

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

Факультет ветеринарної медицини

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

ПЕРЕГУДА ПЕТРО МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 639.378:575.224(043.3)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ УТРИМАННЯ ТА РОЗВЕДЕННЯ ТРАНСГЕННОЇ
ПРІСНОВОДНОЇ КРЕВЕТКИ НЕОКАРИДИНИ (NEOCARIDINA
HETEROPODA) В УМОВАХ АКВАРІУМА**

207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

**Керівник роботи:
Дмитро ВІСКУШЕНКО,
кандидат біол. наук, доцент**

Житомир – 2025

Висновок кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури

за результатами попереднього захисту:

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

Завідувач кафедри біоресурсів, тваринництва

та аквакультури

Діна ЛІСОГУРСЬКА

«__» _____ 2025 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Петро ПЕРЕГУДА** захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Перегуда П.М. Аналіз технології утримання та розведення трансгенної прісноводної креветки неокариди (*Neocaridina heteropoda*) в умовах акваріума. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

У роботі розглянуто особливості утримання та розведення трансгенної форми *Neocaridina heteropoda* (Blue Dream Shrimp) в умовах декоративного акваріума. Дослідження проводилися протягом 120 діб. Встановлено, що оптимальними умовами для утримання є температура 23-24 °C, pH 6,8-7,2, GH 6-10°dGH, помірне освітлення (0,5 Вт/л) та наявність живих рослин і укриттів. Рациональна годівля кормами з вмістом спіруліни сприяє росту та активному розмноженню.

Ключові слова: *Neocaridina heteropoda*, трансгенна креветка, акваріум, розмноження, утримання.

ANNOTATION

Pereguda P.M. Analysis of modern technologies for keeping and breeding the Spixi snail (*Asolene spixi*) in a decorative aquarium. – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a Bachelor's degree in the specialty 207 «Aquatic Bioresources and Aquaculture». – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The paper examines the peculiarities of keeping and breeding the transgenic form of *Neocaridina heteropoda* (Blue Dream Shrimp) in a decorative aquarium. The study was conducted over 120 days. It was found that the optimal conditions include a temperature of 23-24 °C, pH 6.8-7.2, GH 6-10°dGH, moderate lighting (0.5 W/L), and the presence of live plants and shelters. A balanced diet with

spirulina-based feeds promotes growth and active reproduction.

Key words: *Neocaridina heteropoda*, transgenic shrimp, aquarium, reproduction, maintenance.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1. Трансгенні ракоподібні в сучасній акваріумістиці: біологічні та естетичні аспекти	8
1.2. Систематичне положення, морфоанатомічні особливості та адаптаційні механізми <i>Neocaridina heteropoda</i>	10
2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1. Організація дослідної роботи та характеристика експериментальної бази	14
2.2. Методичні підходи до оцінювання фізіологічних і репродуктивних показників креветок	18
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
3.1. Чинники акваріумного середовища та їх вплив на життєдіяльність <i>Neocaridina heteropoda</i>	21
3.2. Динаміка відтворення, линьки та виживаності трансгенних особин у контрольованих умовах	25
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

Сфера декоративної акваріумістики переживає період активного вдосконалення, поєднуючи прагнення до екологічного балансу з акцентом на зовнішню привабливість біологічних форм [25]. Зокрема, останніми роками спостерігається зростаючий інтерес до утримання декоративних форм гідробіонтів, що мають яскраве забарвлення, високу декоративність та здатність адаптуватися до умов неволі [4]. Одним із перспективних об'єктів у цьому контексті виступає трансгенна форма прісноводної креветки *Neocaridina heteropoda*, яка завдяки інтенсивному забарвленню, невибагливості та швидкій адаптації, активно популяризується серед акваріумістів як в Україні, так і за її межами [10].

Актуальність дослідження зумовлена обмеженістю наукових даних щодо специфіки утримання та розмноження трансгенних форм цієї креветки. Переважна більшість рекомендацій, які стосуються біології та технології утримання *Neocaridina heteropoda*, базується на вивченні вихідних (нетрансгенних) форм. Натомість трансгенні варіанти можуть мати інші екологічні потреби та фізіологічні особливості. Тому наукове обґрунтування оптимальних умов для утримання й розведення трансгенних форм *Neocaridina heteropoda* є необхідною передумовою для формування ефективних технологічних рішень у декоративному акваріумному рибництві.

Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз умов утримання та розведення трансгенної форми прісноводної креветки *Neocaridina heteropoda*.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено такі **завдання**:

- ✓ охарактеризувати морфо-біологічні особливості трансгенних форм *Neocaridina heteropoda* як об'єкта декоративної акваріумістики;
- ✓ визначити оптимальні умови середовища для підтримання життєздатності трансгенних особин;
- ✓ встановити вплив основних параметрів води (температура, рН, жорсткість) та освітлення на виживаність, линяння та розмноження;

- ✓ оцінити ефективність відтворення креветок у заданих умовах та визначити критичні чинники, що впливають на репродуктивну активність..

Об'єктом дослідження виступає трансгенна форма креветки *Neocaridina heteropoda* (Blue Dream Shrimp).

Предметом дослідження є біологічні показники життєдіяльності, зокрема поведінка, линяння, показники виживаності та відтворення особин залежно від умов утримання

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовувалися емпіричні та аналітичні методи дослідження. Також було застосовано візуальні методи спостереження, біометричні підрахунки чисельності й активності, а також систематичну фіксацію фізико-хімічних параметрів води.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

Перекуда П.М. Технологічні аспекти утримання та розведення трансгенної креветки *Neocaridina heteropoda*. Екологія. Наука. Практика-2025 : матеріали XXI Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 89-90

Вискушенко Д.А., Андрійків М.П., Дорошенко В.С., Перекуда П.М. Роль молюсків і креветок у підтриманні біобалансу акваріума. Екологія. Наука. Практика -2025 : матеріали XXI Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 76-77

Практичне значення роботи полягає у визначенні ефективних умов утримання та відтворення трансгенних форм *Neocaridina heteropoda* в умовах декоративного акваріума. Запропоновані підходи можуть бути використані не лише в аматорській акваріумістиці, а й у професійній акваріокультурі, що передбачає розведення ракоподібних для комерційного продажу.

