

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

Факультет ветеринарної медицини

Кафедра біоресурсів, тваринництва та аквакультури

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

САЛЯЄВ БОГДАН КОСТЯНТИНОВИЧ

УДК 639.3.08:591.3:575.224(043.3)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**АНАЛІЗ УМОВ УТРИМАННЯ ТА РОЗВЕДЕННЯ ТРАНСГЕННОЇ
ТЕРНЕЦІЇ GLOFISH (GYMNOCORUMBUS TERNETZI GLOFISH) В
УМОВАХ ДЕКОРАТИВНОГО 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
_____ Богдан САЛЯЄВ

**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 **Богдан САЛЯЄВ** захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Салаяєв Б.К. Аналіз умов утримання та розведення трансгенної тернеції GloFish (*Gymnocorymbus ternetzi* GloFish) в умовах декоративного 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 ході дослідження встановлено, що оптимальними умовами для утримання трансгенної тернеції GloFish є температура 26 °C, pH 6,8-7,2 та жорсткість до 8 °dH. За таких параметрів ефективно відбувається розмноження: одна самка відкладала до 300 ікринок, а виживаність мальків сягала 70 %. Флуоресцентне забарвлення проявлялося на 3-4 тижні життя.

Ключові слова: GloFish, *Gymnocorymbus ternetzi*, розмноження, утримання, декоративне рибництво, трансгенні риби.

ANNOTATION

Salayev B.K. Analysis of the conditions for keeping and breeding transgenic GloFish Tetra (*Gymnocorymbus ternetzi* GloFish) 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 study found that the optimal conditions for GloFish tetras are 26 °C, pH 6.8–7.2, and hardness up to 8 °dH. Under these parameters, successful reproduction occurred: up to 300 eggs per female, with fry survival reaching 70 %. Fluorescent coloration appeared by weeks 3–4.

Key words: GloFish, *Gymnocorymbus ternetzi*, reproduction, maintenance, ornamental fish farming, transgenic fish.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7
1.1. Морфо-біологічні характеристики тернеції GloFish та історія її виведення	7
1.2. Технологічні засади утримання й розведення акваріумних риб: сучасний стан досліджень	10
2. МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	12
2.1. Об'єкт дослідження та параметри середовища декоративного акваріума	12
2.2. Методичний підхід до вивчення відтворення GloFish у штучних умовах	15
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
3.1. Реакція трансгенних тернецій на умови утримання в контрольованому середовищі	18
3.2. Репродуктивні показники та виживаність потомства у модельному акваріумі	20
ВИСНОВКИ	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	25

ВСТУП

Сучасна акваріумістика стрімко розвивається як у сфері любительського, так і комерційного рибництва [23]. Одним із найяскравіших напрямів останніх десятиліть стало використання генетично модифікованих декоративних риб [9], зокрема представників роду *Gymnocorymbus*. Трансгенна тернеція GloFish (*Gymnocorymbus ternetzi* GloFish), отримана внаслідок введення флуоресцентного білка, є прикладом біотехнологічного прогресу в акваріумній справі. Її яскраве забарвлення досягається за рахунок вбудованих фрагментів ДНК, виділених із медуз або коралів, які забезпечують візуально привабливий фенотип і успадковуються наступними поколіннями.

Попри зростаючу популярність GloFish у декоративному рибництві, науково вивірена інформація про їхнє утримання, умови нересту та ефективність відтворення у неволі все ще є недостатньою [10]. Це ускладнює розробку оптимальних біотехнічних рішень для стабільного розведення цих риб у домашніх і комерційних умовах. Таким чином, вивчення технологічних параметрів утримання та репродуктивної активності трансгенних тернецій є актуальним як для теорії, так і для практики декоративної аквакультури.

Метою даної роботи є аналіз особливостей утримання та розмноження трансгенної форми тернеції GloFish в умовах декоративного акваріума та визначення оптимальних параметрів водного середовища, які сприяють підтриманню життєздатності та репродуктивної активності риб.

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

- охарактеризувати морфо-біологічні особливості трансгенних тернецій GloFish;
- дослідити реакцію особин на зміну умов утримання та параметрів середовища;
- оцінити ефективність нересту в різних схемах утримання (парне, групове);

- вивчити показники виживаності потомства та умови прояву трансгенного маркера.

Об'єктом дослідження є статевозрілі особини тернеції GloFish віком від 6 до 12 місяців.

Предмет дослідження є вплив умов утримання й стимуляції нересту на репродуктивну активність і життєздатність потомства цієї трансгенної форми.

