

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету тваринництва
та водних біоресурсів

_____ Руслан КОНОНЕНКО
« ____ » _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри гідробіології та
іхтіології

_____ Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА
« ____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Технології культивування річкового кільцевого ската
(*Potamotrygon motoro*, Müller & Henle, 1841) в штучних умовах»**

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура

Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Гарант освітньої програми

к.с.-г.н., доц

_____ **Меланія ХИЖНЯК**

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

к.б.н.

_____ **Максим ХАЛТУРИН**

Виконав

_____ **Юрій КУЗНЄЦОВ**

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет тваринництва та водних біоресурсів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідробіології та іхтіології
д.б.н., доц. _____ Наталія РУДИК-ЛЕУСЬКА
«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

до виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

КУЗНЕСЦОВУ ЮРІЮ ВОЛОДИМИРОВИЧУ

Спеціальність 207 Водні біоресурси та аквакультура
Освітня програма Водні біоресурси та аквакультура

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Технології культивування річкового кільцевого ската (*Potamotrygon motoro*, Müller & Henle, 1841) в штучних умовах»

затверджена наказом ректора НУБіП України № 2627 «С» від 31.10. 2025

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру 2026.05.15

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: дані, отримані в ході дослідницької діяльності, методична література та нормативна документація.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Проаналізувати літературу з біології виду.
2. Підібрати оптимальні умови для розведення скатів у штучних умовах та оцінити ефективність різних типів кормів для годівлі молодих та дорослих особин.

Дата видачі завдання

«01» грудень 2025

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

_____ Максим ХАЛТУРИН

Завдання прийняв до виконання

_____ Юрій КУЗНЕЦОВ

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота Кузнецова Ю.В. за темою: «Технології культивування річкового кільцевого ската (*Potamotrygon motoro*, Müller & Henle, 1841) в штучних умовах» складається з 68 сторінок, 4 таблиці та 15 рисунків. Список використаних джерел містить 39 найменувань.

Експериментальна частина роботи виконана на базі приватного приватного акваріумного господарства ФОП Струк Сергій Васильович.

Мета роботи – удосконалення біотехніки штучного відтворення та вирощування молоді кільцевого хвостокла (*Potamotrygon motoro*) шляхом оптимізації кормового раціону та умов утримання.

Об'єктом дослідження став процес відтворення та вирощування молоді прісноводних скатів виду (*Potamotrygon motoro*) в умовах замкнених аквасистем.

Предмет дослідження – темпи лінійного та вагового росту молоді, показники виживання, гідрохімічний режим утримання та економічна ефективність застосування живих кормів (лиманного трубочника).

Методи дослідження: іхтіологічні, математично-статистичні та техніко-економічний аналіз.

Встановлено, що використання лиманного трубочника забезпечує прискорення темпів росту молоді у 2,5 раза, проте значно здорожує процес вирощування (на 73% порівняно з базовим раціоном). Доведено, що через обмежений ринковий попит на вид (*P. motoro*) інтенсивна годівля не є інструментом підвищення оборотності ресурсів, а виступає стратегією мінімізації біологічних ризиків і збереження дорогого племінного активу на ранніх етапах онтогенезу. Експериментально підтверджено практичні рекомендації щодо організації гідрологічних умов акваріумного середовища для стимуляції парування статтевозрілих особин.

Сфера застосування – приватні та державні акваріумні господарства, океанаріуми, спеціалізовані підприємства з розведення екзотичної іхтіофауни.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *POTAMOTRYGON MOTORO*, ПРІСНОВОДНІ СКАТИ, АКВАКУЛЬТУРА, ШТУЧНЕ ВІДТВОРЕННЯ, ТЕМПИ РОСТУ, РАЦІОН.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО (<i>POTAMOTRYGON MOTORO</i>).....	9
1.1. Географічне поширення та екологічні характеристики середовища існування (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	9
1.2. Історія наукового вивчення (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	11
1.3. Проблематика таксономічної ідентифікації (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	11
1.4. Зовнішня морфологія та біометричні параметри тіла (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	12
1.5. Специфіка забарвлення та механізми маскування (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	15
1.6. Біохімічна специфікація отруйного апарату річкового кільчастого ската (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	17
1.7. Алгоритм терапевтичних та превентивних заходів при ураженні отруйним апаратом (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	20
1.8. Статевий диморфізм (<i>Potamotrygonmotoro</i>).....	22
1.9. Репродуктивна стратегія та (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	24
1.10. Вікові та розмірні показники дозрівання (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	25
1.11. Вплив екологічних факторів на репродуктивний цикл (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	26
1.12. Етологія шлюбної поведінки та запліднення (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	26
1.13. Плодючість та особливості виношування (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	28
1.14. Особливості раціону річкового кільцевого скату (<i>Potamotrygon motoro</i>) у природному середовищі.....	30
1.15. Особливості харчування річкового кільцевого скату (<i>Potamotrygon motoro</i>) в умовах штучної аквакультури.....	31
1.16. Формування водного середовища та основних гідро-хімічних параметрів.....	33

1.17. Гідрохімічний режим та системи життєзабезпечення.....	35
1.18. Параметри та облаштування культиваційних резервуарів.....	37
1.19. Дизайн внутрішнього простору та безпека гідробіонтів.....	38
1.20. Висновки за оглядом літератури по (<i>Potamotrygon motoro</i>).....	39
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
2.1. Морфобіологічний аналіз досліджуваних особин річкового кільцевого хвостокола (<i>Potamotrygon motoro</i>)	41
2.2. Організація та методика проведення досліду з розведення кільцевого хвостокола.....	42
2.3. Методика вивчення темпів росту молоді кільцевого хвостокола.....	44
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46
3.1. Морфологічна характеристика плідників кільцевого хвостокола.....	46
3.2. Ефективність гідротермічної стимуляції та показники відтворення...47	
3.3. Порівняльна характеристика темпів росту молоді при використанні різних стартових кормів.....	49
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВІДТВОРЕННІ (<i>POTAMOTRYGON MOTORO</i>).....	53
4.1. Техніко-економічне обґрунтування витрат на відтворення та вирощування молоді.....	53
4.2. Охорона праці та техніка безпеки при роботі з отруйними об'єктами.....	55
4.3. Охорона праці та організаційно-технічні заходи безпеки.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

ВСТУП

Акваріумістика – це складна, багатовекторна та чітко структурована систему знань. Внаслідок тривалої історичної еволюції вона трансформувалася з поверхневого декоративного спостереження за представниками іхтіофауни у фундаментальну міждисциплінарну галузь прикладної біології. На сьогодні ця дисципліна функціонує на перетині інженерної гідрохімії, екології, селекційної справи, ветеринарної медицини та етології.

Процес моделювання, а також подальшої стабілізації замкненої штучної мікро-екосистеми всередині обмеженого резервуару вимагає від дослідника ґрунтовної теоретичної бази в царині загальної іхтіології. Це також передбачає здатність до гармонійного поєднання всіх наявних біотичних та абіотичних елементів акваріумного середовища. У контексті цього дослідження особливої уваги заслуговують прісноводні скати родини (*Potamotrygonidae*). Будучи невід'ємними компонентами біогеоценозів басейнів Південної Америки, вони репрезентують специфічну еволюційну гілку хрящових риб, що набули унікальних фізіологічних адаптацій через займання особливих екологічних ніш.

Високий ступінь складності акваріумного утримання (*Potamotrygonidae*) зумовлений їхньою екстремальною чутливістю до впливу ксенобіотиків [1]. Крім того, їхня імунна система не пристосована до існування у воді, яка за гідрохімічними показниками суттєво відрізняється від природних басейнів Південної Америки. Така специфіка диктує необхідність впровадження чітких протоколів біофільтрації та ретельного моніторингу процесів оксигенації.

Зважаючи на складність забезпечення належного комфорту для цих хрящових риб, акваріумістика в даному аспекті виходить далеко за межі аматорського догляду. Вона стає інструментарієм для дослідження фундаментальних закономірностей життя прісноводних скатів, зокрема видів, що перебувають під загрозою зникнення через деградацію природних ареалів. В умовах глобальних кліматичних змін та антропогенного тиску науково орієнтоване утримання риб виступає формою збереження генетичного біорізноманіття. Це дозволяє створювати резервні популяції поза межами

їхнього природного середовища та здійснювати довготривалі дослідження біології виду без шкоди для крихких природних біогеоценозів.

Впровадження інноваційних рішень у систему автоматизованого контролю гідрохімічних показників створює фундаментальну базу для якісної оптимізації процесів життєзабезпечення гідробіонтів. Завдяки інтеграції сучасних даних з етології та фізіології конкретних видів хвостоків, стає можливим замінити інтуїтивне утримання риб науково обґрунтованою стратегією керування штучними екосистемами. Такий підхід дозволяє проектувати акваріумне середовище, виходячи з вузькоспеціалізованих потреб представників родини річкових хвостоків. Саме комплексне дослідження загальних принципів акваріумістики крізь призму біологічних особливостей цих хрящових риб дає змогу сформуванню цілісної концепції функціонування акваріумної мікро-екосистеми. У межах такої моделі синергія технічного прогресу та біологічної доцільності виступає головним гарантом збереження унікальної іхтіофауни, одночасно сприяючи розширенню теоретичної бази та практичних здобутків у галузі експериментальної гідробиології.

З огляду на все вищевказане метою роботи було обрано удосконалення біотехніки відтворення та вирощування молоді кільцевого хвостоків (*Potamotrygon motoro*) в умовах замкнених аквасистем та оцінка економічної ефективності інтенсифікації їх годівлі.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

1. Проаналізувати біологічні та етологічні особливості (*P. motoro*) на основі літературних джерел;
2. Дослідити оптимальні параметри гідрохімічного режиму та системи життєзабезпечення для утримання плідників;
3. Ознайомитися з основними методами стимуляції розмноження прісноводних хвостоків, та експериментально перевірити їх ефективність;
4. Оцінити вплив інтенсивної годівлі живими кормами на темпи лінійного та вагового росту молоді;

5. Ознайомитися із основними заходами з охорони праці та техніки безпеки при роботі з плідниками та молоддю кільчастих хвостоколів;

6. Провести техніко-економічне обґрунтування витрат на формування репродуктивного комплексу;

Для отримання об'єктивних та науково обґрунтованих результатів дослідження, під час роботи було використано комплекс методів дослідження, зокрема: іхтіологічні (морфометрія, бонітування), акваріумно-експериментальні (виращування в контрольованих умовах), математично-статистичні та методи техніко-економічного аналізу.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КУЛЬТИВУВАННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО (*POTAMOTRYGON MOTORO*)

1.1. Географічне поширення та екологічні характеристики середовища існування (*Potamotrygon motoro*)

Розглядаючи питання різноманіття річкової фауни Південної Америки, неможливо оминати увагою таких представників родини (*Potamotrygonidae*), як прісноводні річкові хвостокіли (*Potamotrygon motoro*, Müller & Henle, 1841), що є одним із найбільш масових та широко розповсюджених представників своєї родини в межах Неотропічної біогеографічної зони [2]. Природний ареал цього виду охоплює колосальні території Південноамериканського континенту, включаючи річкові артерії таких держав, як Аргентина, Бразилія, Парагвай, Колумбія, Уругвай, Болівія, Перу, Венесуела та Еквадор, однак основна концентрація популяцій спостерігається у великих річкових системах Амазонки, Оріноко, Парани та Уругваю (рис. 1.1) [3,4]. Важливо підкреслити, що останнім часом вид отримав можливість експансії у верхні райони річкових басейнів, куди раніше доступ був обмежений природними бар'єрами, що стало можливим завдяки будівництву гідроелектричних гребель, які фактично відкрили для скатів нові немісцеві території [4].

Екологічна пластичність (*Potamotrygon motoro*) дозволяє йому успішно функціонувати в різноманітних прісноводних біотопах тропічного поясу, де температура води зазвичай коливається в межах 24-26 °C [4]. Будучи типовим представником бентопелагічної фауни, цей скат демонструє чітку прив'язаність до певних типів субстрату, віддаючи перевагу ділянкам із уповільненою течією, піщаним або мулистим дном [2, 4]. Такий вибір середовища має стратегічне значення для виживання: м'який ґрунт дозволяє тварині майже повністю закопуватися, що є критично важливим для маскування під час полювання або захисту від більших хижаків. Глибина, на якій зустрічаються особини, суттєво залежить від специфіки конкретної водойми. Наприклад, якщо у верхів'ях річки Парана вони віддають перевагу мілководним прибережним зонам (0,5-2,5 м), то

в руслах інших річок, наприклад Уругваю, їхня присутність фіксується на значно більшій глибині – до 7-10 метрів [4].



Рис. 1.1. Ареал поширення річкового кільцевого хвостокіла [29].