Структура та обсяг роботи. Робота викладена на 33 сторінках комп'ютерного тексту, кількість таблиць – 3, кількість рисунків – 5. Список використаної літератури – 40 джерел.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Трансгенні ракоподібні в сучасній акваріумістиці: біологічні та естетичні аспекти

В останні роки спостерігається чітка тенденція до зростання зацікавленості акваріумістів у генетично модифікованих формах гідробіонтів [27]. У контексті декоративного розведення найбільшої популярності набули саме трансгенні представники серед дрібних прісноводних ракоподібних, зокрема креветки роду *Neocaridina* [18]. Їхнє яскраве забарвлення, легкість у догляді та здатність до розмноження в неволі забезпечили цим видам стабільне місце серед улюбленців як початківців, так і досвідчених акваріумістів.

Трансгенні ракоподібні є результатом застосування біотехнологічних методів, що дозволяють інтегрувати певні гени, відповідальні за колір чи інші морфологічні особливості. У випадку з *Neocaridina heteropoda*, трансгенні лінії, такі як Blue Dream, Bloody Mary, Yellow Fire тощо, набули високої комерційної цінності завдяки відмінній візуальній виразності. Генетичні модифікації в їхньому випадку не стосуються основних фізіологічних процесів, однак впливають на пігментацію, що відіграє ключову роль в акваріумному дизайні.

З еволюційної точки зору, ракоподібні демонструють високий рівень пластичності, що дозволяє їм адаптуватися до різноманітних умов існування [6, 32]. Ця риса є особливо важливою при культивуванні трансгенних форм у штучному середовищі. Проте, хоча зовнішні характеристики таких креветок змінюються під впливом трансгенезу, вивчення їхньої внутрішньої біології вимагає окремої уваги [37]. Наприклад, зміни кольору можуть корелювати із чутливістю до освітлення або специфікою сприйняття корму. Є підстави вважати, що певні трансгенні морфи демонструють інші поведінкові реакції

на фактори довкілля порівняно з дикими формами, хоча наявних даних поки що недостатньо для остаточних висновків.

З естетичної точки зору, трансгенні креветки стали важливим елементом не лише приватних, а й демонстраційних акваріумів. Їхнє насичене забарвлення забезпечує контрастність у композиціях із зеленими рослинами або темним ґрунтом (рис. 1.1.1). Також вони мають властивість «пожвавлювати» нижній рівень акваріума, надаючи динаміки та кольору місцям, де більшість видів риб активні менше. Естетичний ефект від утримання таких креветок часто перевищує їхню роль як санітарів або компонента замкнутої екосистеми.



Рис. 1.1.1. Креветка у дослідному акваріумі серед рослин.

Проте слід враховувати й певні виклики, пов'язані з розведенням трансгенних форм [34, 35]. По-перше, існує потреба в підтриманні стабільного рівня параметрів води, оскільки коливання температури, рН або жорсткості можуть негативно впливати на стан пігментації й загальну

життєдіяльність [26, 33]. По-друге, наявність укриттів, рослинності й відповідне освітлення є не лише комфортними умовами, а й передумовами для реалізації естетичного потенціалу цих організмів. В умовах надмірного освітлення або дефіциту укриттів у трансгенних креветок можливе тьмяніння забарвлення або підвищення рівня стресу, що в свою чергу знижує ефективність розмноження.

Окремо варто розглянути питання селекційної стабільності. На відміну від диких форм, трансгенні креветки часто вимагають суворішого контролю за лініями відтворення [8, 14]. Наявність неякісного генетичного матеріалу може призводити до появи особин зі зниженим рівнем забарвлення або порушеннями росту. Саме тому все більшої актуальності набуває дослідження впливу умов утримання на прояв трансгенних ознак та стабільність спадкових характеристик.

Таким чином, трансгенні ракоподібні становлять не лише інтерес як декоративний компонент акваріума, але й як перспективний об'єкт для біотехнологічних досліджень та оптимізації умов культивування [28]. Їхня біологія, хоч і подібна до природних форм, вимагає точнішого підходу, особливо в аспекті умов освітлення, мікрофлори середовища, раціону та температурного режиму. Подальші дослідження мають на меті поглибити розуміння адаптаційних механізмів трансгенних креветок, що дозволить підвищити як їхню декоративну цінність, так і біологічну стійкість у штучних середовищах.

1.2. Систематичне положення, морфоанатомічні особливості та адаптаційні механізми *Neocaridina heteropoda*

Neocaridina heteropoda є одним із найпоширеніших видів прісноводних креветок, що активно використовуються в декоративному акваріумному господарстві. Відзначаючись високою пластичністю, невибагливістю до умов середовища та широкою палітрою кольорових морф, цей вид демонструє

приклад успішної адаптації до життя в штучних умовах. Детальний аналіз систематичного положення, морфоанатомії та адаптивних механізмів дозволяє глибше зрозуміти біологічну природу неокаридини й обґрунтувати оптимальні технології її утримання.

Neocaridina heteropoda належить до типу *Arthropoda*, класу *Malacostraca*, ряду *Decapoda*, родини *Atyidae* [38, 40]. Цей рід об'єднує дрібних прісноводних креветок, поширених у водоймах Південно-Східної Азії, зокрема в Китаї, Тайвані, В'єтнамі та Японії [36]. Зоологічні ревізії останніх років призвели до перегляду класифікації роду *Neocaridina*, однак неокаридина гетеропода залишилася базовим видом, від якого виведено численні кольорові морфи шляхом селекції або трансгенезу.