Методи дослідження. У дослідженні застосовано комплекс методів: спостереження, порівняльний та аналітичний методи дослідження, які дозволили встановити залежність репродуктивної активності тернеції GloFish від факторів середовища. а також методи статистичної обробки результатів.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

Салаяев Б.К. Трансгенна тернеція: технології розведення в умовах акваріума. ЕКОЛОГІЯ. НАУКА. ПРАКТИКА-2025 : мат. XXI Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 93-94

Вискушенко Д.А., Салаяев Б.К., Стадник В.О. Особливості утримання декоративних риб GLOFISH в домашньому акваріумі. ЕКОЛОГІЯ. НАУКА. ПРАКТИКА-2025 : мат. XXI Всеукр. наук.-практ. конф. Житомир : Поліський національний університет, 2025. С. 77-80

Практичне значення роботи полягає в удосконаленні методик утримання та стимуляції нересту трансгенних тернецій в умовах декоративного акваріума. Результати досліджень можуть бути використані акваріумістами-початківцями, біотехнологами, а також у навчальному процесі з дисциплін з іхтіології, аквакультури та зоотехнії.

Отримані дані дозволяють вважати тернецію GloFish перспективним об'єктом декоративного рибництва з високим потенціалом для подальшої комерціалізації та популяризації біотехнологічних досягнень.

Структура та обсяг роботи. Робота викладена на 28 сторінках комп'ютерного тексту, кількість таблиць – 3, кількість рисунків – 8. Список використаної літератури – 40 джерел.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Морфо-біологічні характеристики тернеції GloFish та історія її виведення

Тернеція (*Gymnocorymbus ternetzi*) – представник родини харацинових (*Characidae*) [30. 32], що вже тривалий час утримується у декоративному рибництві завдяки невибагливості, миролюбному характеру та естетичній привабливості [12]. Природний ареал виду охоплює річки Парагваю, Болівії, Бразилії та Аргентини (рис. 1.1.1), де ці риби населяють повільнотекучі водойми з густою рослинністю [4]. У природному середовищі тернеції досягають довжини до 5 см, мають стиснуте з боків тіло та характерне забарвлення: сріблясто-сіре з трьома вертикальними чорними смугами [18]. Статевий диморфізм проявляється слабо, хоча самиці зазвичай більші та мають більш округле черевце.

Трансгенна тернеція GloFish є результатом біотехнологічного втручання у геном дикої форми. Основним джерелом флуоресцентних генів слугували морські організми: зокрема медуза *Aequorea victoria*, а також корали, які мають здатність до природного біolumінесцентного світіння [38]. У процесі трансгенезу в зиготу або ембріон риби вводили фрагменти ДНК, які кодують флуоресцентні білки (наприклад, GFP, RFP, YFP), що зумовлюють зелений, червоний, жовтий чи синій відтінок тканин.

Перші GloFish були створені з метою виявлення забруднення у водоймах: їхній геном мав реагувати світінням на токсичні речовини [36]. Однак надалі ці організми набули великого комерційного потенціалу як об'єкти декоративного акваріумного розведення (рис. 1.1.1) [34]. У США та ряді інших країн трансгенні форми були офіційно дозволені для продажу з відповідним маркуванням. Попри певні етичні та екологічні дискусії, GloFish

залишаються затребуваними завдяки своїй унікальній зовнішності та стійкості до умов утримання.



Рис. 1.1.1. Типовий біотоп проживання тернеції (*Gymnocorymbus ternetzi*), притока річки Параїба-ду-Сул (Бразилія)

Морфологічно тернеції GloFish практично не відрізняються від своєї природної форми – тернеції звичайної (*Gymnocorymbus ternetzi*) – ані за розмірами, ані за будовою тіла, ані за основними поведінковими характеристиками [7, 28]. Вони зберігають типовий для виду профіль, дволопатевий хвостовий плавець, а також розвинені спинний і анальний плавці [33]. Поведінка трансгенних форм аналогічна до дикотипових особин [37]: вони проявляють зграйність, активність у денний час та миролюбність щодо інших видів. Тривалість життя трансгенних тернецій також не змінюється і за оптимальних умов утримання становить 4-5 років, як і в природних форм [39]. При цьому важливим показником є відсутність негативного впливу генетичної модифікації на загальний стан здоров'я, життєві функції та стійкість до стресу.



Рис. 1.1.1. Різноманітність забарвлення тернецій GloFish

Репродуктивна функція у GloFish повністю збережена: статеві клітини формуються, цикл дозрівання статевих продуктів є безперервним у сприятливих умовах, а процес нересту відбувається за типовим для виду сценарієм. Самки відкладають ікру, яка успішно запліднюється самцями, що підтверджує фертильність трансгенних особин [8]. Потомство, отримане від схрещування двох флуоресцентних форм, успадковує яскраве забарвлення, оскільки відповідний ген є стабільно вбудованим у геном. Забарвлення починає виявлятися на 3-4 тижні життя мальків: спочатку як слабкий відтінок, який поступово інтенсифікується у процесі росту. Така затримка в експресії пояснюється особливостями регуляції флуоресцентного гена та активністю відповідного промотора, що активується лише після формування певних тканин. Цей факт свідчить про високу стабільність трансгену та можливість багатопоколінняного відтворення ознаки без втрати її інтенсивності або появи небажаних мутацій.