Екологічна пластичність (*Potamotrygon motoro*) дозволяє йому успішно функціонувати в різноманітних прісноводних біотопах тропічного поясу, де температура води зазвичай коливається в межах 24-26 °C [4]. Будучи типовим представником бентопелагічної фауни, цей скат демонструє чітку прив'язаність до певних типів субстрату, віддаючи перевагу ділянкам із уповільненою течією, піщаним або мулистим дном [2, 4]. Такий вибір середовища має стратегічне значення для виживання: м'який ґрунт дозволяє тварині майже повністю закопуватися, що є критично важливим для маскуванню під час полювання або захисту від більших хижаків. Глибина, на якій зустрічаються особини, суттєво залежить від специфіки конкретної водойми. Наприклад, якщо у верхів'ях річки Парана вони віддають перевагу мілководним прибережним зонам (0,5-2,5 м), то в руслах інших річок, наприклад Уругваю, їхня присутність фіксується на значно більшій глибині – до 7-10 м [4].

Життєдіяльність та міграційна активність річкового кільцевого хвостокла чітко синхронізовані з гідрологічними циклами південноамериканських річок. У посушливий період, коли рівень води критично знижується, скати змушені концентруватися в основних руслах річок або в озерах, що зберігають зв'язок із постійним джерелом водного підживлення [3]. Проте з настанням сезону дощів та масштабним підняттям рівня води спостерігається активне розселення виду у затоплені лісові масиви, тимчасові паводкові ставки та мілкі протоки [2]. Будучи давніми представниками хрящових риб, ці скати демонструють високу адаптивність до мінливих умов середовища, займаючи нішу універсального донного хижака як у гігантських річкових системах, так і в невеликих берегових лагунах.

1.2. Історія наукового вивчення (*Potamotrygon motoro*)

Історія наукового вивчення виду бере свій початок ще у першій половині XIX століття, коли австрійський натураліст Йоганн Наттерер протягом 1828-1829 рр., під час своєї наукової експедиції до Південної Америки, зібрав перші колекційні екземпляри, що стали основою для первинного опису цього виду [5]. У ті ж часи видатний фізіолог Йоганн Мюллер та анатом Якоб Генле працювали над амбітним проектом – описом усіх відомих хрящових риб світу. Результатом їхньої співпраці стала фундаментальна наукова монографія “Систематичний опис хрящових риб” (1841), у якій вперше було описано річкового кільцевого ската (*Potamotrygon motoro*) [5, 6].

1.3. Проблематика таксономічної ідентифікації (*Potamotrygon motoro*)

Довгий час у науковій спільноті панувало переконання, що річковий кільцевий скат є надзвичайно пластичним та мінливим видом. Величезна територія поширення зумовила наявність значних варіацій у забарвленні диска та інших зовнішніх ознаках, що призвело до формування досить запутаної таксономічної картини. Протягом десятиліть певні форми описувалися як окремі види, проте сучасна ревізія внесла корективи у це питання. Зокрема, було

встановлено, що у минулому поширені назви (*Potamotrygon pauckei*), (*Potamotrygon alba*) та (*Potamotrygon labradori*) не мають самостійного видового статусу [5]. Ретельний аналіз довів, що ті особливості, які раніше вважалися специфічними для цих “видів”, насправді є лише проявами природної внутрішньовидової варіативності самого річкового кільцевого ската, через що дані назви були визнані синонімічними до виду (*Potamotrygon motoro*) [5].

Разом з тим, сучасні методи досліджень виявили, що під цією назвою тривалий час існував цілий комплекс споріднених видів. Це призвело до виокремлення нових таксонів, таких як (*Potamotrygon pantanensis*) та (*Potamotrygon amandae*). Для точної ідентифікації (*Potamotrygon motoro*) серед цих близьких родичів фахівці використовують цілий спектр діагностичних ознак, про які буде згадано у інших підрозділах цієї бакалаврської роботи [5].

1.4. Зовнішня морфологія та біометричні параметри тіла (*Potamotrygon motoro*)

Глибоке вивчення зовнішньої морфології та біометричних показників річкового кільцевого ската є фундаментальним етапом для розуміння еволюційних механізмів, що забезпечили успішну адаптацію цього виду до специфічних умов річкових систем. Ретельний опис фізичних параметрів дозволяє дослідникам не лише ідентифікувати вид, а й встановити специфічну екологічну нішу, яку займає цей вид у природному біо-геоценозі.

Ключовою морфологічною одиницею ската є його тіло, яке в науковій літературі класифікується як диск. Попри те, що при візуальному спостереженні форма здається майже ідеально круглою, результати точних замірів вказують на невелике видовження тіла в довжину. Зокрема, встановлено, що показник довжини диска зазвичай переважає його ширину, становлячи від 105% до 120% від поперечного розміру [5]. Така форма у поєднанні з плавно закругленою передньою частиною та майже повною відсутністю виступаючого “носа” (рострума) забезпечує ефективне пересування у воді. Загалом, у дорослих крупних особин цього виду довжина диску коливається в діапазоні 50 см [7].

Загальна ж довжина тіла (диску разом із хвостом), зазвичай наближається до 100 см; вага ж ската такого розміру становитиме близько 10 кг [7]. У самців, на задній частині диску, з обох боків від основи хвоста розташовані птеригоподії (кластери), які часто використовують для оцінки біологічного стану особини, та точного визначення її виду серед споріднених таксономічних одиниць. Загалом же ці органи є видозміненими частинами черевних плавців і слугують для розмноження. У статевозрілих самців їхня довжина може сягати до 30% від загальної ширини диска, що є важливим показником для розрізнення молодих та дорослих особин у межах популяції [7, 8].

Основу тіла складає міцний хрящовий скелет, центральним елементом якого є широкий та масивний нейрокраніум – хрящовий череп, що надійно захищає головний мозок та органи чуття (рис. 1.2). Сама ж голова річкового кільцевого ската відзначається значною масивністю та специфічним розташуванням органів чуття. Очі розташовані на верхній (спинній) частині тіла і помітно виступають над його поверхнею. Ця анатомічна особливість дозволяє рибі зберігати широкий кут огляду та стежити за довкіллям навіть у стані спокою, коли вона частково занурена у донний пісок чи мул [5].

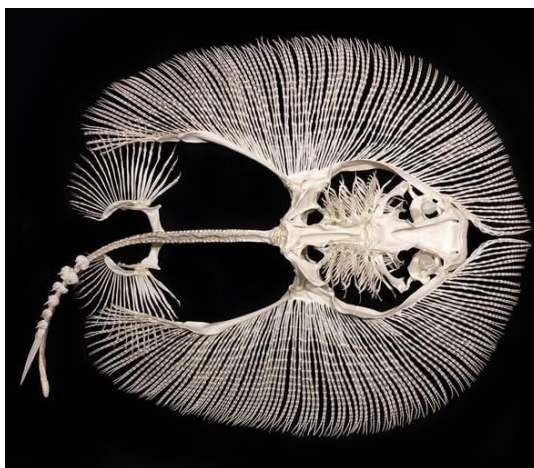


Рис. 1.2. Ілюстративне хрящового скелета прісноводного ската [9].

Безпосередньо за очима розташовані дихальця – спеціалізовані отвори, що керуються розвиненою мускулатурою. Функціональне значення цих органів полягає у забезпеченні припливу води до зябер у періоди, коли ротовий отвір

щільно притиснутий до дна під час полювання чи відпочинку (рис. 1.3). [2]. Морфометричні дослідження показують, що відстань між дихальцями зазвичай сягає від 17,5% до 25% від загальної ширини диска [5]. Окрім того, на черевній частині тіла розташовані 5 пар зябрових щілин, через які виходить вода, що завдяки роботі вищезгаданих дихалець пройшла крізь зяброві пелюстки, а також ніздрі, розташовані попереду від ротового отвору, що виконують виключно рецепторну функцію [5, 8].



Рис. 1.3. Ілюстративне зображення дихальця та зябрових щілин скатів [2, 10].

На нижній (черевній) стороні голови розташований потужний ротовий апарат. Внутрішня будова ротового апарату (*Potamotrygon motoro*) вирізняється специфічною будовою щелепного апарату. Для цього виду характерне явище моногнатичної гетеродонтії, що означає наявність зубів різної форми та розміру на одній щелепі. Зуби, розташовані в центральній частині, є значно потужнішими за ті, що знаходяться ближче до країв (рис. 1.4). Така анатомічна особливість має важливе пристосувальне значення: вона дозволяє скату ефективно руйнувати та подрібнювати міцні панцирі ракоподібних та мушлі моллюсків, які складають основу його раціону в природному середовищі [5].

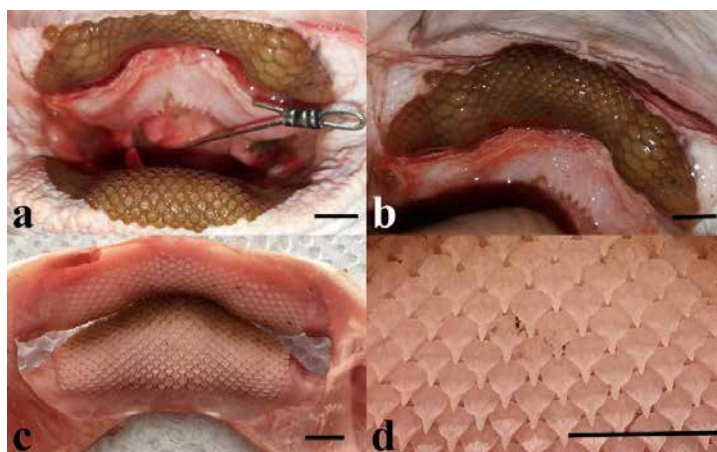


Рис. 1.4. Варіації морфології зубів у дорослої самки (a, b) та дорослого самця (c, d) [17].

1.5. Специфіка забарвлення та механізми маскування (*Potamotrygon motoro*)

Опис забарвлення річкового кільцевого ската є однією з найбільш складних тем у його загальній характеристиці через надзвичайну різноманітність візерунків, яку дослідники спостерігають у різних популяціях. Спинна поверхня диска (*Potamotrygon motoro*) демонструє широкий спектр кольорів, що варіюються від світло-сірих відтінків до дуже насичених темно-коричневих тонів, проте головним розпізнавальним маркером виду залишаються так звані “вічка” (*ocelli*) (рис. 1.5). Ці специфічні пігментні плями мають чітку триколірну структуру, де світла або жовтувата серцевина оточена помаранчевим кільцем та вираженою чорною облямівкою [5].



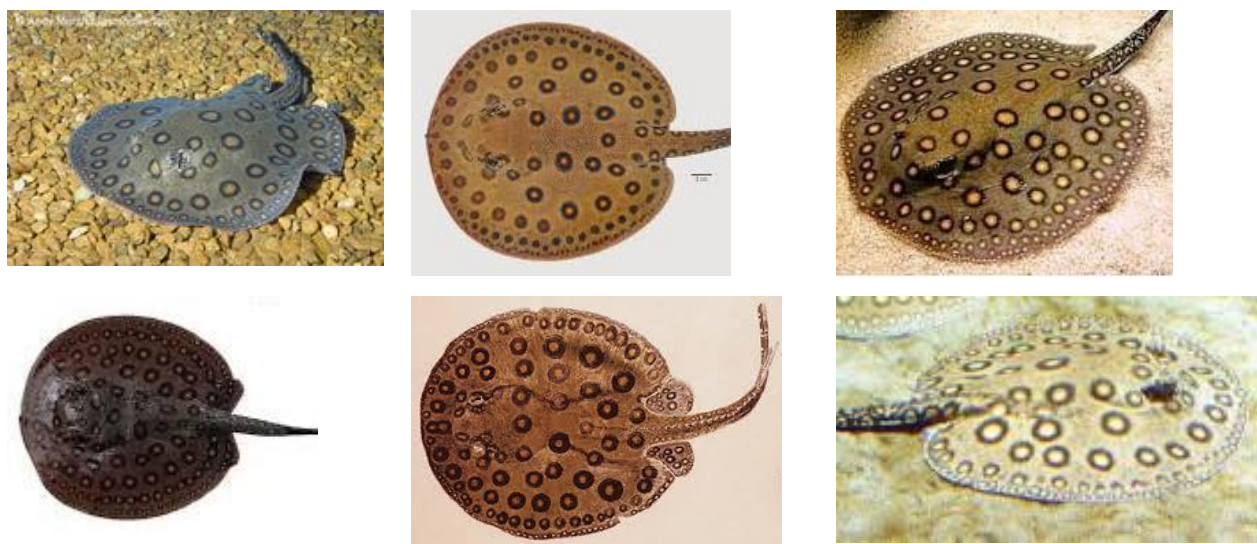


Рис. 1.5. Ілюстративне зображення внутрішньовидової варіативності забарвлення (*Potamotrygon motoro*) [2, 3, 5, 7, 11, 12, 13].

Важливо зауважити, що розмір цих елементів часто перевищує діаметр очей самої риби, а їх рівномірний розподіл по спинній частині дозволяє легко ідентифікувати справжнього (*Potamotrygon motoro*) від вже згаданих нещодавно відкритих таксономічних видів, що раніше помилково відносили до річкових кільчастих скатів. Для прикладу, у споріднених видів, таких як (*Potamotrygon amandae*) чи (*Potamotrygon pantanensis*), подібні плями зазвичай значно дрібніші, позбавлені третього кольору або мають специфічну витягнуту форму, що нагадує дрібні смужки чи ниточки [5].