Особливу роль у таксономічній стабільності виду відіграє морфологічна схожість із близькими видами, що ускладнює ідентифікацію за зовнішніми ознаками. Тому в науковій практиці дедалі частіше використовують молекулярно-генетичні методи (наприклад, аналіз мітохондріальної ДНК) для уточнення філогенетичних зв'язків між популяціями *Neocaridina*.

Тіло неокаридини складається з трьох основних відділів: головогрудей (*cephalothorax*), черевця (*abdomen*) та хвостового плавця (*uropod + telson*) [32]. Характерна для представників ряду *Decapoda* будова передніх кінцівок включає пару хеліфорних (щелепоподібних) ніг, які використовуються як для утримання їжі, так і для маніпуляцій з субстратом [39]. Головогруди вкриті хітиновим карапаксом, що захищає внутрішні органи, включаючи серце, зябра та нервовий ганглії.

Органи чуття добре розвинені: пара фасеткових очей розміщена на рухомих стебельцях, забезпечуючи широкий кут зору. Антени й антенули відіграють важливу роль у хеморецепції та орієнтації в просторі. Статева диморфність слабо виражена, хоча самки зазвичай більші та мають більш округле черевце, пристосоване до виношування ікри [31].

Травна система починається ротовим апаратом із кількома парами максил та мандибул, які забезпечують ефективне подрібнення корму. Шлунок поділяється на кардіальну та пілюоричну частини; остання містить жувальну пластину – гастроліт. Ниркова система представлена зеленою залозою, що відкривається біля основи антен. Кровоносна система не замкнена; циркуляція гемолімфи забезпечується серцем у вигляді трубки з остіями.

Розмноження відбувається статевим шляхом. Самка відкладає запліднені яйця, які прикріплюються до плейопод (черевних кінцівок), де розвиваються до виходу молоді. Личинкові стадії відсутні, тобто розвиток прямий.

Екологічна успішність *Neocaridina heteropoda* багато в чому пояснюється широким спектром адаптивних механізмів. Цей вид характеризується толерантністю до змін температурного режиму (в межах 18-28 °C), здатністю регулювати осмотичний баланс при коливаннях мінералізації води та високою стійкістю до помірного дефіциту кисню. Зябровий апарат дозволяє ефективно поглинати кисень навіть за умов зниженої концентрації, що важливо при перенаселенні акваріума чи збої аерації.

У поведінковому плані неокаридина демонструє переважно донний стиль життя з активністю в сутінкові години. Креветки часто перебувають серед мохів, каміння або листя, де відчуваються захищено. Удень активність дещо знижується, хоча в добре збалансованому акваріумі з великою кількістю укриттів спостерігається рівномірна рухливість протягом доби.

Не менш важливим фактором є пластичність у живленні. *Neocaridina heteropoda* всеїдна: вона живиться біоплівкою, детритом, залишками корму для риб, водоростями. Такий харчовий спектр забезпечує стабільне функціонування виду в акваріумних умовах та сприяє підтриманню чистоти субстрату й рослин.

Циклічність процесів линьки є частиною фізіологічної адаптації. У період росту молоді особини линяють частіше, а у статевозрілих – рідше, переважно після спарювання або зміни параметрів середовища. Скидання старого екзоскелета дозволяє не лише зростати, а й частково відновлювати втрачені структури, зокрема антенули чи кінцівки.

Неокаридина гетеропода – це високоадаптивний вид ракоподібних, здатний до ефективного існування в різних умовах прісноводного середовища, включно зі штучними біотопами. Її морфоанатомічна будова, разом із поведінковими й фізіологічними адаптаціями, забезпечують як високу виживаність, так і стабільне розмноження в умовах декоративного акваріума. Систематичне положення цього виду, що має численні декоративні морфи, викликає науковий інтерес у контексті філогенетики та біотехнологій. Розуміння морфологічної будови та адаптивного потенціалу *N. heteropoda* є основою для подальшої оптимізації умов її утримання, селекції нових морф і розробки біологічно обґрунтованих акваріумних технологій.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація дослідної роботи та характеристика експериментальної бази

З огляду на актуальність вивчення трансгенних форм прісноводних креветок у декоративній акваріумістиці, зокрема виду *Neocaridina heteropoda*, дослідну частину кваліфікаційної роботи було організовано з метою отримання об'єктивних даних щодо параметрів утримання, життєдіяльності та репродуктивної здатності трансгенних особин [11]. Організація експерименту базувалась на принципах максимальної наближеності умов до типових для аматорських або напівпрофесійних акваріумів [29], аби результати могли бути безпосередньо адаптовані до практики сучасної акваріумістики (рис. 2.1.1).

В якості дослідного об'єкта було обрано трансгенну форму *Neocaridina heteropoda* під торговою назвою Blue Dream Shrimp, яка характеризується інтенсивним синім забарвленням, типовим для лінії, отриманої шляхом селекції з подальшим генетичним підсиленням кольору. Вибір саме цієї форми зумовлений її популярністю серед акваріумістів, а також перспективністю в комерційному розведенні завдяки невибагливості й високому декоративному потенціалу.

Для реалізації поставленої мети було створено дві експериментальні акваріумні системи об'ємом по 40 літрів кожна. Акваріуми було оснащено внутрішніми фільтрами середньої потужності, аераційною системою та нагрівачами з терморегуляторами [15, 22]. Стабільність температурного режиму підтримувалася в межах 23-24 °С, що, згідно з попередніми даними, є оптимальним для нормальної життєдіяльності неокариди [3, 9].

В якості субстрату використовувалась дрібнозерниста галька з природним вмістом мінералів, які позитивно впливають на формування

хітинового покриву та линьку [24]. Рослинність представлена кількома видами водних рослин, які забезпечували достатню кількість укриттів і сприяли стабілізації внутрішнього середовища.