Таким чином, тернеція GloFish є прикладом успішного впровадження біотехнологій у декоративне рибництво, поєднуючи естетичну цінність із

життєздатністю та репродуктивною активністю у неволі. Водночас для ефективного розведення цієї трансгенної форми необхідно враховувати як загальні морфо-біологічні особливості виду, так і специфіку поведінки, пов'язаної з трансгенними змінами.

1.2. Технологічні засади утримання й розведення акваріумних риб: сучасний стан досліджень

Утримання та розведення декоративних риб у неволі потребує чіткого дотримання певних технологічних параметрів, які включають умови середовища, типи кормів, склад популяції та методи стимуляції репродукції [1]. Сучасні дослідження в галузі акваріумістики спрямовані на розробку оптимізованих схем утримання, що забезпечують максимальну виживаність, високу продуктивність і мінімальні стресові навантаження на риб [29].

Ключовими параметрами водного середовища залишаються температура, кислотність (pH), твердість (dH), рівень азотистих сполук та інтенсивність освітлення [20, 24]. Важливе значення має також наявність укриттів, водної рослинності, аерації та фільтрації [14]. Зокрема, температура впливає на метаболізм, швидкість росту, активність, апетит та репродуктивну здатність риб. Наприклад, для харацинових оптимальним є діапазон 24-27 °C, за якого спостерігається підвищення активності та готовності до нересту [18].

Досвідчені акваріумісти застосовують різні підходи до розведення риб: від утримання в загальному акваріумі до відокремлення пар у спеціалізовані нерестовики [2]. Для індукції нересту використовуються такі методи, як підміна води, підвищення температури, зниження рівня освітлення або введення стимулюючих речовин [26]. Інкубація ікри часто відбувається в окремих ємностях або контейнерах із сітчастим дном, що запобігає її поїданню [5].

Значну увагу у наукових публікаціях приділяють вивченню впливу годівлі на ріст і виживаність мальків [17, 19]. Найефективнішими

залишаються живі мікрокорми (інфузорія, наупліуси артемії), які згодом доповнюють меленими сухими кормами [16]. Частота годівлі, якість корму та мікробіологічна чистота середовища відіграють ключову роль у формуванні здорової популяції [27].

Трансгенні форми риб, такі як GloFish, потребують аналогічних умов утримання, проте мають певні особливості. Деякі дослідники вказують на підвищену чутливість до змін параметрів води або стресу в окремих лініях. Тому рекомендовано підтримувати стабільне середовище із мінімальними коливаннями, регулярною підміною води (20-30 % один-два рази на тиждень) та оптимальним режимом освітлення (12 год/добу). Успішне розведення, як правило, вимагає ізоляції пар та наявності відповідного нерестового субстрату.

Таким чином, сучасна технологія утримання та розведення декоративних риб, зокрема трансгенних форм, базується на поєднанні традиційних методик та адаптованих інноваційних підходів. Отримані у процесі дослідження знання сприяють не лише успішному утриманню акваріумних форм, а й дозволяють ефективно планувати селекційні програми та розширювати генетичне різноманіття акваріумної фауни.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ, МЕТОДИКА, МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт дослідження та параметри середовища декоративного акваріума

Об'єктом дослідження у даній роботі є трансгенна форма тернеції (*Gymnocorymbus ternetzi*), відома під комерційною назвою тернеція GloFish (рис. 2.1.1). Ці риби належать до родини харацинових (*Characidae*) [35] та є результатом генетичної модифікації природної форми з метою додання флуоресцентного забарвлення. Як модельний об'єкт GloFish становлять значний інтерес завдяки стабільній експресії трансгену, відносно простій біології, короткому репродуктивному циклу та високій життєздатності в умовах неволі [38].



Рис. 2.1.1. Схема проведення досліджень

Для забезпечення належних умов життєдіяльності трансгенних тернецій використовувалися акваріумні установки об'ємом 60 та 100 літрів (рис. 2.1.2). Обладнання включало системи аерації та фільтрації (внутрішній фільтр зі слабким потоком) (рис. 2.1.3), терморегулятори та освітлювальні прилади з можливістю вибору спектру світла [40]. Це дозволяло не лише підтримувати сталий режим, а й створювати комфортне середовище для демонстрації флуоресцентного забарвлення [31].



Рис. 2.1.2. Тернеція GloFish у дослідному акваріумі

Параметри водного середовища були стандартизовані й підтримувалися на рівні, наближеному до природного середовища існування предкової форми. Температура води становила 25-26 °C у період утримання та 26-27 °C під час репродуктивного циклу. Сталість температури підтримували за рахунок акваріумного обігрівача з терморегулятором. (рис. 2.1.4). Реакція середовища (pH) у межах 6,8-7,2. Загальна жорсткість води не перевищувала 10 °dH. Щотижня здійснювалися часткові підміни води (25-30 %) з попередньо відстояною водопровідною водою для уникнення накопичення метаболітів та збереження стабільного іонного складу [3].