Окрім візерунка на спині, суттєві відмінності спостерігаються і в забарвленні нижньої частини тіла, яка відіграє важливу роль у виживанні виду. Центральна частина черева у досліджуваного ската має характерний білий або кремовий колір, який ближче до країв диска поступово переходить у сіре обрамлення, що Така пігментація підпорядковується принципу маскування, який робить рибу малопомітною для потенційних хижаків з різних ракурсів [5]. Коли скат знаходиться на дні, плямиста спина дозволяє йому повністю злитися з субстратом, а світле черево візуально розчиняє силует риби на фоні світлого неба для тих, хто дивиться на неї з глибини. У порівнянні з ним, черевна сторона спорідненого виду (*Potamotrygon amandae*) є переважно сірою і не має такого

вираженого світлого центру, що також є надійною ознакою для розмежування цих таксонів у межах їхніх ареалів [5].

1.6. Біохімічна специфікація отруйного апарату річкового кільчастого ската (*Potamotrygon motoro*)

Механізми захисту річкового кільцевого ската є результатом тривалої унікальної еволюційної адаптації до існування у специфічній екологічній ніші прісноводних південноамериканських екосистем. Через що анатомічна будова та функціональні особливості захисної системи цієї риби, представляють значний науковий інтерес, в тому числі й у контексті його утримання в штучних умовах, через потенційну небезпеку для людини при обслуговуванні акваріумної системи з цим мешканцем. Захисний потенціал цього виду базується на складному поєднанні механічних та хімічних засобів, які убезпечують рибу від сутички з хижаками, та складаються з активного елемента захисту у вигляді отруйного апарату та пасивних засобів механічного захисту.

Шкірні покриви ската вкриті жорсткими дермальними дентикулами – особливою лускою, що має зіркоподібну форму, які відіграють роль пасивного захисту тіла ската [5]. Ці мікроскопічні утворення найбільш щільно зосереджені у центральній (медіальній) зоні спини, створюючи надійний панцир. На відміну від споріднених видів (*Potamotrygon pantanensis*) та (*Potamotrygon amandae*), які зазвичай мають подвійні або навіть потрійні ряди дрібних шипів, для справжнього (*Potamotrygon motoro*) характерним є наявність лише одного вертикального ряду великих та гострих колючок, розташованих на спинній стороні хвоста (рис. 1.6) [5].

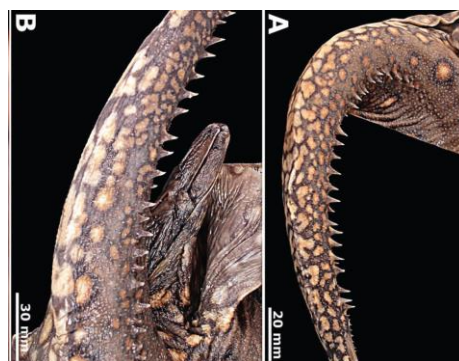


Рис. 1.6. (А) - Вигляд хвоста (*Potamotrygon pantanensis*) зі спини, що показує весь спинний ряд збільшених загострених колючок; (А,В) - дорсальний вигляд хвоста (*Potamotrygon motoro*), що показує весь дорсальний ряд загострених колючок. [5].

Якщо ж детальніше розглянути саме центральний елемент захисної системи річкового кільцевого ската – його “отруйний хвостовий шип”, який у біологічній літературі часто називають жалом, то з точки зору морфології, жало ската не є кісткою у звичному розумінні, а являє собою складне утворення з дентину. [14] Еволюційно цей шип розвинувся як похідна форма плакоїдної луски, що характерна для всіх хрящових риб, проте у родини річкових скатів він досяг максимальної спеціалізації як знаряддя оборони [5, 15]. Сам стрижень жала має злегка вигнуту форму, що повторює лінію хвоста, і є надзвичайно стійким до механічних навантажень [15].

Найбільш характерною особливістю цього шипа є наявність гострих зазубрин, розташованих по обох бічних краях. Ці зубці спрямовані в бік основи хвоста (рис. 1.7) [14, 15]. Така анатомічна особливість має подвійний функціонал. По-перше, вона дозволяє жалу легко входити в тіло ворога при різкому ударі хвостом, а по-друге – робить процес вилучення шипа надзвичайно травматичним. Під час виходу жала, зазубрини буквально розривають м'які тканини, пошкоджуючи дрібні капіляри та нервові закінчення, що значно посилює больовий ефект від самого механічного пошкодження [14].



Рис. 1.7. Ілюстративне зображення скинутих шипів (*Potamotrygon motoro*) [15].

Проте основна небезпека для людини або іншої тварини полягає не лише в механічній травмі, а в наявності отруйного секрету. В стані спокою жало повністю вкрите тонким шаром шкіри, який професійною мовою називається епітеліальним футляром або чохлам. Саме всередині цієї м'якої оболонки знаходяться особливі клітини, які виробляють отруту [14]. Важливо розуміти, що у скатів немає окремих “мішечків” з отрутою, як от у змій. Токсичні речовини накопичуються безпосередньо в тканинах цього футляра. Коли скат завдає уколу своїм жалом, футляр розривається від тертя об тканини жертви, і отрута миттєво потрапляє у свіжу рану разом із шипом [14]. Водночас дрібніші колбочки, розташовані вздовж хвоста та навколо основи самого жала, не мають токсичних властивостей і виконують виключно абразивну функцію, оберігаючи хвостове стебло від механічних пошкоджень під час контакту з камінням чи іншими об'єктами на дні річки [5].

Згідно з висновками експериментальних спостережень за реакцією мишиного організму на токсини річкового кільцевого скату, вплив отрути проявляється майже миттєво і має комплексний характер. У місці уколу моментально починає формуватися сильний набряк, який стає візуально помітним уже через 15 хвилин після контакту з отрутою [16]. Цей процес дуже швидко прогресує, досягаючи свого максимального прояву всього за пів години, проте його наслідки залишаються стабільними протягом тривалого часу – аж до 2 діб. [16].

Слід також враховувати ризик виникнення зон некрозу навколо місця уколу та високу ймовірність приєднання вторинних бактеріальних інфекцій, оскільки слизовий шар жала часто слугує середовищем для патогенної мікрофлори [14]. Це означає, що поранення несе в собі загрозу не лише від токсинів, але й від важких інфекцій, які можуть спричинити тривале загоєння рани або навіть некроз.

Таким чином, морфологічна досконалість отруйного апарату в поєднанні з багатокомпонентним хімічним складом секрету робить річкового кільцевого

хвостокола об'єктом, що потребує особливої обережності при маніпуляціях із ним у замкнених штучних екосистемах.

1.7. Алгоритм терапевтичних та превентивних заходів при ураженні отруйним апаратом (*Potamotrygon motoro*)

Морфологічна структура жалоночного апарату прісноводного кільцевого ската хвостокола представлена спеціалізованим голкоподібним шипом із гачкоподібними зазубринами. І оскільки Скат не має можливості рухати безпосередньо шипом, для реалізації захисної функції вона застосовує хвостовий відділ тіла, виконуючи ним експресивні хлистоподібні удари в бік потенційної загрози [23]. Як вже зазначалося, після проникнення жала хвостокола у м'язові тканини, до людського організму потрапляє і його отрута. Клінічна картина при вжаленні характеризується появою локального виснажливого болю та набряку у місці уколу та місцевим некрозом тканин, а також низкою системних вегетативних розладів, серед яких найчастіше фіксуються головний біль, нудота та загальні порушення роботи шлунково-кишкового тракту (рис. 1.14) [23].



Рис. 1.14. Наслідки уколу ската [30].

У випадках тяжкої інтоксикації у потерпілого може спостерігатися критичне погіршення загального соматичного стану, що супроводжується ризиком втрати свідомості [29].

У разі вжалення людини у природному середовищі існування цих скатів, першочерговим завданням є негайна ізоляція пацієнта від зони небезпеки та його

термінова евакуація з водного середовища. Далі потерпілого необхідно стабілізувати у напівсидячому положенні, забезпечивши йому стан максимального фізичного та психоемоційного спокою, а уражену ділянку тіла зафіксувати у нерухомому стані для запобігання поширенню токсинів [29]. З огляду на специфіку дії отрути, звернення за професійною медичною допомогою є обов'язковим етапом, незалежно від первинної візуальної оцінки ступеня пошкоджень [23].

Слід констатувати, що на сучасному етапі розвитку медицини специфічного антидоту (сироватки) проти токсинів родини (*Potamotrygonidae*) не розроблено, тому терапевтичний протокол базується на комплексному застосуванні анальгетиків, протизапальних препаратів та превентивній антибіотико-терапії [31]. Результати клінічних досліджень вказують на те, що навіть експериментальне введення антитоксичних сироваток виявляється малоефективним щодо локальних токсичних проявів – набряків та некрозу м'язових тканин у зоні ураження, що пояснюється швидкою фіксацією токсинів у тканинах безпосередньо після контакту [31].

Отже наразі не існує методів превентивної імунізації (вакцинації) проти отрути скатів, а системні ускладнення можна попередити лише шляхом вчасної фізичної обробки рани. Долікарська допомога у перші хвилини після контакту базується на явищі термолабільності – властивості білкових токсинів розпадатися під дією високих температур. Алгоритм дій передбачає ретельне очищення раневого каналу та прогрівання ураженої ділянки тіла шляхом її занурення у воду з температурою приблизно 45 °C [29]. Температурний режим має бути максимально високим, на межі витривалості потерпілого, оскільки саме це забезпечує денатурацію токсичних протеїнів і знижує їхню активність [23]. Водночас необхідно суворо контролювати процес, щоб уникнути нанесення термічних опіків, та пам'ятати, що при глибокому раневому каналі від шипа ефективність зовнішнього прогрівання суттєво нівелюється [29].

З метою створити безпечне середовище при акваріумному утриманні (*Potamotrygon motoro*) фахівцям слід дотримуватися чітко визначених

регламентів. Незважаючи на потенційну небезпеку, ці гідробіонти не демонструють неспровокованої агресії, використовуючи свій жалючий апарат виключно як інструмент активної оборони [23]. Ба більше, зафіксовано численні випадки когнітивної адаптації скатів до власника, коли риби навчаються ідентифікувати людину, що доглядає за ними, та з часом починають активно випрошувати корм та дозволяти торкатися себе руками, проте в процесі здійснення технічного обслуговування акваріумної системи або при годуванні з рук використання щільних захисних рукавичок є критично необхідним заходом безпеки, що дозволяє запобігти випадковим уколам [2, 23]. У професійній практиці акваріумістики використання сачків для маніпуляцій зі скатами вважається неприпустимим через майже 100% вірогідність застрягання шипів ската у вічках сачка. Натомість для транспортування цих риб слід застосовувати лише спеціалізовані жорсткі контейнери або щільні полімерні ємності [23]. Окремим пунктом безпеки є моніторинг природної зміни шипів, яка відбувається з періодичністю раз на пів року – важливо пам'ятати, що навіть після відпадання шип зберігає свою токсичність протягом певного часу, тому чищення субстрату та інші маніпуляції в акваріумі вимагають підвищеної пильності [23].

1.8. Статевий диморфізм (*Potamotrygon motoro*)

Особливу наукову цікавість при вивченні загальних морфологічних характеристик річкового кільцевого хвостокла викликає питання його статевого диморфізму, який проявляється у дорослих особин через значні відмінності в забарвленні, структурі тіла та анатомії зубної системи. Варто зауважити, що на ранніх етапах розвитку, у молодих та незрілих екземплярів, подібна диференціація практично відсутня. У цей період життя зуби молодих скатів мають однорідну молярну форму, а вторинні статеві ознаки залишаються непомітними, що робить візуальне визначення статі без спеціальних досліджень досить складним завданням [17]. Однак із настанням статевої зрілості ситуація

докорінно змінюється, і морфологія зубів стає одним із найяскравіших маркерів приналежності до певної статі.

Зубна система дорослих скатів вирізняється складною будовою: зуби розташовані на щелепах у шаховому порядку, причому їхня форма та розмір варіюють залежно від локалізації в ротовій порожнині. На верхній щелепі чітко виділяються три топографічні зони – центральна, проміжна та задня [17]. У самок ці зони окреслені особливо виразно. Їхні центральні зуби мають ромбічну форму, у середній частині щелепи трансформуються у шестикутні, а в задніх рядах знов набувають ромбічних обрисів [17]. Натомість у самців центральні коронки зубів ланцетоподібні, з добре вираженим вістрям; у проміжній зоні вони також зазнають змін, стаючи шестикутними, а в задній – повертаються до ромбічної форми [17].

Нижня щелепа також має відмінності притаманні для певної статі. У самок вона вкрита більш однорідними зубами, тоді як у самців центральна ділянка характеризується наявністю зубів із загостреними верхівками. Кількісний аналіз показує, що загальна кількість зубів на верхній щелепі у самиць приблизно на 11,5% перевищує цей показник у самців [17]. Призначення такої особливості поки що залишається предметом дискусій, однак аналогічне явище зафіксовано і в інших представників родини річкових хвостоків [17]. Крім одонтологічних характеристик, статистично значущі відмінності виявлено у вагових і розмірних параметрах. Самиці в середньому масивніші за самців. Вони переважають їх за загальною вагою, розмірами диска, тазової області та щелеп [17]. Вищі показники у самиць спостерігаються також і за масою внутрішніх органів, зокрема печінки. Водночас самці мають більшу довжину голови (приблизно на 10%) та довший хвіст (близько на 6,5%) порівняно з особинами жіночої статі [17].