Рис. 2.1.1. Схема проведення досліджень.

Тривалість дослідного періоду становила 120 діб, що дозволило простежити не лише адаптацію креветок до нових умов, але й охопити кілька циклів линьки та хоча б один повноцінний репродуктивний цикл [21, 23]. На початку експерименту здійснено відбір креветок віком не менше 3 місяців зі статевими відмінностями, які дозволяли ідентифікувати самців та самок [16]. Початкова кількість особин у кожному акваріумі складала по 25 екземплярів (співвідношення самці:самки = 1:2).

Параметри водного середовища контролювались щоденно у перші два тижні адаптації, а надалі – раз на три доби. Вимірювались такі показники:

температура, pH, загальна жорсткість (GH), аміак ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), нітрити (NO_2^-) та нітрати (NO_3^-) [19]. Значення pH утримувалось у межах 6,8-7,2, GH: 6-10°dGH, концентрації аміаку та нітритів не перевищували допустимих значень (табл. 2.1.1).

Креветок годували двічі на добу комбінованими кормами: сухими гранульованими кормами на основі спіруліни, а також замороженою дафнією та артемією [5]. Годівля проводилася у мінімальних об'ємах, аби уникнути органічного перевантаження системи.



Рис. 2.1.2. Линька у креветок

Щотижнево здійснювали спостереження за виживаністю, поведінковою активністю, інтенсивністю линьки (рис. 2.1.2), наявністю ознак статевого дозрівання й розмноження (виявлення ікри під черевцем у самок) [1]. Після появи молоді проводився облік чисельності новонароджених креветок, визначали їхній рух, реакцію на світло, доступ до корму.

Для систематизації отриманих даних застосовувались електронні таблиці (MS Excel), в які вносили результати спостережень. На завершальному етапі було проведено узагальнення результатів, розраховано

середні значення за основними показниками (виживаність, тривалість інкубації, чисельність молоді, частота линьок тощо) з подальшою побудовою графіків. Порівняння між акваріумами дозволило з'ясувати вплив незначних змін у структурі середовища (зокрема, щільності посадки рослин) на біологічну продуктивність популяції.

Таблиця 2.1.1

Параметри водного середовища та особливості годівлі трансгенних особин *Neocaridina heteropoda*

Параметр	Значення / Режим	Примітка
Температура води	23–24 °C	Оптимальний діапазон для активної життєдіяльності
pH води	6,8–7,2	Слабокисле–нейтральне середовище
Жорсткість (GH)	6–10°dGH	Середня жорсткість
Тип субстрату	Дрібна галька	Сприяє линьці та стабільній мікрофлорі
Живі рослини	Яванський мох, мікрозоріум, криптокорини	Укриття, мікробіологічна рівновага
Освітлення	0,5 Вт/л, 10–12 год/добу	М'яке денне світло
Тип корму	Сухі (спіруліна), заморожені (дафнія, артемія)	Збалансований за білками і мікроелементами
Частота годівлі	1–2 рази на добу	Помірна інтенсивність, без перенавантаження
Додаткове підживлення	Таблетки	Охоче споживають таблетки для сомів та інших донних риб

2.2. Методичні підходи до оцінювання фізіологічних і репродуктивних показників креветок

Оцінювання фізіологічного стану та репродуктивної активності креветок є важливим етапом при визначенні ефективності технологій утримання та розведення в умовах акваріума [2]. З огляду на те, що ці гідробіонти стають дедалі більш популярними в декоративній акваріумістиці [12], необхідно застосовувати комплексні методичні підходи, які дозволяють не лише забезпечити їхню життєздатність, а й оцінити динаміку росту, активність, частоту линьок, ознаки розмноження, а також виживаність молоді.

Оскільки трансгенні креветки можуть мати відмінності у фізіології порівняно з вихідними формами, важливо враховувати специфіку їхньої біології при розробці методик спостережень. Основу оцінювання фізіологічних показників становлять регулярні візуальні спостереження за поведінкою, активністю, кольором покривів та процесами линяння. Частота линьок є індикатором інтенсивності росту та загального фізіологічного стану [17]. З цією метою щотижня проводили облік залишених екзувіїв, що дозволяло непрямо визначити темпи росту та адаптації організмів до умов середовища.

Активність креветок фіксувалася у денний та вечірній періоди, з урахуванням кількості особин, які перебували у русі, здійснювали пошук корму або взаємодіяли з середовищем (рослинами, субстратом, укриттями). Зниження активності часто слугувало сигналом про стресові впливи, зокрема при порушенні параметрів водного середовища, таких як температура чи кислотність [13].

Одним із ключових аспектів була оцінка репродуктивної активності. Це передбачало визначення частки самок, які мають ікру в підбрюшній області, та фіксацію моментів народження потомства. Стандартизовані спостереження дозволили виявити середню тривалість інкубаційного періоду

(18–21 доба), а також оцінити поведінку молоді після вилуплення. Вживаність молоді розраховувалася на основі підрахунку особин упродовж двох тижнів після народження, що дозволяло судити про ефективність кормової бази та умови мікросередовища.

Особливу увагу приділяли параметрам води: температурі, pH, GH. Вимірювання здійснювалося за допомогою тест-смужок та крапельних тестів двічі на тиждень. Зібрані дані зіставлялися з поведінковими та репродуктивними реакціями креветок, що дозволяло встановлювати кореляційні зв'язки між станом середовища та фізіологічними показниками. Наприклад, підвищення температури понад 26 °C супроводжувалося зниженням рівня активності та зменшенням кількості особин у фазі линьки.