Світловий режим – 10-12 годин на добу з використанням світлодіодних ламп, серед яких було передбачено як білий спектр для підтримання денного ритму, так і синій/ультрафіолетовий для спостережень за флуоресценцією. Освітлення було не надто інтенсивним, аби не спричиняти стрес у риб.

Ґрунт – дрібний гравій, який не впливає на хімічні показники води. Для забезпечення укриттів і зменшення агресії використовувались живі рослини (*Elodea*, *Anubias*, *Cryptocoryne*), а також елементи декору з гладкими поверхнями, без гострих кутів.

Годування проводилося 2 рази на день якісними сухими (гранульованими, пластівчастими) та замороженими кормами (мотиль, артемія, дафнія), з урахуванням вікових особливостей риб. При утриманні молоді використовувалися спеціалізовані мікрокорми, інфузорія та мікрочерви нематоди.



Рис. 2.1.3. Внутрішній фільтр для акваріумів AtmanPF– 400

Таким чином, сформоване середовище декоративного акваріума було адаптоване для повноцінного розвитку, поведінкової активності та

забезпечення фізіологічного комфорту трансгенних тернецій, що створювало передумови для якісного аналізу їхньої репродуктивної поведінки.

2.2. Методичний підхід до вивчення відтворення GloFish у штучних умовах

Для системного вивчення процесу відтворення трансгенних тернецій GloFish у штучному середовищі було розроблено комплексний методичний підхід, що охоплював усі етапи репродуктивного циклу: від підготовки плідників до аналізу життєздатності та фенотипових характеристик потомства. Основна увага приділялася не лише оцінці кількісних показників (плодючість, інкубація, виживаність), а й якісним аспектам: експресія флуоресцентного забарвлення, поведінкові реакції, морфометрія.



Рис. 2.1.4. Акваріумний обігрівач XilongXL025 з автоматичною підтримкою заданої температури

Підготовка до нересту розпочиналася з відбору риб, які демонстрували характерні ознаки статевої зрілості. Особини утримувались у контрольних

акваріумах з поступовим коригуванням температури, інтенсивності світла та рівня годівлі. Стан готовності оцінювався за зовнішнім виглядом самок (округлення черева, набряклість анального отвору) та активністю самців (переслідування, танці).

Нерест проводився в окремих нерестовиках з контрольованими умовами табл. 2.2.1). Групи формувалися за схемами 1:1 або 1:2 (самець/самки). Усі процеси документувалися шляхом щоденних спостережень. Ведення щоденника спостережень дозволяло зберігати хронологію подій і деталізувати умови, при яких спостерігався найвищий репродуктивний успіх.

Таблиця 2.2.1

Умови нересту трансгенних тернецій GloFish

Параметр	Значення
Температура води	26–28 °C
Освітлення	Помірне, 12 год/добу
Годівля	2–3 рази/день, збалансований раціон
Співвідношення статей	1:1 або 1:2
Об'єм нерестовика	20–30 л
Період підготовки	5–7 днів

Інкубація ікри проводилася у тому ж акваріумі без батьківських особин. Визначались терміни ембріогенезу, відсоток виводимості та початок активного живлення. На цьому етапі важливим було фіксування моменту появи флуоресценції. Зазвичай вона проявлялась на 3-4 тиждень, що вказує на стабільність успадкованого трансгену. Застосовувалися спостереження при змінному освітленні, зокрема використання синього спектру для візуалізації люмінесценції.

Вивчення потомства охоплювало щотижневі морфометричні заміри,

оцінку виживаності та темпів росту. Здійснювався також порівняльний аналіз між різними варіантами розведення, аби визначити оптимальні умови інкубації та годування. Результати заносились у таблиці для подальшої статистичної обробки.

Такий методичний підхід дозволив не лише вивчити основні біологічні особливості відтворення GloFish, а й визначити ключові технологічні чинники, що впливають на ефективність розведення в умовах декоративного акваріума.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Реакція трансгенних тернецій на умови утримання в контрольованому середовищі

Реакція риб на умови утримання є важливим індикатором загального фізіологічного стану, адаптаційних можливостей і рівня стресу, що, у свою чергу, безпосередньо впливає на їхню життєздатність та репродуктивний потенціал [13]. У ході проведення досліджень було зафіксовано, що трансгенна форма тернеції демонструє високу толерантність до стандартних параметрів декоративного акваріума. Протягом усього періоду спостережень особини залишалися активними, характеризувалися стабільною поведінкою та не проявляли ознак хронічного стресу або пригнічення.