Додаткової уваги заслуговує будова черевних плавців. Їхня ширина у самиць помітно більша, що, ймовірно, має адаптивне значення в репродуктивному процесі [17]. Можна припустити, що така конфігурація забезпечує кращу стабільність тіла самиці під час парування. Крім того,

збільшена поверхня плавців виконує роль гідродинамічного компенсатора, дозволяючи самицям зберігати маневреність попри більші габарити диска [18]. У самців частина черевних плавців модифікована в птеригоподії – спеціалізовані копулятивні органи, в той час як у самиць ці структури залишаються сплюсненими та широкими, виконуючи опорну функцію, що є типовим для більшості видів родини (*Potamotrygonidae*) (рис. 1.8) [19].

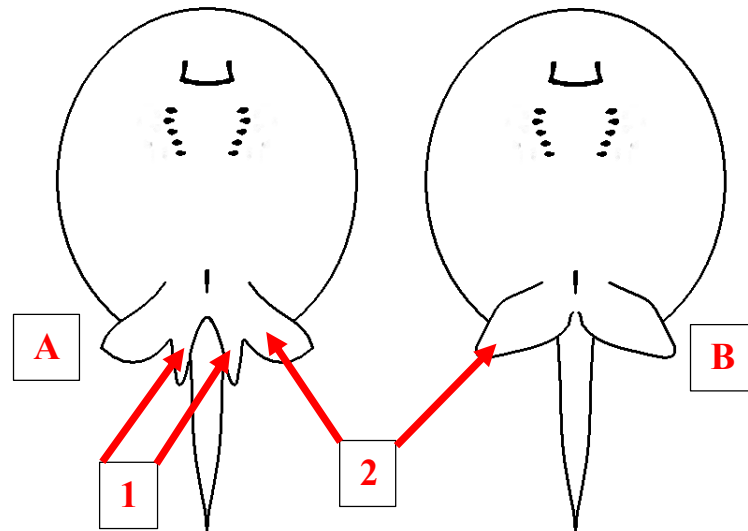


Рис. 1.8. Ілюстративне зображення у черевних плавцях самки та самця (*Potamotrygon motoro*), де А – самець, В – самка, 1 – класпери, 2 – черевні плавці [20].

1.9. Репродуктивна стратегія (*Potamotrygon motoro*)

Біологія розмноження прісноводних скатів виду (*Potamotrygon motoro*) ґрунтується на принципах матротрофного живородіння [21, 22]. Для всіх представників родини (*Potamotrygonidae*), вивчених на даний момент, характерним є розвиток ембріонів із використанням трофоном – спеціалізованих ворсинчастих виростів на внутрішній стінці матки хрящевих риб, які виділяють поживну рідину для вигодовування ембріонів під час вагітності (рис. 1.9) [21]. На початкових етапах онтогенезу зародки отримують ресурси з власних запасів жовтка, після чого переходять на споживання гістотрофа – специфічного

поживного секрету, також відомого як “маточне молоко”, яке виділяється вищезгаданими трофенемами [23, 24].

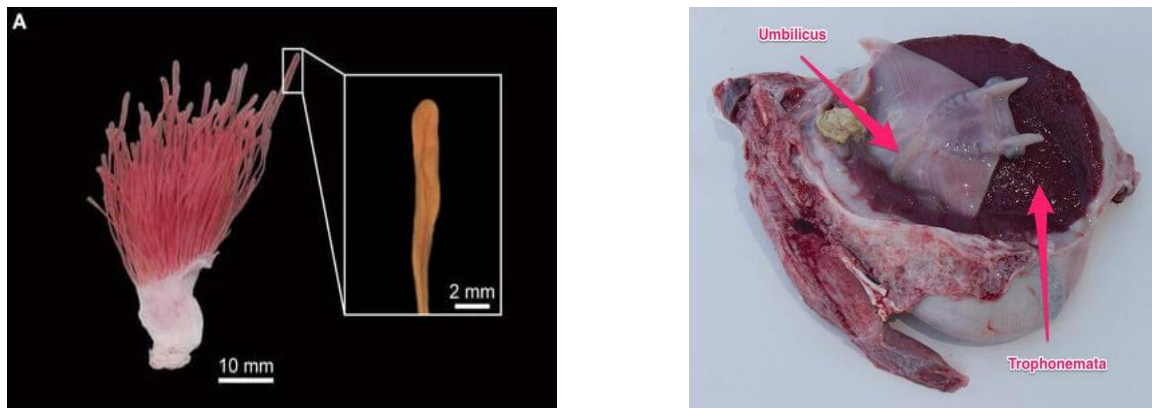


Рис. 1.9. Ілюстративне зображення механізму внутрішньоутробного виношення плоду ската, де А – частинка трофенеми, В – розріз утроби ската разом із приплодом стака [25, 26].

У науковій літературі такий тип відтворення також класифікують як аплацентарну живородність, за якого повноцінно сформована молодь з’являється на світ після завершення внутрішньоутробного розвитку [2, 21].

Анатомія репродуктивної системи цього виду відзначається вираженою асиметрією: функціональну активність зазвичай зберігає лише лівий яєчник самиці [4, 22]. Водночас обидва відділи матки є повноцінно функціональними та здатними до одночасного виношування плодів [21, 22]. Статеву приналежність особин до чоловічої статі легко встановити за допомогою вищезгаданих класперів на черевних плавцях, які притаманні виключно для особин чоловічої статі, та візуалізуються вже на ранніх етапах розвитку риби [24]. Динаміка росту птеригоподіїв відносно загальної довжини тіла (від 5% у ювенільних особин і від 20% у статевозрілих) слугує надійним біомаркером біологічної зрілості самця [4].

1.10. Вікові та розмірні показники дозрівання (*Potamotrygon motoro*)

Показники настання статевої зрілості варіюються в залежності від конкретного дослідження: згідно з сучасними даними, ширина диска зрілих

особин становить близько 390 мм. у самців та 440 мм. у самиць [4]. Проте зафіксовані випадки репродуктивної готовності і при менших габаритах: 200-250 мм. для самців та 240-320 мм. для самиць [22]. Як правило, самиці досягають біологічної зрілості при більших лінійних розмірах порівняно з самцями. У природному середовищі термін дозрівання складає від 20 місяців до 4 років [2, 21]. В експозиційних акваріумах цей процес може суттєво сповільнюватися, а перші випадки успішного нересту зафіксовані лише у віці 7,5 років [4, 21].

1.11. Вплив екологічних факторів на репродуктивний цикл (*Potamotrygon motoro*)

Репродуктивна періодичність річкового кільцевого хвостокла в природі детермінована гідрологічним режимом водойм, а не фотоперіодом чи температурою. Процес спарювання зазвичай синхронізований із посушливим періодом, що відповідає низькому рівню води.

Тривалість дозрівання плоду в природних популяціях становить приблизно 6 місяців, а поява потомства збігається з початком сезону дощів, що забезпечує оптимальну кормову базу та умови для виживання молоді [4, 22]. Природний цикл може передбачати активне розмноження протягом трьох років з подальшою тривалою репродуктивною паузою [4]. В умовах же стабільного акваріумного середовища, за умови успішної імітації сезону дощів шляхом частої підміни води, незначного зниження її температури та мінералізації, процес відтворення може відбуватися протягом усього року, а термін виношування може скорочуватися до 9-12 тижнів [22, 23, 24].

1.12. Етологія шлюбної поведінки та запліднення (*Potamotrygon motoro*)

Залицання у даного виду зазвичай відбувається у темну пору доби, та характеризується високим рівнем агресії. Шлюбна поведінка супроводжується активним переслідуванням та фіксацією щелеп самця на дискових плавцях або задній частині тіла самиці (рис. 1.10) [4].

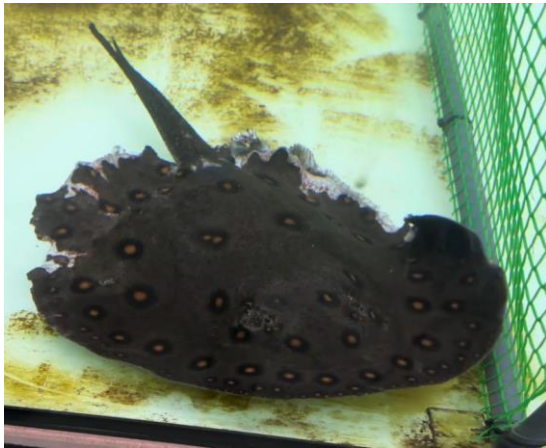


Рис. 1.10. Наслідки агресивної статтевої поведінки самця (*Potamotrygon motoro*) [22].

Варто зауважити, що через обмежені можливості візуальної ідентифікації партнерш самці, ймовірно, орієнтуються на феромони, що виділяються через клоаку [22]. Під час акту запліднення пара розташовується черевними сторонами один до одного, після чого самець інтродукує один із птеригоподіїв у клоаку самиці (рис. 1.11) [2, 24].



Рис. 1.11. Процес парування річкових кільцевих хвостокілів (*Potamotrygon motoro*) [27].

Тривалість самого акту є мінімальною і складає декілька секунд. Після завершення успішного запліднення агресія самця зазвичай припиняється [23]. Під час та після статтевого акту у самиць спостерігається гіперемія та набряк

клоаки, що полегшує введення класпера, а на краях диска нерідко лишаються сліди від укусів самця [4].

1.13. Плодючість та особливості виношування (*Potamotrygon motoro*)

Кількість мальків у посліді коливається в межах 1-8 особин хоча існують відомості про виводки чисельністю від 3 до 21 особини, що зазвичай пов'язують їх прямою кореляцію між розміром самиці та кількістю її нащадків [2, 21]. На фінальних етапах вагітності рухи плодів у череві самиці можна візуально помітити у вигляді рухливих випуклостей на нижній частині диска матері (рис. 1.12) [2, 23].



Рис. 1.12. Самиця (*Potamotrygon motoro*) на останніх стадіях гестації [28].

Важливо враховувати високу стрес-реактивність вагітних самиць: будь-які різкі зміни умов або фізичні маніпуляції здатні спровокувати патологічне переривання вагітності [22].

Для успішного формування племінної групи найбільш оптимальним методом вважається спільне вирощування декількох молодих особин в 1-му акваріумі, що дозволяє їм самостійно обирати партнерів, а також, при контрольованому паруванні рекомендується підбирати дорослих самиць, які за лінійними розмірами переважатимуть самців для мінімізації ризику травматизму під час шлюбної агресії [23, 24]. Протягом періоду гестації спостерігається стрімке зростання апетиту самиці, що зумовлює необхідність забезпечення її

посиленим та високоякісним трофічним раціоном [23]. Безпосередньо процес пологів супроводжується виділенням значного об'єму репродуктивних рідин, які викликають помутніння середовища, тому після завершення народження мальків необхідно провести масивну заміну води в акваріумі (рис. 1.13) [2].



Рис. 1.13. Процес народження приплоду (*Potamotrygon motoro*) [27].

Постембріональний розвиток новонароджених особин починається при досягненні ширини диска в межах 8-12 см, залежно від розміру самки; при цьому, оскільки внутрішньоутробне живлення було матротрофним, новонароджені скати з'являються на світ із повністю редукованим жовтковим міхуром і вже через кілька годин або діб здатні до активного екзогенного живлення [4, 23]. Активний перехід молодняка на зовнішні корми зазвичай розпочинається на 2-3 добу після появи на світ, одразу після короткого періоду адаптації до умов навколишнього середовища [2].

При штучному розведенні цих риб важливо враховувати аспекти менеджменту репродуктивного здоров'я, оскільки безперервні цикли розмноження призводять до фізіологічного виснаження самиць та суттєвого скорочення тривалості їхнього життя. З огляду на це, рекомендується забезпечувати самицям періоди репродуктивного спокою та відпочинку від самців після кожних 2-3 успішних приплодів [23, 24].

1.14. Особливості раціону річкового кільцевого скату (*Potamotrygon motoro*) у природному середовищі

Дослідження особливостей життєдіяльності та трофічних зв'язків річкового кільцевого ската (*Potamotrygon motoro*) у природному середовищі існування є надзвичайно важливим етапом для подальшої розробки та впровадження ефективних технологій його культивування у штучних умовах аквакультури. Науковий аналіз, проведений на базі вивчення популяції острова Маражо в Бразилії, демонструє, що даний вид характеризується надзвичайною екологічною пластичністю та здатністю адаптуватися до різноманітних кормових ресурсів, що безпосередньо впливає на його виживання та широке географічне розповсюдження [32].

Харчовий раціон (*Potamotrygon motoro*) є дуже розгалуженим і охоплює близько 15 основних таксономічних рядів здобичі, що дозволяє класифікувати його як активного хижака-бентофага, з широким спектром уподобань [32]. Згідно з результатами досліджень, у природних умовах, фундаментальну основу його живлення складають представники десятиногих ракоподібних (*Decapoda*). Важливу частку в енергетичному балансі виду також займають кісткові риби, зокрема представники ряду сомоподібних (*Siluriformes*), і разом з ними молюски та різноманітні водяні комахи [32].