Для об'єктивного аналізу впливу середовищних умов на розмноження трансгенних форм неонаридики використовували методику балової оцінки репродуктивної активності. Вона включала бальне визначення кількості самок з ікрою (1–5 балів), щільності популяції молоді (1–3 бали), та часу появи потомства (1–2 бали). Такий підхід дозволяв стандартизувати оцінку результатів і порівнювати ефективність різних умов утримання або змін у технічному обслуговуванні акваріума.

Крім того, було застосовано візуальне фотографування окремих особин із використанням макрозйомки, що дозволяло фіксувати ознаки морфологічного розвитку молоді, зміну кольору покривів, формування статевих структур. Ці дані використовувалися для створення цифрового архіву змін, що спостерігалися впродовж усього експерименту, і слугували основою для подальших порівняльних досліджень.

Методичною складовою дослідження також була реєстрація годівельної поведінки: оцінка кількості корму, яку споживали креветки, часу реакції на внесення корму та рівномірності доступу до нього. Такий підхід давав змогу визначити стан метаболічної активності та коригувати годівельний режим у разі виявлення зниженого апетиту або агресивної конкуренції.

Загалом, систематичне застосування комплексу описаних методик дозволяє отримати достовірну інформацію про фізіологічний стан і репродуктивну здатність трансгенних креветок. Це є важливою умовою для подальшого вдосконалення технологій їхнього утримання в декоративному акваріумі, а також для розробки рекомендацій щодо оптимальних параметрів середовища з урахуванням специфіки трансгенних ліній *Neocaridina heteropoda*.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Чинники акваріумного середовища та їх вплив на життєдіяльність *Neocaridina heteropoda*

Успішне утримання та розведення трансгенних форм *Neocaridina heteropoda* (зокрема Blue Dream Shrimp) значною мірою залежить від комплексу фізико-хімічних і біологічних параметрів акваріумного середовища. Попри те, що ці гідробіонти відомі своєю невибагливістю, саме стабільність екологічних умов визначає тривалість життя, рівень активності, репродуктивні характеристики та загальний стан здоров'я креветок.

Одним із ключових чинників є температурний режим [20]. У природних ареалах неокаридина зустрічається в тропічному та субтропічному кліматі, що зумовлює їхню адаптацію до температури в діапазоні 20-26 °С. Під час дослідження встановлено, що найвища активність та інтенсивність линьки спостерігалися при температурі 23-24 °С (табл. 3.1.1). Вихід за ці межі, зокрема підвищення температури до 26-28 °С, спричиняло тимчасове зниження рухової активності, зменшення апетиту, а також гальмування репродуктивних процесів. Це підтверджує гіпотезу про чутливість трансгенних форм до теплового стресу, навіть у межах, які є прийнятними для нетрансгенних популяцій.

Іншим важливим фактором є кислотно-лужна реакція води [7]. У межах рН 6,8–7,2 креветка демонструвала стабільну поведінку, регулярну линьку та активне живлення (табл. 3.1.2). Порушення кислотно-лужного балансу: як у бік закислення (нижче рН 6,5), так і в бік лужного середовища (вище рН 7,5), викликало у досліджуваних особин ознаки стресу: тривале перебування в укриттях, зниження інтенсивності харчування, а в окремих випадках – загибель. Варто зазначити, що рН не лише впливає на загальний обмін

речовин, а й може опосередковано змінювати біодоступність деяких мікроелементів, зокрема кальцію, важливого для формування панцира.

Таблиця 3.1.1

Вплив температурного режиму на активність і репродуктивність

Neocaridina heteropoda (Blue Dream)

Температура, °C	Рівень активності	Частота линьок	Репродуктивна активність	Коментарі
20–22	Помірна	Низька	Низька	Зниження активності, затримка росту
23–24	Висока	Висока	Висока	Оптимальні умови для розвитку
25–26	Середня	Помірна	Знижена	Поява ознак теплого стресу
27–28	Низька	Нерегулярна	Відсутня	Пригнічення процесів, ризик загибелі якщо температура залишиться такою протягом тривалого часу

Жорсткість води, представлена показниками загальної (GH) і карбонатної (KH) жорсткості, також має суттєве значення для нормального перебігу життєвих процесів у креветок. За умов утримання при GH 6-10°dGH та KH 3-6°dKH креветки нормально линяли, не мали ознак кальцієвого дефіциту та демонстрували високу виживаність потомства. Надмірно м'яка вода призводила до порушень у формуванні екзоскелету після линьки, тоді як занадто жорстка ускладнювала сам процес линяння, збільшуючи ризик летальних випадків.

Окрему роль у забезпеченні комфортного середовища відіграє наявність рослин та субстрату. Застосування дрібної гальки з природними мінералами дозволяє утримувати стабільний рівень мінералізації та сприяє колонізації бактеріями-редукторами, що є важливими для біологічного очищення. Рослинність, зокрема яванський мох і криптокорини, забезпечує укриття для молоді, додаткові джерела органіки для живлення та стабілізацію мікроклімату акваріума. Встановлено, що наявність густої рослинності позитивно корелює з частотою розмноження, зменшує прояви стресу та знижує міжвидову агресію в умовах сумісного утримання з іншими гідробіонтами.

Таблиця 3.1.2

Вплив pH на фізіологічний стан креветок *Neocaridina heteropoda* (Blue Dream)

Діапазон pH	Поведінка особин	Линька	Рівень виживаності	Примітки
< 6,5	Пригнічена, млява	Порушена	Низький	Закислення, зниження біодоступності кальцію
6,8-7,2	Активна, стабільна	Регулярна	Високий	Оптимальні значення
> 7,5	Прихована, в укриттях	Нерегулярна	Середній-низький	Лужне середовище, ризик стресу

Годівля є ще одним чинником, який суттєво впливає на життєдіяльність трансгенних форм *Neocaridina heteropoda*. Протягом експерименту використовувалися спеціалізовані корми для ракоподібних з високим вмістом спіруліни та протеїну, а також заморожені артемії та дафнії. Встановлено, що комбіноване живлення сприяє активному росту, регулярній линьці та підвищенню фертильності самок. Натомість перегодовування або

використання кормів низької якості (з підвищеним вмістом жирів або з низьким вмістом клітковини) призводить до погіршення води, зростання рівня аміаку та зниження життєздатності креветок.