Відповідно до наших досліджень, оптимальними умовами для утримання трансгенних тернецій GloFish у декоративному акваріумі є температура води в межах 24–26 °C, кислотність рН 6,8–7,4 і жорсткість у межах 5–12 °dGH [22]. Такі параметри сприяють стабільному метаболізму, хорошому апетиту та високій активності риб (таблиця 3.1.1). Не менш важливим є забезпечення якісної фільтрації та аерації води, що дозволяє підтримувати вміст кисню на рівні 6–8 мг/л, особливо у години максимальної активності [11]. Регулярна часткова підміна води (до 25 % щотижня) сприяє зниженню концентрації нітратів та інших метаболітів, зменшуючи ризик виникнення стресу або інфекційних уражень.

Щодо організації простору акваріума, ми рекомендуємо надавати перевагу помірно засадженим рослинами резервуарам з відкритими зонами для плавання. Тернеції GloFish віддають перевагу середнім шарам води, тому важливо уникати перевантаження ґрунтом і надмірно густими заростями. Встановлення фону та підсвічування з акцентом на синьо-фіолетовий спектр не лише підкреслює флуоресценцію риб, а й не викликає тривожних реакцій.

Збалансований раціон, до складу якого входять сухі, заморожені та живі корми, дозволяє зберігати яскравість забарвлення та забезпечує повноцінний розвиток як дорослих особин, так і молоді.

Таблиця 3.1.1

Оптимальні параметри водного середовища для утримання
трансгенних тернецій GloFish

Показник	Оптимальні значення	Коментар
Температура	24-26 °C	Забезпечує стабільний метаболізм
Кислотність (pH)	6,8-7,4	Нейтральне середовище
Жорсткість (°dGH)	5-12	Помірна жорсткість
Вміст кисню	6-8 мг/л	Підтримується аерацією та фільтрацією
Частота підміни води	25 % щотижня	Зменшує вміст нітратів, знижує ризик хвороб

Основними поведінковими критеріями аналізу реакції на умови утримання слугували: рівень рухової активності, характер соціальних взаємодій у групі, реакція на зовнішні подразники та поведінкові зміни при зміні світлового режиму [21]. У денний період GloFish трималися в середніх шарах води, формуючи згуртовану зграю. Таке зграйне поведіння відповідає типовому для виду шаблону та свідчить про адекватну адаптацію до середовища.

Підвищення температури на 1-1,5 °C у рамках допустимого діапазону призводило до тимчасового зростання рухової активності, що є нормальною реакцією холонокровних організмів на інтенсифікацію метаболізму. Зниження температури до 22 °C (в експериментальному варіанті) супроводжувалося деяким зменшенням активності, проте без ознак патології чи зниження апетиту.

Важливою характеристикою стала відсутність вираженої негативної реакції на синє або комбіноване освітлення. Навпаки, при змінному спектрі світла риби продовжували активну поведінку, демонструючи візуальні ефекти флуоресценції. Така реакція може бути пов'язана з відсутністю світлочутливих рецепторів, що реагують на ультрафіолет або синій спектр у стресовій манері, або з адаптацією внаслідок відбору в умовах лабораторного культивування.

Спостереження також підтвердили відсутність агресивної поведінки між особинами одного віку та статі, що свідчить про стабільний соціальний статус у групах. Усі тести з маніпуляцією середовищем (додавання елементів декору, підміна води, зміна потоку) не викликали атипових поведінкових реакцій.

Таким чином, тернеція GloFish виявила високу поведінкову стабільність та фізіологічну адаптивність до умов декоративного акваріума з контрольованими параметрами. Це є вагомою перевагою з точки зору подальшого розведення, утримання та використання виду у навчальних або демонстраційних цілях.

3.2. Репродуктивні показники та виживаність потомства у модельному акваріумі

Одним із головних критеріїв оцінки ефективності утримання трансгенних форм риб у неволі є їхня здатність до повноцінного відтворення та збереження фенотипових ознак у потомства. У ході експериментальних досліджень було проаналізовано основні репродуктивні параметри трансгенної тернеції у модельному акваріумі: інтенсивність нересту, кількість відкладеної ікри, відсоток виживаності личинок, початок самостійного живлення та стабільність флуоресцентного забарвлення у потомства.

Таблиця 3.2.1

Порівняння темпів росту та виживаності потомства

Умови вирощування	Середній приріст (мм/тиждень)	Вживаність (%)
Контрольна (1:1)	2.1	88
Підвищена щільність (1:2)	1.8	82

Усі пари, відібрані для нересту, проявили репродуктивну активність упродовж першого тижня після формування груп. Середня плодючість становила 180-250 ікринок на самку, що є типовим показником для тернецій (рис. 3.2.1). У 85 % випадків спостерігалось відкладення ікри на субстрат (штучні рослини, сітки або пластикові ґратки), що підтверджує важливість наявності структурованого середовища для стимуляції нерестової поведінки.