Цікавим аспектом є просторова варіативність дієти, яка безпосередньо залежить від конкретної локації проживання скатів. Наприклад, у проточних річкових руслах Афуа тварини надають абсолютну перевагу ракоподібним, тоді як в умовах великих озерних систем, як-от озеро Апарі, їхній раціон зміщується в бік рибоїдства [32]. В окремих районах, де екосистема сприяє розмноженню м'якунів, скати можуть демонструвати виражену спеціалізацію на споживанні молюсків [32]. Така виражена трофічна гнучкість свідчить про те, що при створенні штучних умов утримання необхідно забезпечувати максимально різноманітну кормову базу, яка б враховувала ці природні нахили.

Окремо варто зазначити вікову відмінність раціону цих риб, оскільки потреби молодих та дорослих особин цього виду суттєво різняться. Встановлено,

що молодь частіше спеціалізується на поїданні ракоподібних та дрібних безхребетних, що, ймовірно, пов'язано з розміром їхнього ротового апарату та енергетичними витратами на ріст, натомість статевозрілі особини з віком все частіше переходять до споживання риби, що забезпечує необхідний обсяг нутрієнтів для репродуктивної функції [32].

Процес травлення у цих хрящових риб відбувається досить інтенсивно, і в більшості випадків шлунки виловлених особин містили вже значно перетравлену масу, що вказує на ефективний метаболізм. Примітно, що рівень наповнення шлунків у природі зазвичай не є максимальним, що може свідчити про стратегію частого, але дрібнопорційного споживання їжі [32]. Цей факт є ключовим для розробки режиму годування в умовах басейнів або акваріумів.

У підсумку, успіх штучного відтворення та вирощування (*Potamotrygon motoro*) прямо залежить від інтеграції вищеописаних природних даних у процес виготовлення та заготівлі корму, а також створення відповідних раціонів. Це дає можливість розробляти комбіновані раціони, які б імітували природну різноманітність, поєднуючи білкові компоненти рибного походження з хітиновмісними добавками та специфічними нутрієнтами з комах та молюсків. Такий підхід до годування риби у штучних умовах дозволить не лише забезпечити оптимальний її ріст в умовах замкненої акваріумної системи, а й підтримувати їхні природні імунні функції та репродуктивний потенціал.

1.15. Особливості харчування річкового кільцевого скату (*Potamotrygon motoro*) в умовах штучної аквакультури

Як вже зазначалося, одним із фундаментальних аспектів успішної експлуатації штучних екосистем із прісноводними скатами моторо є розробка збалансованого та різноманітного раціону. Для підтримки оптимального фізіологічного стану риби необхідно забезпечити максимальну варіативність натуральних компонентів, що імітують природну кормову базу.

У природних локаціях проживання ці представники хрящових риб демонструють тактику активних донних хижаків. Основу їхнього живлення

складають різноманітні бентосні мешканці: від дрібних ракоподібних та молюсків до червів та дрібної риби. При утриманні в неволі вкрай важливо відтворити подібну харчову різноманітність, оскільки ці гідробіонти зазвичай ігнорують комбіновані сухі суміші, хоча в окремих джерелах зазначається, що деякі особини можуть періодично споживати пресовані тонучі корми для донних сомів, пріоритет слід надавати живому та замороженому корму [2, 3].

Варто також відмітити, що харчові потреби скатів дещо змінюються в процесі їхнього розвитку, що вимагає чіткої корекції складу корму залежно від віку особини. Для молодих особин, до одного року, оптимальним вибором є дрібні безхребетні, серед яких найкраще зарекомендували себе живі або заморожені личинки комах (зокрема мотиль), а також такі кормові культури, як артемія, криль або трубочник [3, 11]. Для годівлі дорослих особин необхідно переходити на масивнішу здобич. Сюди належать цілі моллюски, очищені тушки великих креветок, фрагменти кальмарів та філе свіжої риби. Також раціон можна ефективно урізноманітнювати звичайними дощовими червами [3, 11].

Особливу увагу слід приділяти режиму годування, що зумовлено надзвичайно високим рівнем метаболізму цих тварин. Дорослих особин рекомендується годувати один раз на день, проте за необхідності допускається режим харчування у 2 рази на добу [11]. Для молодняку віком до одного року графік є більш інтенсивним і передбачає обов'язкову видачу корму двічі на день [11]. Варто зауважити, що при утриманні дорослих особин річкового кільцевого ската, як і для більшості акваріумних риб, діє універсальне правило “краще недогодувати, ніж перегодувати” [38]. Однак, для даного виду, довготривале недоїдання може мати критичні наслідки для організму. Особливу увагу годівлі цієї риби варто приділити одразу після її перевезення – одразу після моменту коли скат лишався без харчів протягом усього періоду транспортування. У цей період якнайшвидше відновлена годівля зменшить ризики на загибель новоприбулої особини [2, 11].

При формуванні дієти існують суворі застереження щодо використання м'яса теплокровних тварин, наприклад, яловичого серця або курятини [11].

Еволюційно травна система риб не пристосована до розщеплення складних ліпідів наземних ссавців, через що, систематичне згодовування цього м'яза може призвести до патологічного ожиріння та незворотної дегенерації внутрішніх органів ската. Крім того існують певні застереження щодо згодовування прісноводним скатам живої риби, як-от молоді коропових та дрібних живородних рибок, що традиційно вважаються “кормовими” видами [11]. Необачне згодування такого живого корму не несе суттєвої користі, проте створює високі ризики інфікування акваріума патогенними мікроорганізмами або паразитами. При годуванні ската комахами рекомендується видаляти гострі хітинові елементи їх панциря, що можуть пошкодити стравохід ската: ніжки, жвала, надкрила. Також, категорично забороняється згодовувати скату живий корм що був власноруч знайдений у дикій природі, а не придбаний у спеціалізованому розвіднику, все через той же ризик занесення до акваріума хвороб та паразитів [38].

Після годівлі, в обов'язковому порядку необхідно перевірити наявність на дні акваріума недоїдків, після чого видалити їх, для попередження підвищення рівня аміаку у воді, до вмісту якого ці риби є досить чутливими [39].

1.16. Формування водного середовища та основних гідро-хімічних параметрів

Процес створення оптимальної екосистеми в умовах штучного резервуара є фундаментальним аспектом, який безпосередньо впливає на фізіологічний стан та загальне благополуччя гідробіонтів. Успішне культивування хрящових риб, зокрема й прісноводних скатів, у замкнених системах вимагає не лише технічної підготовки, а й глибокого розуміння мікробіологічних процесів, що відбуваються на етапі становлення біологічної рівноваги. Під час підготовки життєвого простору для таких специфічних мешканців, як річкові кільцеві скати, особливу увагу слід приділяти етапу первинного запуску водної системи. Коли акваріум вперше наповнюється водою, у ньому ініціюється складний природний механізм, відомий як біологічний або азотний цикл [33]. Цей процес є життєво

необхідним для трансформації токсичних продуктів метаболізму у відносно безпечні сполуки, що забезпечує хімічну стабільність середовища. Дана трансформація зазвичай охоплює часовий проміжок тривалістю близько трьох тижнів, протягом якого відбувається активне формування колоній корисних мікроорганізмів, які відповідають за переробку продуктів життєдіяльності майбутніх мешканців [33, 34]. Нітрифікуючі бактерії заселяють пористі поверхні фільтруючих матеріалів та субстрату, створюючи надійний біологічний бар'єр [34]. Через складність цього процесу, після наповнення акваріума водою рекомендується здійснювати регулярний моніторинг водних показників кожні 48 годин. Таке спостереження має тривати до того моменту, поки концентрація нітритів не стабілізується на нульовій позначці протягом декількох діб поспіль, після чого у вже сталу акваріумну екосистему рекомендується запускати основних мешканців [33]. З метою інтенсифікації цього процесу та мінімізації часу очікування стабілізації біохімічних показників води доцільно застосовувати спеціалізовані бактеріальні активатори та акваріумні кондиціонери. Завдяки високому вмісту живих бактеріальних культур, такі засоби сприяють оперативному встановленню азотистого балансу, що дозволяє проводити заселення акваріума мешканцями у значно коротші терміни. Використання стартових препаратів нівелює ризики так званого “синдрому нового акваріума”, який часто стає причиною загибелі чутливих видів риб у перші дні після посадки [35].

Також серйозну загрозу для організму річкового кільцевого ската можуть становити такі хімічні речовини, як хлор та хлорамін, які традиційно використовуються для дезінфекції водопровідної води [5]. У зв'язку з цим рекомендується додавати спеціальні антихлорні засоби під час кожного часткового оновлення води або ж, щонайменше, відстоювати водопровідну воду протягом декількох діб перед тим, як заливати її до акваріума. Окрему увагу слід приділяти тому факту, що деякі загальнодоступні медикаменти або засоби обробки для акваріумістики можуть містити небезпечні концентрації важких металів, що є неприпустимим при роботі з хрящовими рибами [23]. Враховуючи

відсутність кісткової луски, шкірні покриви скатів мають високу проникність, що робить їх надзвичайно вразливими до будь-яких агресивних хімічних домішок у воді [5, 23].

Після моменту заселення скатів до завчасно підготовленого акваріума критично важливою стає підтримка стабільності основних біохімічних параметрів води, що є запорукою довгострокового виживання цих риб. Використання сучасних тестів дає змогу з високою точністю визначати рівень кислотності (pH), загальну жорсткість (dH), а також відстежувати потенційно токсичні сполуки, такі як аміак (NH_3), нітрити (NO_2) та нітрати (NO_3). Для реалізації цієї процедури можна застосовувати як сучасні технологічні індикаторні системи, що забезпечують можливість діагностики води в режимі реального часу з передачею показників до смартфона, так і більш класичні методики у форматі індикаторних смужок або реагентів у краплях.

1.17. Гідрохімічний режим та системи життєзабезпечення

Не менш важливе значення для збереження життєдіяльності організму річкового кільцевого ската мають і гідрохімічні показники водного середовища. Оптимальний температурний діапазон становить $+24$ - $+30$ °C, стабільність якого є критичною, оскільки різкі коливання температури можуть спровокувати пригнічення роботи імунної системи та порушення метаболічних процесів у хрящових риб [29]. Загалом, підтримка стабільного температурного режиму в зазначених межах відповідатиме його природним умовам існування в басейні р. Амазонка. При плануванні розміщення нагрівального обладнання доцільно передбачити його знаходження поза межами основного резервуара, наприклад, інтегрувавши його до фільтраційної системи, що дозволить практично повністю нівелювати ризики механічного травмування ската або пошкодження апаратури внаслідок активності риб [23]. За неможливості винесення електро-нагрівачів у технічну зону, обов'язковим є використання захисних кожухів для запобігання термічним опікам епітелію, оскільки скати часто шукають тепло і можуть безпосередньо контактувати з гарячими поверхнями. [2, 23].

Активна реакція води (рН) повинна утримуватися на рівні 5.0-6.0, за загальної твердості (dH) в межах 2-10 одиниць, середнім або низьким рівнем течії, та помірним режимом освітлення низької яскравості, на рівні 12-ти годинного світлового дня [13, 23]. Оскільки в дикій природі дані риби надають перевагу кислим водам, ідеальним рішенням для збалансування параметрів в акваріумі буде інтеграція фільтраційних систем на основі торфу [29]. Також значного покращення якості життя можна досягти шляхом внесення в резервуар натуральних компонентів, таких як листя, що розкладається, або плоди вільхи [29]. Ці компоненти виділяють гумінові кислоти та таніни, які не лише природним шляхом знижують рівень рН, а й мають антисептичні властивості, що позитивно впливає на загальний стан організму ската. Крім того, такі добавки візуально наближають донний інтер'єр акваріума до природного біотопу.

Через значне біологічне навантаження, яке створюють великі хрящові риби, система фільтрації має бути високопродуктивною та багатофункціональною. У даному випадку виправданим стає використання комбінованих методів очищення: декількох потужних зовнішніх фільтрів із біологічною та механічною системою або систем із відстійником (сампом) [2, 23]. Швидкість рециркуляції води має забезпечувати щонайменше чотирикратний повний обмін об'єму за годину, з підтримкою помірної течії [29]. Така висока швидкість водообміну необхідна для оперативного видалення продуктів розпаду білків та насичення води киснем, що особливо важливо для активних видів з інтенсивним обміном речовин [23]. Часткова аерація водного середовища також може бути реалізована при належному використанні фільтраційних комплексів. У випадку розташування водозапуску на підвищенні від рівня води в акваріумі, насичення води киснем буде відбуватися шляхом примусового нагнітання повітря компресорами та через активне перемішування поверхневих шарів води та їх газообміну [2, 23].