Освітлення виявилось не менш значущим компонентом. Оптимальною інтенсивністю світла для піддослідних креветок було 0,5 Вт/л при денному циклі 10-12 годин. При такому режимі спостерігалася найвища денна активність та регулярне переміщення особин у всіх шарах води. Збільшення тривалості освітлення або інтенсивності призводило до стресу: креветки ставали менш активними, більше часу перебували в укриттях, а репродуктивна активність знижувалась. Це свідчить про важливість дотримання природного світлового режиму навіть для лабораторно виведених декоративних форм.

Особливої уваги заслуговує роль фільтрації та аерації. Встановлено, що ефективна фільтрація води знижує концентрацію органічних залишків і шкідливих сполук (зокрема аміаку та нітритів), які є токсичними для креветок навіть у незначних концентраціях. Регулярна аерація, окрім підтримання високого рівня розчиненого кисню, сприяє активності мікрофлори, що бере участь у процесах нітрифікації. Порушення цих процесів призводить до розвитку вторинного забруднення та порушення умов гідробіонтів.

Таким чином, параметри акваріумного середовища чинять комплексний вплив на життєдіяльність трансгенних креветок *Neocaridina heteropoda*. Найвищих показників виживаності та репродуктивної активності вдалося досягти за умов стабільного температурного режиму (23-24 °C), нейтрального рН (6,8-7,2), помірної жорсткості води, наявності рослин і якісного субстрату, збалансованого годівлі та помірного освітлення. Порушення хоча б одного з цих чинників призводить до суттєвого зниження адаптивності креветок, а в окремих випадках – і до загибелі. Це підкреслює необхідність комплексного підходу до технології утримання декоративних трансгенних форм у сучасній акваріумістиці.

3.2. Динаміка відтворення, линьки та виживаності трансгенних особин у контрольованих умовах

Одним із ключових критеріїв ефективного утримання трансгенних гідробіонтів у декоративному акваріумі є вивчення динаміки їхнього відтворення, процесу линьки та загального рівня виживаності. З огляду на те, що трансгенні форми можуть демонструвати певні відмінності у фізіології та поведінці порівняно з вихідними дикими або селекційними формами, актуальним є детальний аналіз біологічних показників упродовж життєвого циклу за умов штучного середовища.

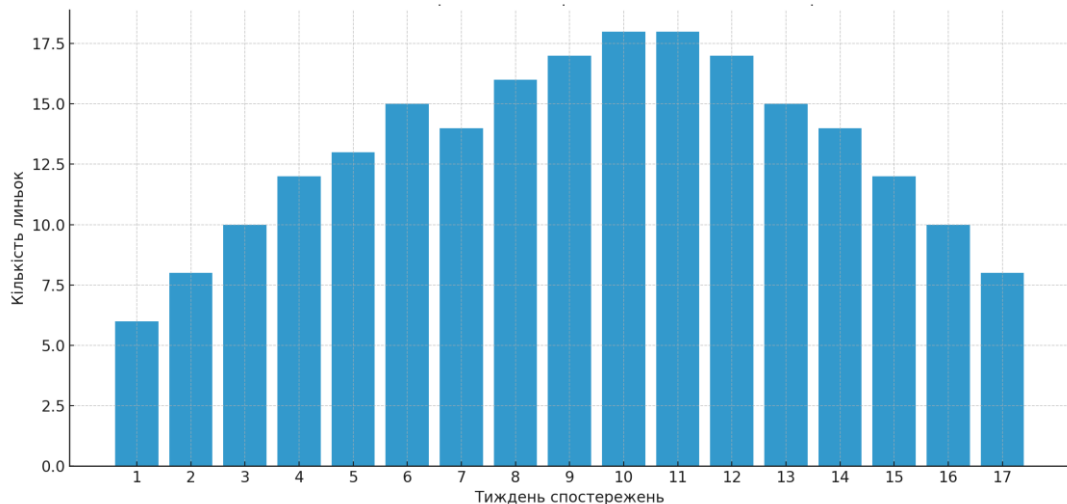


Рис. 3.2.1. Динаміка кількості линьок трансгенних креветок *Neocaridina heteropoda* (Blue Dream)

Упродовж експериментального періоду, що охоплював 120 діб, спостерігалось поступове наростання біомаси трансгенних особин *Neocaridina heteropoda* (Blue Dream). Основну увагу приділено оцінці частоти та ритмічності линьок, появі ознак статевої активності та рівню збереження популяції у контрольованих умовах. Аналіз виявив, що ключовими факторами, що впливають на зазначені параметри, є стабільність фізико-хімічних характеристик водного середовища, достатня наявність

мікросередовищ у вигляді рослин і укриттів, а також регулярна, збалансована годівля.

Линька, як індикатор росту та фізіологічної активності ракоподібних, фіксувалася із середньою частотою 1 раз на 18-20 днів для дорослих особин (рис. 3.2.1). Молодь, народжена в умовах досліджу, демонструвала вищу частоту линьок: до 1 разу на 10-12 днів у перші тижні після вилуплення. Це свідчить про інтенсивний темп росту у ранні стадії постембріонального розвитку. Усі линьки відбувалися без ускладнень, що вказує на оптимальні умови для мінералізації хітинового покриву та ефективну адаптацію організмів.