Інкубаційний період тривав від 20 до 26 годин при температурі 26-27 °С. Вивід личинок становив 75-82 %, що є свідченням доброї якості ікри та оптимальних гідрохімічних умов. Протягом перших 3-4 діб мальки залишалися прикріпленими до субстрату, після чого переходили до активного плавання.

Початок самостійного живлення фіксувався на 5-6 добу. Головним джерелом корму на цьому етапі були інфузорії, пізніше – мікрочерви і спеціалізовані мікрокорми. Вживаність мальків до віку 30 діб становила в середньому 60-68 % у контрольних умовах, що є прийнятним рівнем при мінімальній щільності посадки (табл. 3.2.1).

Особливу увагу було приділено динаміці появи флуоресцентного забарвлення. Візуально його виявляли на 24-28 добу у більшості мальків (рис. 3.2.2).

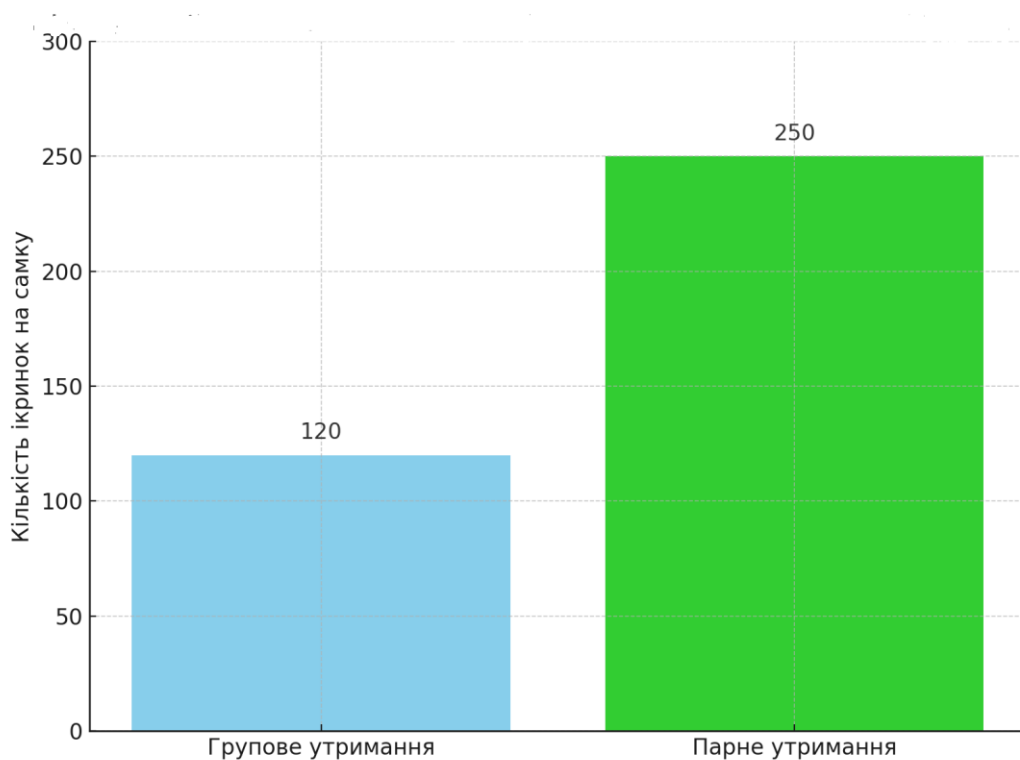


Рис. 3.2.1. Продуктивність нересту тернеції GloFish в різних умовах утримання.

Також не було виявлено жодних відхилень у морфогенезі чи поведінці мальків у порівнянні з контрольною групою. Темпи росту відповідали нормі для виду: на 30-й день довжина тіла сягала 1,0-1,2 см, а до 60 діб – 2,5-2,7 см. Це вказує на повноцінний розвиток у штучному середовищі.

