuratech.v3i1.10012

48. Novák, J., Hohl, D., Stuchlík, M., Hofmann, J., Tlusty, M.F., Magalhães, A.L.B., & Patoka, J. (2025). Revisiting the history of ornamental aquaculture in Europe to understand the benefits and drawbacks of freshwater fish imports. *Reviews in Aquaculture,* 17(2), e13008. https://doi.org/10.1111/raq.13008

49. Olden, J.D., & Bach, K. (2025). Social media facilitates the widespread exchange of ornamental aquarium organisms among hobbyists. *Management of Biological Invasions,* 16(3), 659–676. https://doi.org/10.3391/mbi.2025.16.3.05

50. Patoka, J., Yonvitner, Y.E., Novák, J., Patoková, B., Kopecký, O., & Tlusty, M.F. (2025). The impact of the Covid-19 pandemic on export of lacustrine African cichlids and ornamental fishkeeping in the Czech Republic. *Biologia,* 80(10), 2793–2800. https://doi.org/10.1007/s11756-025-02007-1

51. Sefali, S., Ruby, R., Dimple, D., & Giri, A. (2026). Toxicological implications of emerging pollutants on aquatic organisms. *Discover Environment. Springer Nature,* 4, 43. https://doi.org/10.1007/s44274-026-00557-y

52. Vanderzwalmen, M., Sánchez Lacalle, D., Tamilselvan, P., McNeill, J., Delieuvin, D., Behlouli, K., Hursthouse, A., McLellan, I., Alexander, M.E., Henriquez, F.L., Snellgrove, D., & Sloman, K.A. (2022). The effect of substrate on water quality in ornamental fish tanks. *Animals,* 12(19), 2679. https://doi.org/10.3390/ani12192679