Важливо зазначити, що пік відтворення припав на період між 25-50 днями після початку спостережень, коли близько 40% самок продемонстрували наявність ікри під черевцем (рис. 3.2.1). Інкубаційний період складав у середньому 19 діб. Молодь народжувалась у вигляді мініатюрних копій дорослих особин та проявляла одразу активну поведінку: пересування по субстрату, поїдання мікрочасток корму, приховування серед мохів і водоростей.

Після вилуплення показники виживаності потомства були найвищими протягом перших трьох тижнів (близько 85 %), після чого рівень збереження дещо знижувався через конкуренцію за ресурси, однак загальний відсоток виживаності до завершення дослідження становив 71 %, що є достатньо високим показником для декоративного акваріумного середовища. Особливо позитивно на збереження молоді впливала наявність щільної рослинності та помірне освітлення, яке знижувало стресові реакції.

Загальна виживаність трансгенних креветок (дорослих і молоді разом) протягом періоду дослідження склала 93 %, що підтверджує гіпотезу про їхню високу витривалість за умов правильно підбраного технологічного режиму. Найбільші ризики втрат були пов'язані з різкими коливаннями температури або надмірним освітленням, що спричиняло тимчасове зниження активності та затримку процесів линьки.

На основі систематичних спостережень встановлено, що лінійна динаміка росту трансгенних *Neocaridina heteropoda* не відрізняється від відповідних параметрів вихідної форми, однак частота проявів статевої активності дещо нижча, ймовірно, через вплив генетичних модифікацій або чутливість до мікрозмін у середовищі. Так, за умови підтримки стабільної температури на рівні 23-24 °C, pH 6,8-7,2, і щільності посадки не більше ніж 5-6 особин на 1 літр, спостерігався найвищий рівень відтворення.



Рис. 3.2.1. Самка неокаридины з ікрою.

Окрім цього, було зафіксовано, що самки після завершення виведення одного покоління ікри зберігають здатність до повторного нересту вже через 25-30 днів, за умови достатнього рівня годівлі та м'якої води з помірною жорсткістю. Це відкриває перспективи організації багатопоколінного вирощування трансгенних особин у межах одного акваріума без необхідності їх відсаджування, що значно спрощує технологію культивування для побутових і комерційних цілей.

У цілому, результати дослідження вказують на ефективну динаміку росту, розмноження та адаптивні можливості трансгенних особин у контрольованих умовах. Завдяки цим показникам трансгенні креветки *Neocaridina heteropoda* Blue Dream можуть розглядатися як перспективний об'єкт для декоративної акваріумістики, здатний до стійкого самовідтворення та стабільного розвитку за мінімального втручання з боку акваріуміста.

ВИСНОВКИ

•

1. Трансгенна форма *Neocaridina heteropoda* демонструє високу адаптивність до контрольованих умов декоративного акваріума, за дотримання стабільних параметрів середовища, зокрема температури (23-24 °C) та pH (6,8-7,2), що забезпечує ефективне збереження життєдіяльності та потенціалу відтворення.
2. Виживаність трансгенних особин за період дослідження склала в середньому 93%, що вказує на добру витривалість і придатність цих ракоподібних для тривалого утримання в аматорських та професійних акваріумах.
3. Процеси линьки в трансгенних креветок відбувалися регулярно, що свідчить про активний ріст та здоровий метаболізм. Частота линьки була тісно пов'язана з температурним режимом та якістю води.
4. Розмноження у трансгенних самок спостерігалось вже на третьому тижні дослідження, що свідчить про швидку статеву зрілість у сприятливих умовах. Через 18-21 день після появи ікри відбувалося народження життєздатної молоді.
5. Ключовими факторами успішного розмноження були стабільність умов, наявність живих рослин як укриттів, помірне освітлення та протеїново-рослинна годівля, зокрема із застосуванням кормів на основі спіруліни.
6. Негативний вплив на фізіологічний стан креветок спричиняло перевищення температури понад 26 °C та надмірна інтенсивність освітлення, що призводило до зниження активності та зменшення частоти линьок.
7. Дослідження підтверджує доцільність подальшого використання трансгенних форм *Neocaridina heteropoda* як об'єкта декоративної акваріумістики, а також необхідність формування окремих технологічних рекомендацій саме для трансгенних форм, враховуючи їхню біологічну специфіку та підвищені естетичні якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Астон К., Паркер С. Природа навколо нас. Харків: Книж. клуб, 2007. 64 с.
2. Білявцева В.В., Мушит С.О., Сироватко К.М. Основи акваріумістики. навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця : 2020. 233 с.
3. Буднік С. В., Колосок А.М . Акваріуміст-початківець: навчальний посібник . Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 156 с.
4. Буднік С. В., Колосок А.М. Основи акваріумістики та аквадизайну: навчальний посібник. Луцьк, 2024. 174 с.
5. Бурлака, М. М. Кривий, Скоромна О.І. Годівля екзотичних тварин: навчальний посібник. Житомир, 2012. 358 с.
6. Вербицький В. Еколого-натуралістична освіта в Україні: історія, проблеми, перспективи. К. : СМП «Аверс», 2003. 304 с.
7. Вискушенко Д.А., Андрійків М.П., Дорошенко В.С., Перегуда П.М. Роль молюсків і креветок у підтриманні біобалансу акваріума. Виклики сьогодення та наслідки Чорнобильської катастрофи. ЕКОЛОГІЯ. НАУКА. ПРАКТИКА-2025 : матеріали XXI Всеукр. наук.-практ. конф. (24 квітня 2025 року). Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 76-77
8. Вискушенко Д.А., Максименко Ю.В., Андрійчук Т.В. Макаревич Л.В. Генетично модифіковані гідробіонти як об'єкти утримання у шкільному акваріумі Current challenges, trends and transformations : proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Boston, 2022. С. 413-414.
9. Вискушенко Д. А., Максименко Ю. В., Андрійчук Т. В., Молчанова М.В. Особливості утримання прісноводних креветок в акваріумі Implementation of modern technologies in science : proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Varna, 2022. С. 42-44.
10. Вискушенко Д. А., Максименко Ю. В. Прісноводна креветка Neocaridina Heteropoda як об'єкт утримання в шкільному куточку живої

природи Nowoczesna nauka: teoria i praktyka : materiały V międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej. Poznań, 2021. С. 10-11.