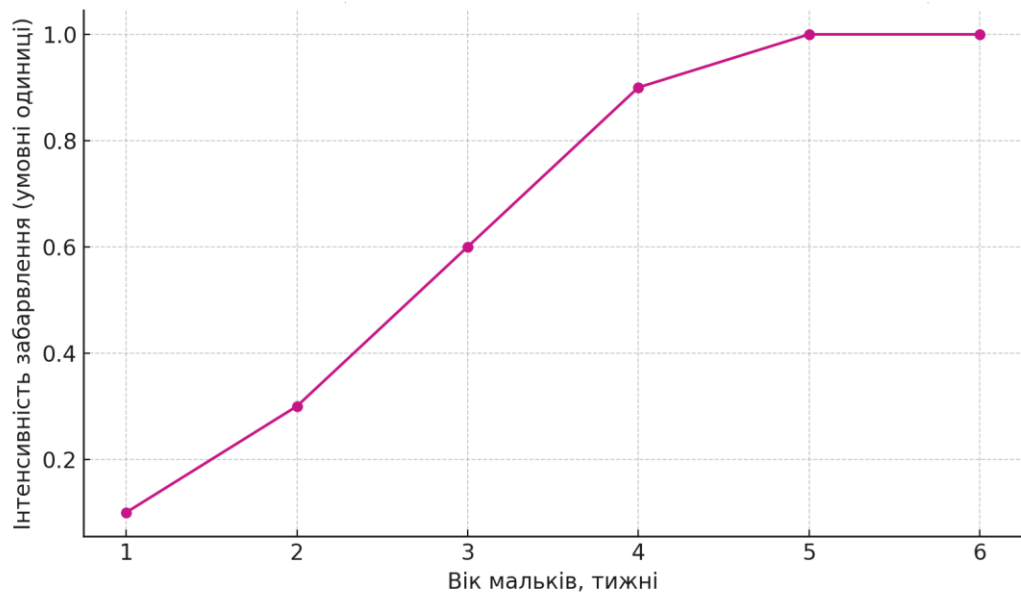


Рис. 3.2.2. Динаміка залежності інтенсивності забарвлення від віку мальків тернеції GloFish (0 – повністю не забарвлені; 1 – повністю забарвлені).

Отже, отримані результати свідчать про ефективне розмноження тернецій GloFish у декоративному акваріумі з контрольованими параметрами. Висока виживаність потомства та стабільне успадкування трансгенного забарвлення підтверджують доцільність використання запропонованого нами підходу для культивування цих форм як у лабораторії, так і аматорами.

ВИСНОВКИ

- Трансгенна тернеція GloFish (*Gymnocorymbus ternetzi* GloFish) є стабільною генетично модифікованою формою, що зберігає основні морфо-біологічні характеристики дикого виду, включно з поведінкою, тривалістю життя та репродуктивною здатністю. Флуоресцентне забарвлення успадковується нащадками та проявляється на 3-4 тижні життя.
- Умови декоративного акваріума можуть бути успішно адаптовані для тривалого утримання та ефективного розмноження тернеції GloFish. Оптимальними параметрами середовища є температура 25-26 °C, pH 6,8-7,2, жорсткість до 10 °dH, помірне освітлення та якісна фільтрація.
- Встановлено, що GloFish демонструють високу стресостійкість і добру адаптацію до контрольованих умов при дотриманні рекомендованих гідрохімічних параметрів. Активність, забарвлення та харчова поведінка залишаються стабільними за умови дотримання біологічної рівноваги в акваріумі.
- Для успішного стимулювання нересту доцільно використовувати часткові підміни води (30 % через день), підвищення температури на 1-2 °C та ізоляцію пар у спеціальних нерестовиках з м'якою водою і наявністю субстрату для відкладання ікри.
- Найвища ефективність відтворення спостерігається у парах, ізольованих у резервуарах об'ємом 20-30 літрів. Середня плодючість однієї самки становить 200-300 ікринок, інкубаційний період: 24-36 годин, залежно від температури води.
- Вживаність мальків сягає 70% за умови раннього годування інфузоріями, мікрочервом та поступовим переходом на сухі корми. Життєздатність та флуоресценція нащадків підтверджують успішну стабільну передачу трансгенного маркера без зниження фізіологічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Альдертон Д. Енциклопедія акваріумних та ставкових рибок. Харків: Вид-во «Клуб сімейного дозвілля», 2008. 400 с.
2. Андрощук І.В., Андрощук І.П. Використання екзотичних риб в дизайні. навч. посіб. Тернопіль: Богдан, 2014. 320 с.
3. Астон К., Паркер С. Природа навколо нас. Харків: Книж. клуб, 2007. 64 с.
4. Буднік С. В., Колосок А.М . Акваріуміст-початківець: навчальний посібник . Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 156 с.
5. Буднік С. В., Колосок А.М. Основи акваріумістики та аквадизайну: навчальний посібник. Луцьк, 2024. 174 с.
6. Вербицький В. Історія, проблеми, перспективи одомашнення екзотичних риб. К.: СМП «Аверс», 2003. 304 с.
7. Вискушенко Д. А., Андрійчук Т. В., Гулько В. О 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, 2022. С. 44-46
8. Вискушенко Д. А., Андрійчук Т. В., Макаревич Л. В. Утримання тернеції Glo Fish у шкільному куточку живої природи. Nauka i edukacja w warunkach zmian cywilizacyjnych : mteriały III międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej. Warszawa, 2021. С. 16-17
9. 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.
10. Вискушенко Д. А., Максименко Ю. В., Ткаченко В. В., Вознюк Л. В. Утримання генетично модифікованих акваріумних риб у шкільному акваріумі Multidisciplinary scientific notes. Theory, history and practice :

proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Edmonton, 2022. С. 465-467