Окрім того важливим елементом утримання цього виду є суворий контроль за накопиченням органічних відходів, оскільки гранично допустимий рівень нітратів не має перевищувати 50 мг/л [29]. Через що, регламент обслуговування

акваріума повинен передбачати регулярну щотижневу заміну води обсягом від 30% до 50%. [2]. Варто зазначити, що незважаючи на відносну толерантність виду до нітратів, стабільно низька концентрація азотистих сполук є необхідною умовою для запобігання “нітратному шоку” під час підмін та підтримки загального гомеостазу [23, 36]. Відтак, щомісячна заміна приблизно від 30% загального об'єму рідини є мінімально необхідною нормою для підтримки чистоти середовища

1.18. Параметри та облаштування культиваційних резервуарів

Процес підбору та проектування акваріума для річкового кільцевого ската вимагає особливого підходу, оскільки фізичні параметри резервуара безпосередньо корелюють із темпами росту, здоров'ям та етологічними потребами цього гідробіонта. Для молодих особин (*Potamotrygon motoro*) припустимим є тимчасове утримання в акваріумах об'ємом від 200 л [2]. Проте, враховуючи високу інтенсивність метаболізму та швидкий лінійний ріст даного виду, вже за короткий проміжок часу виникає критична необхідність переведення риб у ємності об'ємом від 500 л [2]. Для дорослих екземплярів, що досягли своєї фізіологічної зрілості, мінімально допустимими вважаються акваріуми об'ємом від 1000 л і більше [11]. Створення значного запасу водного простору для дорослих особин дозволить як забезпечити свободу руху, так й сформувати більш інертну біохімічну систему, яка буде стійкішою до різких коливань параметрів водного середовища, спричиненими біологічним навантаженням. Такий підхід до вибору акваріума зумовлений значними габаритами виду, адже діаметр диска дорослого ската може досягати 50 см. [3]. Оскільки будова тіла ската зумовлює його придонний спосіб життя, визначальним фактором є не глибина товщі води, а корисна площа горизонтальної площини дна акваріума, максимальне розширення якої є критично важливим для забезпечення вільного та комфортного переміщення цієї риби [2, 3]. Зокрема, рекомендованими параметрами для експозиційних або дослідницьких акваріумів є довжина від 240 см при ширині не менше 90 см [23].

При цьому глибина в межах 76-92 см. вважається достатньою для підтримки необхідних гідростатичних умов [23].

Важливим елементом безпеки є наявність герметичного покривного скла або кришки, оскільки під час харчової активності скати можуть частково виходити за межі водного дзеркала, що створює ризик їхнього травмування або вистрибування за борти акваріума [2].

1.19. Дизайн внутрішнього простору та безпека гідробіонтів

При декоруванні акваріума слід враховувати тендітність шкірних покривів (*Potamotrygon motoro*), а також його потребу у великому просторі у придонній частині акваріума. Через що, для декорування доцільно буде використати масивні гіллясті корчі із пологою зашліфованою основою та гладкі валуни без гострих країв, що дозволить уникнути механічних пошкоджень ніжних тканин риби [13, 2]. Вимоги до штучних декорацій є ідентичними. Варто зауважити, що використання натуральної деревини також сприятиме виділенню у воду дубильних речовин, що дещо знизять рівень кислотності води, та забарвлять її у буруватий відтінок, що в свою чергу наблизить інтер'єр акваріума до типового природного середовища басейну р. Амазонка [1]. Окрім того, через любов річкових кільцевих скатів до риття субстрату усі елементи інтер'єру мають бути надійно зафіксовані власною вагою або ж додатковими елементами кріплення, для запобігання перекидання скатом декорацій та ймовірного пошкодження скляного дна акваріума [2, 23].

Особливу увагу слід приділити вибору субстрату, оскільки скати проводять більшу частину часу на дні. Оптимальним вибором для утримання річкового кільцевого ската буде дрібнофракційний річковий пісок, який забезпечує можливість закопуватися рибі у донний ґрунт, що дозволить йому ховатися полювати та позбуватися від надлишкового слизу [13, 2]. У випадку якщо піщаний ґрунт починає потрапляти у фільтраційні установки, та забивати їх допускається заміна субстрату на інертний гравій фракцією близько 4 мм., який дозволить цим риbam зариватися у нього так само ефективно [37]. Грубий або

гострий гравій категорично не рекомендується, оскільки він може спричинити абразивні травми черевної частини диска, що в подальшому призводить до бактеріальних інфекцій. Варто зазначити, що попри відчуття певного дискомфорту, прісноводні скати можуть пристосуватися і до існування в акваріумах без шару донного субстрату [28]. Через вищезгадану любов річкових кільцевих скатів до риття субстрату, не рекомендується висаджувати у ґрунт будь які рослини, які з високою ймовірністю будуть вириті та, цілком можливо, з'їдені або погризані скатом з цікавості. Отже, застосування водної флори досить обмежене через специфіку поведінки цих гідробіонтів, і традиційне вкорінення рослин є недоцільним, натомість рекомендується використовувати плаваючі рослини або епіфітні види (анубіаси, папороті), що можна закріпити на великих елементах декору [2, 11]. Такий підхід дозволяє зберегти естетику акваріума та забезпечити додаткову біологічну фільтрацію без ризику пошкодження кореневої системи рослин самими скатами.

1.26. Висновки за оглядом літератури по (*Potamotrygon motoro*)

Проведений комплексний аналіз науково-теоретичних джерел та практичних аспектів біології кільцевого хвостокла (*Potamotrygon motoro*) дозволяє стверджувати, що цей вид є досить перспективним, проте водночас і найбільш вимогливих об'єктів сучасної прісноводної аквакультури. Узагальнення даних щодо природного ареалу виду в басейнах Амазонки, Парани та Оріноко підтверджує його високу екологічну пластичність, яка, втім, у штучних умовах повинна бути обмежена суворими гідрохімічними рамками. Фундаментальною умовою успішного акваріумного культивування є відтворення м'якого, слабокислого середовища з активною реакцією рН у межах 5.0-6.0 та стабільною температурою +24-+30 °С, оскільки будь-які різкі коливання цих параметрів чи накопичення азотистих сполук (понад 50 мг/л нітратів) призводять до пригнічення імунної системи та метаболічних розладів у хрящових риб.

Особливої уваги заслуговує морфо-фізіологічна специфіка виду: наявність складного зорового апарату, сенсорних систем бічної лінії та унікального механізму внутрішньоутробного живлення ембріонів через трофеніми диктує необхідність підтримання високої якості води та специфічного режиму годівлі плідників.

Теоретичний огляд біотехніки розмноження в неволі вказує на складність стимуляції репродуктивної функції, що вимагає не лише імітації сезонних коливань рівня води та параметрів провідності, а й ретельного формування пар з урахуванням індивідуальної сумісності плідників. Встановлено, що ключовим фактором успішного виживання приплоду є матротрофний тип живлення, який виснажує організм самиці, роблячи післяпологову реабілітацію та посилену вітамінізацію раціону критично важливими етапами репродуктивного циклу.

Окремим фундаментальним аспектом утримання прісноводних хвостоколів є створення багаторівневої системи безпеки, що зумовлено наявністю отруйного шипа на хвостовому стеблі ската. Науково обґрунтований підхід до експлуатації аквасистем передбачає не лише використання індивідуальних засобів захисту персоналу та спеціалізованих методів фіксації риб під час ветеринарних маніпуляцій, а й суворе дотримання електробезпеки при роботі з потужним обладнанням життєзабезпечення. Практика утримання цих скатів, вимагає просторих акваріумів з пріоритетом площі дна над об'ємом товщі води, а також створення стабільного середовища без зайвих стрес-факторів, для зменшення ризиків травмування вже самої риби.

Трофічний аналіз підтверджує, що раціон у неволі має максимально імітувати природне різноманіття, де основу складають десятиногі ракоподібні, молюски та дрібна риба. Науково обґрунтована стратегія годівлі в аквакультурі базується на використанні високобілкових живих та заморожених кормів, які забезпечують енергетичні потреби організму під час інтенсивного росту та репродукції, проте вимагають суворого контролю за якістю та походженням біомаси для запобігання інфікуванню системи.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Морфобіологічний аналіз досліджуваних особин річкового кільцевого хвостокіла (*Potamotrygon motoro*)

Проведення комплексного морфометричного аналізу є фундаментальним етапом біологічного дослідження риб, зокрема представників родини Річкових хвостокілів. Необхідність застосування морфометричних методів зумовлена потребою в отриманні об'єктивної кількісної характеристики екстер'єру кільцевого хвостокіла, що дозволяє не лише виокремити його серед інших прісноводних хвостокілів, але й оцінити загальний фізіологічний стан особин у штучних умовах утримання. Отримані в ході цього аналізу дані дозволять встановити низку ключових аспектів біології виду, які знадобляться для подальшого проведення дослідів. Зокрема, опираючись на отримані дані можна буде встановити динаміку розвитку досліджуваних особин, закономірності росту та темпи статевого дозрівання, а також характер адаптацій до створених умов утримання об'єктів дослідження. Зрештою, систематизація екстер'єрних показників дозволяє визначити селекційну цінність окремих особин та виділити найбільш перспективні форми для відтворення, враховуючи специфіку забарвлення та пропорційність розвитку тіла. У цій же дипломній роботі будуть прийняті до уваги такі екстер'єрні показники як:

1) ширина диска (Disc Width, WD) – найбільша відстань між краями грудних плавців, що є ключовим індикатором розміру у хвостокілів;

2) довжина диска (Disc Length, DL) – відстань від кінчика риля до заднього краю диска (основи хвоста), за якою встановлюється ступінь статтевої зрілості самиці;

3) загальна довжина (Total Length, TL) – відстань від кінчика риля до кінця хвостового стебла (якщо хвіст не пошкоджений);

4) довжина хвоста (Tail length, TL₀) – відстань від основи хвоста (задньої межі клоаки) до кінчика;

5) довжина класперів (Clasper length, CL) – відстань від місця прикріплення птерігоподіїв кінчика, яка необхідна для встановлення ступеню статевої зрілості самців;

6) маса тіла (W) – загальний показник ваги, необхідний для розрахунку коефіцієнтів вгодованості (рис. 2.1).

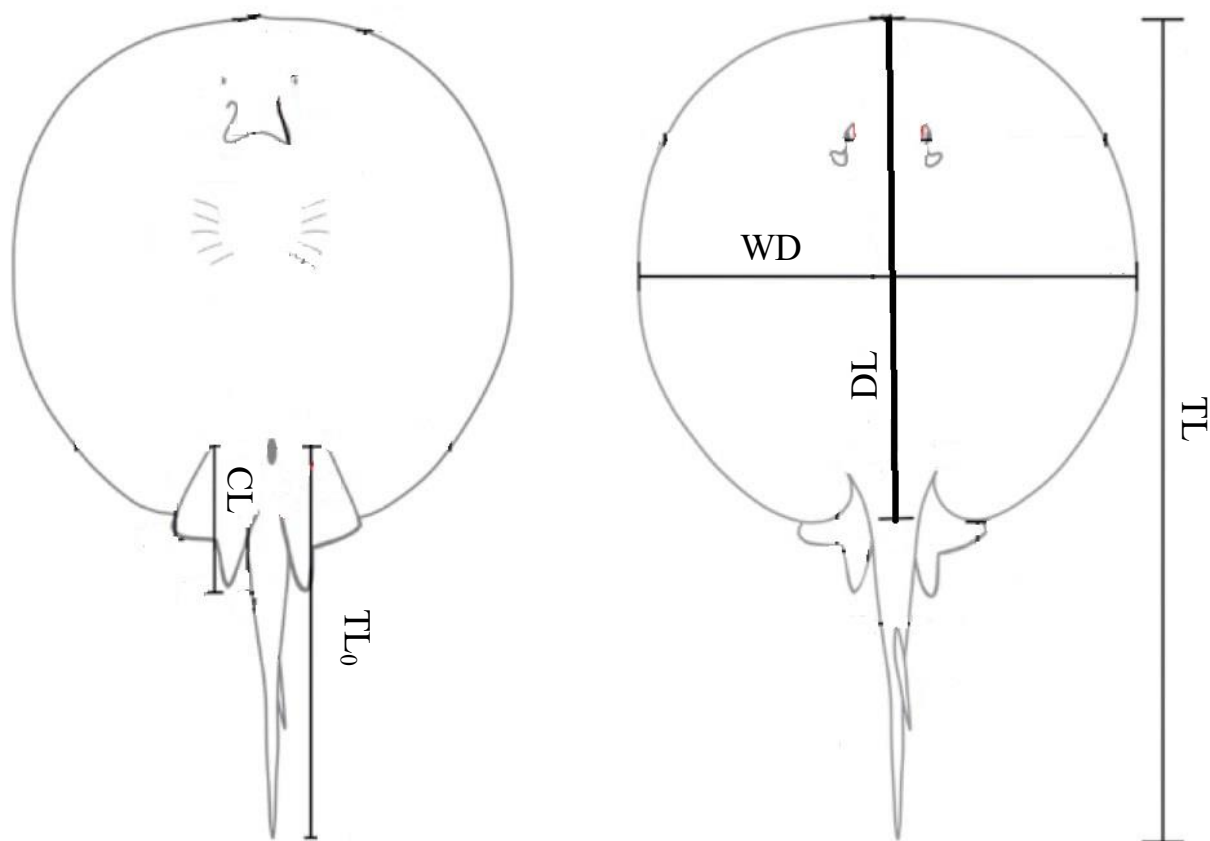


Рис. 2.1. Схема замірів морфометричних показників, що проводилися під час проведення дослідів [17].