11. Вискушенко Д. А., Максименко Ю. В., Шевчук Л. М., Ігнатенко О. О. Тестові завдання для самоконтролю з оволодіння студентами освітньою компонентою «Іхтіологія та акваріумістика» за спеціальністю 091 Біологія галузі знань 09 Біологія Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. 73 с.

12. Вискушенко Д. А., Максименко Ю. В., Корнійчук О. С., Маркеєв Д. Б. *Neocaridina Heteropoda* та *Asolene Spixi* як об'єкти утримання в шкільному куточку живої природи. Innovations and prospects of world science : III International scientific and practical conference. Vancouver. 2021. С. 380-383.

13. Гринжевський М. В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти) К. : Вільна Україна, 1998. 364 с.

14. Євтушенко М. Ю. Ефективність використання стартового корму, виготовленого з гібриду червоного каліфорнійського черв'яка, для личинок риб. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Збірник наукових праць. 2011. Вип. 160, ч.1. С.91-98.

15. Кононенко Р.В., Кононенко, Кононенко І. С., Мушит С. О. Технічні засоби в аквакультурі: посібник: КОМПРИНТ, 2018. 310 с.

16. Куновський Ю.В., Присяжнюк Н.М., Гриневич Н.Є, Михальський О.Р. Біологія об'єктів декоративної аквакультури : Метод. вказівки до виконання практ. робіт. Біла Церква, 2018. 58 с.

17. Максименко Ю.В., Вискушенко Д.А. Біоетика та біобезпека: навчальний посібник Житомир : Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2022. 126 с.

18. Метельська М. В., Вискушенко Д. А. Утримання та розведення прісноводної креветки *Neocaridina Heteropoda*. Біологічні дослідження – 2020. зб. наук. пр. - Житомир, 2020. С. 107-109

19. Мушит С.О., Панько В. В. Гідрохімічний та гідробіологічний склад, біомаса та чисельність основних груп гідро біонтів. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. 2010. Вип. 4 (44). С.133-138.
20. Перегуда П.М. Технологічні аспекти утримання та розведення трансгенної креветки *Neocaridina Heteropoda*. Виклики сьогодення та наслідки Чорнобильської катастрофи. ЕКОЛОГІЯ. НАУКА. ПРАКТИКА-2025 : матеріали XXI Всеукр. наук.-практ. конф. (24 квітня 2025 року). Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 89-90
21. Пентиліук Р.С. Теоретичні основи рибництва Частина II : конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2016. 192 с.
22. Рудь М. Акваріум школяра К. : Рад. шк., 1990. 64 с.
23. Пустовіт Н.О., Плечова З. Н. Екологічні задачі, ігри та вікторини : навч. посіб. К. : Наук.думка, 1995. 72 с.
24. Федоненко О.В., Шарамок Т.С., Маренков О.М. Основи аквакультури: культивування мікрроводоростей та безхребетних: навчальний посібник. Дніпропетровськ, 2014. 44 с.
25. Хвостик, О. П., Вискушенко, Д. А. Акваріумістика як засіб формування природничої компетентності у школярів. Реалізація наступності в природничій освіті: реалії та перспективи: збірник науково-методичних праць. Житомир Видавництво О.О. Євенок, 2018. 113-116.
26. Хільчевський В.К., Осадчий В.І, Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
27. Чумак І.М. Мешканці акваріума та догляд за ними. Шепетівка, 2013. 48с.
28. Шейкіна К.О. Рибки – екзотика підводного світу. Харків: Ранок, 2012. 112 с.
29. Шереметьєв І. Акваріумні риби К. : Рад. шк., 1988. 115 с.
30. Школьник Ю. Підводний світ. Мешканці морів і океанів. Х. : Вид-во «Книжковий клуб “Клуб сімейного дозвілля”», 2015. 64 с.

31. Шевченко П.Г., Марценюк В.П., Халтурин М.Б. Атлас-довідник для студентів денної та заочної форми навчання з дисципліни «Основи акваріумістики»: 6.09201 – «Водні біоресурси та аквакультура». Київ: НУБІП, 2017. 400 с.
32. Щербак Г.Й. Зоологія безхребетних. К.: Либідь, 1995. 319 с.
33. Ayşe Cebecil, İlhan Aydın, Anthony Goddard Bigger, stronger, better: Fish transgenesis applications and methods. *Biotech Studies*, 2021. 29(2). p. 85-97
34. Dunham, R. A., Warr, G., Nichols, A., Duncan, P. L., Argue, B., Middleton, D., & Kucuktas, H.. Enhanced bacterial disease resistance of transgenic channel catfish, *Ictalurus punctatus*, possessing cecropin genes. *Marine Biotechnology*, 2002. 4(3). P. 338-44.
35. Stewart C., Neal Jr. Go with the glow: Fluorescent proteins to light transgenic organisms. *Trends in Biotechnology*. Berlin, 2006. 76 p.
36. Britannica [веб-сайт] URL : <https://www.britannica.com/> (Дата перегляду: 17.04.2025)
37. Блог Тетра. [веб-сайт] (дата звернення: 15.04.2025)
38. Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України [веб-сайт] URL : <https://www.izan.kiev.ua/> (Дата перегляду: 12.04.2025)
39. НБУВ [веб-сайт] URL: <http://www.nbuv.gov.ua/> (Дата перегляду: 21.04.2025)
40. Національна мережа інформації з біорізноманіття [веб-сайт] URL : <https://ukrbio.com/> (Дата перегляду: 19.04.2025)