11. Вискушенко Д.А., Саляєв Б.К., Стадник В.О. Особливості утримання декоративних риб GLOFISH в домашньому акваріумі. 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. 77-80
12. Гринжевський М. В. Аквакультура України (організаційно-економічні аспекти) К. : Вільна Україна, 1998. 364 с.
13. Дегтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. Й. Фізіологія риб : Аграрна освіта, 2008. 341 с.
14. Кононенко Р.В., Кононенко, Кононенко І. С., Мушит С. О. Технічні засоби в аквакультурі: посібник: КОМПРИНТ, 2018. 310 с.
15. Кононцев С.В., Гороховська Ю. Р. Хвороби декоративних риб та шляхи їх поширення. Таврійський науковий вісник, 2011. № 76.. С. 240-246.
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. Мельник О. П., Костюк В. В., Шевченко П. Г. Анатомія риб. підручник К.: Центр учб. літ-ри, 2008. 624 с.
18. Мушит С.О., Панько В. В. Гідрохімічний та гідробіологічний склад, біомаса та чисельність основних груп гідробіонтів. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки. 2010. Вип. 4 (44). С.133-138.
19. Пентиліук Р.С. Теоретичні основи рибництва Частина II : конспект лекцій. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2016. 192 с.
20. Рудь М. Акваріум школяра К. : Рад. шк., 1990. 64 с.
21. Романишин Г. Світ акваріуму К. : Урожай, 1989. 160 с.
22. Саляєв Б.К. Трансгенна тернеція: технології розведення в умовах 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. 93-94

23. 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.
24. Хільчевський В.К., Осадчий В.І, Курило С.М. Основи гідрохімії: підручник. Київ: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
25. Чумак І.М. Мешканці акваріума та догляд за ними. Шепетівка, 2013. 48с.
26. Шереметьєв І. Акваріумні рибки К. : Рад. шк., 1988. 115 с.
27. Шерстобаєва К. А., Вискушенко Д. А. Переваги та недоліки утримання тернеції GLO FISH – трансгенної модифікації *Gymnocorymbus ternetzi* (Boulenger, 1895) в акваріумі. Проблеми та перспективи розвитку сучасної біології та біологічної освіти : зб. наук. пр. за матеріалами I Всеукр. наук.-практ. конф., 29-30 жовт. 2021 р. Житомир, 2021. С. 103-104
28. Шерстобаєва К. А., Вискушенко Д. А., Андрійчук Т. В., Максименко Ю. В. Утримання тернеції GLO FISH – трансгенної модифікації *Gymnocorymbus ternetzi* (Boulenger, 1895). Біологічні дослідження – 2021 : зб. наук. пр. - Житомир, 2021. С. 125-126.
29. Школьник Ю. Підводний світ. Мешканці морів і океанів. Х. : Вид-во «Книжковий клуб “Клуб сімейного дозвілля”», 2015. 64 с.
30. Шевченко П.Г., Пилипенко Ю.В. Основи систематики рибоподібних і риб. Навчальний посібник. Київ, 2016. 230 с.
31. Щапова О.П. Домашній акваріум. Харьков: Фолио, 2005. 351 с.
32. Щербуха А. Я. Українська номенклатура іхтіофауни України К. : Зоомузей ННПМ НАН України, 2003. 50 с.
33. Axelrod H.R., Emmens C., et al. Exotic Tropical Fishes, exp. edition, T.F.H. Publications, USA, 1977. 230 p.

34. Ayşe Cebeci1, İlhan Aydın, Anthony Goddard Bigger, stronger, better: Fish transgenesis applications and methods. *Biotech Studies*, 2021. 29(2). p. 85-97
35. Betancur R. The Tree of Life and a New Classification of Bony Fishes. *PLOS Currents Tree of Life*. Edition 1, 2013. 211 p.
36. Stewart C., Neal Jr. Go with the glow: Fluorescent proteins to light transgenic organisms. *Trends in Biotechnology*. Berlin, 2006. 76 p.
37. Animalia – онлайн-енциклопедія тваринного світу [веб-сайт] 2016-2025 URL: <https://animalia.bio/uk> (Дата перегляду: 14.03.2025)
38. Блог Тетра. Глофіш (GloFish) – фантастичне світіння [веб-сайт] <https://blog.tetra.net/uk-ua/hlofish-glofish-fantastychne-svitinnia> (дата звернення: 21.04.2025)
39. Блог Тетра. Тернеція глофіш – кольорова іскринка [веб-сайт] <https://blog.tetra.net/uk-ua/ternetsiia-hlofish-kolorova-iskrynka> (дата звернення: 21.04.2025)
40. НБУВ [веб-сайт] 2013-2025 URL: <http://www.nbuv.gov.ua/> (Дата перегляду: 21.03.2025)