2.2. Організація та методика проведення дослідів з розведення кільцевого хвостокіла

Метою даного етапу дослідження є розробка оптимальної схеми формування нерестових груп кільцевого хвостокіла та визначення ефективності методів гідрологічної стимуляції репродуктивної активності цих риб. Для реалізації дослідів було сформовано три експериментальні групи плідників, при підборі яких враховувався критично важливий показник розмірного диморфізму: у кожній групі до статевозрілих самців підбиралися самиці, чий лінійні параметри

диска на 15-20% перевищували розміри самця, що є необхідним запобіжним заходом проти надмірної агресії плідників у період залицяння. З цієї ж причини було прийнято рішення відмовитися від парного формування плідників на користь гаремного утримання.

Виходячи з встановленого нормативу, згідно з яким для дорослих екземплярів, що досягли своєї фізіологічної зрілості, мінімально допустимими є акваріуми об'ємом від 1000 л, було розраховано необхідну ємність експериментальних систем [11]. Для забезпечення стабільного гідрохімічного режиму та мінімізації стрес-факторів при груповому утриманні, перша дослідна група (1 самець та 2 самиці) утримувалася в аквасистемі об'ємом 1500 л. Для другої та третьої дослідних груп, що склалися з 1 самця та 3 самиць, було задіяно акваріуми об'ємом 2000 л кожен, що дозволило створити умови, максимально наближені до природних, та забезпечити достатню площу дна для кожної особини. Варто зазначити, що у третій – контрольній групі умови утримання були ідентичними до другої групи, але без застосування додаткових методів стимуляції нересту. Окрім того, для забезпечення комфортної життєдіяльності плідників, кожний акваріум був обладнаний інтенсивними системами аерації та фільтрації.

Методика стимуляції нересту базувалася на імітації сезонних кліматичних змін шляхом корекції параметрів водного середовища. При базовій температурі утримання 28°C, стимуляція проводилася шляхом масивних підмін води на м'яку осмотичну воду, що призводило до зниження загальної мінералізації та падіння температури до рівня 24-25°C, імітуючи надходження дощових мас. Такий температурний градієнт у поєднанні зі зміною хімічного складу води виступав головним тригером для початку шлюбної поведінки плідників. Годування в цей період здійснювалося один раз на добу з використанням раціону, багатого на білок (мідії, очищені креветки, філе риби), що є необхідною умовою для успішного перебігу внутрішньоутробного розвитку ембріонів. Фіксація результатів дослідів включала візуальний моніторинг нерестової поведінки,

контроль тривалості вагітності та реєстрацію кількості народжених мальків у кожній дослідній групі.

2.3. Методика вивчення темпів росту молоді кільцевого хвостокіла

Після народження повністю сформованої молоді кільцевого хвостокіла дослідження переходило у фазу моніторингу темпів їхнього лінійного та вагового росту в залежності від обраного корму для стартового живлення. Оскільки представники родини (*Potamotrygonidae*) народжуються готовими до активного полювання, експериментальна годівля розпочиналося вже у першу добу після появи мальків на світ. Метою даного етапу було встановлення впливу різних типів кормів на інтенсивність росту, для чого молодь була розподілена на три групи.

Особини контрольної групи отримували стандартний для умов аквакультури раціон, що складався із суміші мотиля, подрібненої очищеної креветки та рибного філе (хека чи минтая). Першій дослідній групі згодовувався прісноводний трубочник (*Tubifex tubifex*), а друга дослідна група – трубочник, вирощений у лиманних водоймах із підвищеною мінералізацією. Такий підхід дозволив порівняти не лише біологічну цінність різних форм живих кормів, а й оцінити загальну ефективність використання живого корму порівняно зі стандартними методами вирощування молоді кільчастого хвостокіла.

Для отримання статистично достовірних даних кожна особа була піддана індивідуальному обліку, що дозволило відстежувати динаміку розвитку кожного малька окремо протягом 60 діб життя. Вимірювання ключових морфометричних показників проводилося з періодичністю один раз на 10 діб. Отримані цифрові масиви даних піддавалися варіаційно-статистичній обробці, що дозволило визначити вірогідність відмінностей між контрольною та дослідними групами і зробити науково обґрунтовані висновки щодо оптимізації стартового годування (*Potamotrygon motoro*).

Усі вищеописані експериментальні дослідження, технологічні спостереження та комплексний біометричний аналіз прісноводних скатів

(*Potamotrygon motoro*) здійснювалися протягом 2025-2026 рр. на базі спеціалізованого акваріумного господарства з утримання та штучного відтворення екзотичної іхтіофауни ФОП Струк Сергій васькович Юридична адреса реєстрації суб'єкта господарювання: Україна, 04214, м. Київ, вул. Північна, буд. 6.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Морфологічна характеристика плідників кільцевого хвостокла

Першим етапом експериментальної частини роботи стало проведення морфометричного аналізу сформованих нерестових груп плідників кільцевого хвостокла. Даний аналіз був необхідний для підтвердження фізіологічної зрілості особин та встановлення розмірного диморфізму, який, як було зазначено раніше, є критичним чинником для успішного розмноження та мінімізації травматизму самиць.

Для дослідження було відібрано 12 статевозрілих особин (3 самці та 9 самиць), які були розподілені за трьома дослідними групами згідно з методикою, описаною у розділі 2.2. Узагальнені результати лінійних та вагових вимірювань плідників представлені у (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Морфометрична характеристика плідників (*Potamotrygon motoro*)

Показники	Група 1	Група 2	Контрольна група	М	σ	±m
	♂ / ♀ / ♀	♂ / ♀ / ♀ / ♀	♂ / ♀ / ♀ / ♀			
WD (ширина), см	32,5 / 40,2 / 39,4	31,8 / 38,5 / 41,2 / 40,0	33,0 / 39,1 / 40,5 / 39,8	38	3,36	0,97
DL (довжина), см	34,2 / 42,6 / 41,8	33,5 / 41,0 / 43,5 / 42,1	34,6 / 42,0 / 43,2 / 41,9	40,4	3,74	1,08
TL (загальна), см	61,5 / 75,1 / 73,8	60,1 / 72,5 / 76,4 / 74,2	62,0 / 73,9 / 75,8 / 74,5	71,6	5,88	1,7
CL (класпери), см	5,8 / - / -	5,6 / - / - / -	6,0 / - / - / -	5,8*	0,2	0,11
W (маса), кг	2,1 / 3,9 / 3,7	2,0 / 3,5 / 4,2 / 3,8	2,2 / 3,6 / 4,1 / 3,9	3,4	0,81	0,23

Де:

M – середнє арифметичне число, яке відображає середнє значення вимірюваного показника серед усіх досліджуваних особин;

σ – середнє квадратичне відхилення (сигма), що демонструє ступінь мінливості (розсіювання) показника відносно середнього значення у групі;

$\pm m$ – помилка середнього арифметичного, яка вказує на ступінь точності отриманих результатів.

Проведений морфометричний аналіз підтвердив, що всі відібрані для експерименту плідники кільцевого хвостокла (*Potamotrygon motoro*) є статевозрілими та перебувають у належній фізіологічній кондиції. Середня ширина диска (WD) плідників склала $38,0 \pm 0,97$ см, а загальна маса тіла – $3,4 \pm 0,23$ кг.

Встановлено чітко виражений розмірний диморфізм у всіх дослідних групах: показники ширини диска та маси тіла самиць у середньому на 22,8% та 80,9% відповідно перевищували аналогічні показники самців. Таке співвідношення параметрів є оптимальним для мінімізації ризику травмування самиць під час шлюбної активності та успішного виношування потомства.

Повністю сформовані та закостенілі птерігоподії у самців (середня довжина $5,8 \pm 0,11$ см) у поєднанні з високою активністю особин свідчать про їхню репродуктивну зрілість та готовність до нерестового циклу.

Висока однорідність груп за лінійними та ваговими показниками (низькі значення σ та $\pm m$) дозволяє використовувати дані особини як репрезентативну вибірку для подальшого вивчення впливу стимулюючих чинників на ефективність відтворення.

3.2. Ефективність гідротермічної стимуляції та показники відтворення

Наступним етапом досліджень став аналіз впливу запропонованої методики стимуляції на репродуктивну поведінку та результативність нересту кільцевого хвостокла. Головним індикатором ефективності виступав факт успішного

запліднення та кількість отриманої життєздатної молоді в кожній групі. Результати проведення нерестової кампанії представлені у (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

Показники ефективності відтворення (*Potamotrygon motoro*) за різних умов утримання

Показник	Група 1 (Стимуляція)	Група 2 (Стимуляція)	Група 3 (Контроль)
Кількість плідників (♂:♀)	1:2	1:3	1:3
Наявність шлюбної поведінки	Активна	Активна	Слабо виражена
Кількість вагітних самиць, шт.	2	3	0
Тривалість вагітності, діб	86	89	–
Загальна кількість народжених мальків, шт.	7	12	0
Середня плодючість на одну самицю, шт.	3,5	4	0
Вживання молоді в першу добу, %	100	100	–

Аналіз даних таблиці 3.2 демонструє пряму залежність репродуктивної активності скатів від параметрів водного середовища. У першій та другій дослідних групах, де застосовувалася імітація сезону дощів (зниження температури до 24-25°C та масивні підміни м'якою водою), шлюбна поведінка самців фіксувалася вже на 3-5 добу після початку стимуляції. Це проявлялося у активному переслідуванні самиць та характерних укусах за краї диска.

У третій (контрольній) групі, де гідрохімічний режим залишався стабільним (28°C), сталого нерестового циклу досягнуто не було. Поодинокі прояви інтересу самця до самиць не завершувалися копуляцією, що підтверджує необхідність зовнішніх тригерів для запуску гормональної системи плідників цього виду в умовах аквакультури.

Загалом від 5 самиць дослідних груп було отримано 19 мальків. Тривалість внутрішньоутробного розвитку склала в середньому 86-89 діб, що повністю відповідає біологічній нормі для (*Potamotrygon motoro*) при заданому температурному режимі. Такий термін гестації (близько 12-13 тижнів) свідчить про стабільний розвиток ембріонів та відсутність термічного стресу у плідників.

Проміжні висновки:

Гідротермічна стимуляція шляхом імітації природних сезонних змін є вирішальним фактором для успішного розведення кільцевого хвостокла. Стабільні умови утримання (контрольна група) не сприяють переходу риб до репродуктивної фази. Використання гаремного типу формування груп (1♂:2♀ та 1♂:3♀) у великих об'ємах аквасистем (1500-2000 л) дозволяє отримати стабільні результати відтворення, із середньою плодючістю склала 3,5-4,0 малька на одну самицю. Запропонована методика дозволяє досягти 100% виживання новонародженої молоді на початковому етапі, що є фундаментом для подальшого вирощування.

3.3. Порівняльна характеристика темпів росту молоді при використанні різних стартових кормів

Одним із найбільш критичних етапів у технології штучного розведення хрящових риб є період переходу молоді на самостійне активне живлення. Швидкість метаболічних процесів у ранньому онтогенезі кільцевого хвостокла вимагає надходження значної кількості енергії та нутрієнтів, що безпосередньо залежить від якісного складу стартового раціону. Враховуючи це, було прийнято рішення, провести у межах даного дослідження, порівняльний аналіз ефективності традиційних методів вигодовування та використання різних

екологічних форм живого трубочника (*Tubifex tubifex*). Науковий інтерес полягав у верифікації гіпотези щодо вищої біологічної цінності лиманного трубочника, який, завдяки специфіці середовища свого існування, потенційно володіє ширшим спектром мікроелементів, необхідних для інтенсивного формування хрящової тканини та загального росту диска молодих особин. Результати проведених вимірювань наведені у (таблиця 3.3).

Представлене бонітування молоді дозволяє детально простежити переваги живих кормів. Найбільш показовим є приріст маси тіла: у другій дослідній групі (лиманний трубочник) маса мальків за 60 діб зросла у 2,5 раза (з 96 г до 240,8 г), тоді як у контрольній групі – лише у 1,5 рази. Динаміка лінійних показників (WD, DL, TL) також підтверджує інтенсивне формування скелета у скатів, що отримували лиманний трубочник, що, ймовірно, пов'язано з високою біодоступністю кальцію та фосфору в цьому типі корму. Окрім того, щодесятиденні заміри фіксують поступове розходження кривих росту: якщо в першу декаду різниця між групами була мінімальною, то після 30-ї доби розрив у показниках став статистично вірогідним, що свідчить про кумулятивний ефект якісного харчування на ранніх етапах розвитку.

Контрольна група продемонструвала найнижчі темпи розвитку, що підтверджує складність адаптації молоді (*Potamotrygon motoro*) до неживих кормів на ранніх етапах життя.

Варто зауважити, що з метою мінімізації стресового навантаження на молодь та дотримання правил техніки безпеки при роботі з отруйними шипами хвостоколів, повне морфометричне бонітування (вимірювання DL та TL) проводилося з інтервалом у 30 діб. Проміжний моніторинг (кожні 10 діб) обмежувався лише ключовими індикаторами здоров'я та інтенсивності метаболізму – шириною мантиї та загальною масою, що дозволило скоротити час перебування риби поза водним середовищем без втрати інформативності дослідження.

Таблиця 3.3

Результати бонітування та динаміка росту молоді (*Potamotrygon motoro*) залежно від їх раціону

Термін досліджу, доба	Показник	Контрольна група (n=6)	Дослідна група 1 (n=6)	Дослідна група 2 (n=7)
1-ша доба	WD, см	10,2±0,4	10,4±0,3	10,3±0,5
(Повне бонітування)	DL, см	11,1±0,3	11,2±0,2	11,1±0,4
	TL, см	19,8±0,8	20,1±0,7	19,9±0,9
	W, г	95,0±5,2	98,0±4,8	96,0±6,1
10-та доба	WD, см	10,4±0,4	10,8±0,3	11,0±0,5
	W, г	98,2±4,5	105,4±4,1	109,2±5,4
20-та доба	WD, см	10,7±0,5	11,3±0,4	11,7±0,6
	W, г	103,5±5,8	114,8±5,2	124,5±6,7
30-та доба	WD, см	11,1±0,5	11,8±0,4	12,4±0,6
(Повне бонітування)	DL, см	11,9±0,4	12,8±0,5	13,5±0,7
	TL, см	21,4±0,9	23,1±1,1	24,8±1,3
	W, г	112,0±6,1	130,2±5,9	145,8±7,2
40-ва доба	WD, см	11,5±0,6	12,3±0,5	13,2±0,7
	W, г	122,8±6,4	148,6±7,1	171,4±8,5
50-та доба	WD, см	11,9±0,6	12,9±0,7	14,0±0,8
	W, г	135,4±7,2	170,2±8,4	202,5±9,8
60-та доба	WD, см	12,3±0,6	13,5±0,7	14,8±0,8
(Повне бонітування)	DL, см	13,2±0,5	14,8±0,8	16,4±0,9

	TL, см	24,2±1,1	27,5±1,4	30,2±1,6
	W, г	150,5±8,4	195,4±10,2	240,8±12,5

Де:

WD – ширина мантії,

DL – довжина мантії ,

TL – загальна довжина тіла (разом із хвостом),

W – маса тіла,

n – кількість особин у дослідній групі.

Проміжні висновки:

Використання живого трубочника як стартового корму забезпечує достовірно вищі темпи росту молоді кільцевого хвосточола порівняно зі стандартними раціонами. Найбільш же ефективним кормом для інтенсифікації розвитку мальків є лиманна форма трубочника, яка дозволяє досягти максимальних показників лінійного приросту протягом перших двох місяців життя.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВІДТВОРЕННІ (POTAMOTRYGON MOTORO)

4.1. Техніко-економічне обґрунтування витрат на відтворення та вирощування молоді

Економічна складова процесу штучного відтворення кільцевого хвосточола суттєво відрізняється від розведення дрібних декоративних видів риб через значні капітальні витрати на великогабаритне обладнання та енергоємність процесу їх утримання. У даному розділі проведено розрахунок прямих витрат на організацію експериментальної бази та утримання об'єктів дослідження протягом 60 діб.

Основними статтями витрат є придбання аквасистем відповідного об'єму (1500-2000 л), систем фільтрації та обігріву, а також закупівля плідників і кормів, що відображено у (таблиця 4.1).

Згідно з отриманими даними, загальна сума капітальних інвестицій та операційних витрат на організацію дослідів становить понад 350 тис. грн. Основна частка витрат (близько 48%) припадає на великогабаритні аквасистеми для плідників, що є технологічною необхідністю при роботі з великими хрящовими рибами.

При порівнянні вартості раціонів встановлено, що використання живого лиманного трубочника здорожує годівлю однієї особини на 73% порівняно зі стандартними замороженими сумішами. Проте аналіз питомих витрат на один грам отриманого приросту демонструє іншу закономірність: у контрольній групі цей показник складає 6,75 грн/г, тоді як у дослідній групі №2 – лише 3,2 грн/г. Проведений аналіз демонструє, що через специфіку об'єкта дослідження, яка характеризується високою вартістю обладнання та нішевий попит на ринку, класичні моделі інтенсифікації виробництва мають обмежене застосування.

Таблиця 4.1

Техніко-економічне обґрунтування витрат на формування репродуктивного комплексу та вирощування молоді (*P. motoro*)

Найменування обладнання та матеріалів	Орієнтовна ціна за од., грн	Кількість	Загальна сума, грн
Обладнання			
Акваріум для плідників (1500-2000 л)	45 000	3	135 000
Акваріум для молоді (500-800 л)	12 000	3	36 000
Зовнішній фільтр/Sumpr (високої потужності)	10 500	6	63 000
Обігрівач з контролером (500-1000 Вт)	2 500	6	15 000
Система аерації (потужний компресор)	1 800	3	5 400
Біологічні об'єкти та корми			
Плідники (<i>P. motoro</i>) (самці)	7 500	3	22 500
Плідники (<i>P. motoro</i>) (самиці)	8 500	8	68 000
Лиманний трубочник (живий), кг.	650	5	3 250
Кормова суміш (контроль), кг.	450	5	2 250
Загальна сума			350 400

В умовах низького ринкового попиту на молодь прісноводних скатів економічна доцільність використання дорогого лиманного трубочника переходить із площини швидкості реалізації у площину мінімізації біологічних ризиків. Найвищий відсоток втрат у розведенні скатів припадає на перші місяці

життя, тому прискорений ріст дозволяє малькам швидше пройти критичну точку вразливості, що значно знижує ризик втрати дорогого біологічного активу. Вища питома вартість корму компенсується отриманням більш міцних, кондиційних особин з високою племінною цінністю, а ефективність засвоєння поживних речовин лиманного трубочника дозволяє отримувати більший приріст за той самий час роботи енергоємного обладнання.

4.2. Охорона праці та техніка безпеки при роботі з отруйними об'єктами

Охорона праці при роботі з прісноводними хвостокколами родини (*Potamotrygonidae*) має критичне значення через наявність у об'єктів дослідження активного захисного апарату. Враховуючи детальний опис морфології отруйного шипа та механізму дії токсинів, наведений у теоретичній частині роботи, у даному розділі основну увагу приділено практичному впровадженню заходів безпеки під час проведення експерименту. Ключовим ризиком під час щоденного обслуговування шести аквасистем було виникнення оборонної реакції риби у відповідь на маніпуляції в придонному шарі води. Для запобігання травматизму всі технічні роботи, включаючи сифонку субстрату та очищення елементів фільтрації, проводилися виключно за умови постійного візуального контролю траєкторії руху кожної особини. Під час пересадки мальків та дорослих особин використовувалися спеціалізовані засоби фіксації, що виключають прямий контакт рук дослідника з дорсальною поверхнею хвоста риби. Важливим елементом техніки безпеки стала адаптація методики бонітування, описана в розділі 3.3: з метою мінімізації стресу та зниження ймовірності застосування рибою отруйного шипа, кількість повних морфометричних вимірювань поза водним середовищем було скорочено до одного разу на 30 діб. Проміжний щодесятиденний моніторинг ширини мантиї проводився у воді через прозорі стінки контейнерів, що дозволило повністю усунути ризик прямого фізичного контакту в періоди підвищеної активності молоді. Всі робочі зони були укомплектовані засобами для надання невідкладної допомоги згідно з алгоритмом термічної нейтралізації токсинів, що детально

описаний у відповідному розділі чернетки диплому. Окрім специфічних біологічних небезпек, суворо дотримувалися загальні норми електробезпеки, що включали використання герметичних світильників та обов'язкове заземлення металевих конструкцій стелажів, що є критично важливим в умовах високої вологості приміщення та значних об'ємів води в експериментальних установах.

4.3. Охорона праці та організаційно-технічні заходи безпеки

Організація охорони праці під час виконання експериментальної частини роботи базувалася на принципах мінімізації контактів із об'єктами дослідження та забезпеченні безпечної експлуатації гідротехнічного обладнання. Оскільки алгоритм терапевтичних заходів та превентивні методи поводження з отруйним апаратом (*Potamotrygon motoro*) детально висвітлені у теоретичній частині дипломної роботи, у даному розділі акцентовано увагу на технічному забезпеченні безпеки робочого процесу. Враховуючи значну вартість та енергоємність використовуваних аквасистем, особлива увага приділялася електробезпеці в умовах підвищеної вологості. Усі металеві конструкції стелажів було заземлено, а підключення приладів обігріву (сумарною потужністю до 6 кВт для всіх систем) та систем фільтрації здійснювалося через пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), що повністю виключало ризик ураження струмом при випадковому попаданні води на контактні групи.

Робоче місце було організоване таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до всіх зон акваріумів, що дозволяло проводити маніпуляції з плідниками та молоддю без зайвих рухів, які могли б спровокувати агресивну реакцію риб. Під час проведення вимірювань для морфометричних показників використовувався метод фіксації риби на зволоженому бонітувальному столику, що мало зменшити ризик пошкодження поверхневих покривів риби. Для убезпечення ж робочого персоналу від випадкових уколів хвіст разом із шипом фіксувався одним з асистентів, що в обов'язковому порядку під час роботи використовував щільні латексні рукавиці, що в свою чергу дозволяло безпечно проводити заміри ширини мантиї за мінімальний проміжок часу. Санітарно-

гігієнічні заходи включали обов'язкову дезінфекцію інвентарю після роботи з кожною групою для запобігання перехресному зараженню, а також використання індивідуальних засобів захисту рук. Такий комплексний підхід до організації праці дозволив успішно завершити 60-ти добовий експеримент без травматичних випадків та технічних збоїв у роботі репродуктивного комплексу.

ВИСНОВКИ

1) На основі системного аналізу сучасних іхтіологічних та аквакультурних літературних джерел встановлено, що річковий кільцевий скат (*Potamotrygon motoro*, Müller & Henle, 1841) є одним із найбільш екологічно пластичних представників родини прісноводних хвостоків у межах Неотропічної біогеографічної зони. Разом з тим, бентопелагічний спосіб життя, відсутність класичної луски та висока проникність шкірних покривів зумовлюють екстремальну чутливість цього виду до накопичення ксенобіотиків (зокрема ртуті та пластикових відходів) і коливань гідрохімічного режиму. Анатомічною особливістю виду є наявність активного захисного апарату у вигляді отруйного дентинового шипа на хвостовому стеблі, секрет якого має виражену ферментативно-некротичну та прозапальну дію, що вимагає впровадження жорстких протоколів техніки безпеки при культивуванні.

2) В результаті дослідження параметрів штучного середовища встановлено, що фундаментальною умовою довгострокового утримання плідників (*P. motoro*) є експлуатація великогабаритних аквасистем, об'ємом 1500-2000 л з пріоритетом корисної площі горизонтальної площини дна (з довжиною від 240 см, при ширині не менше 90 см). Гідрохімічний режим повинен утримуватися у вузьких, та що головне, стабільних межах: кислотності (рН) 5,0-6,0, загальна жорсткість (dН) 2-10 одиниць, температура води (t°) 24-28 °С, за обов'язкового чотирикратного повного водообміну за годину та утримання нітратів на рівні < 50 мг/л. Оптимальним субстратом визначено дрібнофракційний річковий пісок, що забезпечує реалізацію природних етологічних потреб (закопування, очищення від слизу) та запобігає абразивним травмам черевної частини диска.

3) Експериментально доведено, що стабільні гідротермічні умови гальмують перехід плідників до репродуктивної фази, тоді як застосування методу гідротермічної стимуляції (імітація “сезону дощів” через масивні підміни м'якою осмотичною водою та зниження температури до 23-25°C) виступає безальтернативним тригером статевої поведінки. У першій та другій дослідних групах за гаремного формування гнізд (1♂:2♀ та 1♂:3♀) успішне запліднення та

повноцінна гестація тривалістю 86-89 діб завершилися отриманням 19 мальків із 100% виживанням у першу добу. Середня плодючість склала 3,5-4,0 малька на одну самицю, що повністю узгоджується з природною репродуктивною стратегією аплацентарного живородіння. В той час як у контрольній групі (1♂:3♀), в якій плідники не отримували жодної додаткової стимуляції, і які утримувалися в стандартних сталих умовах, запліднення маточного поголів'я не відбулося.

4) Науково верифіковано високу біологічну цінність живих кормів при вирощуванні молоді річкового кільцевого хвостокла протягом 60-ти добового інкубаційного періоду. Встановлено кумулятивний ефект впливу раціону на темпи росту починаючи з 30-ї доби онтогенезу. Застосування лиманної форми трубочника (*Tubifex tubifex*), збагаченої дефіцитними мікроелементами, забезпечує максимальну інтенсифікацію розвитку: маса тіла мальків зросла у 2,5 раза (з $96,0 \pm 6,1$ гр. до $240,8 \pm 12,5$ гр.). У контрольній групі на неживих кормах зафіксовано найнижчі темпи розвитку (ваговий приріст лише в 1,5 раза – до $150,5 \pm 8,4$ г), що підтверджує складність адаптації молоді до штучних сумішей на ранніх етапах життя.

5) Проведене техніко-економічне обґрунтування репродуктивного комплексу засвідчило високу капіталомісткість виробництва (загальна сума інвестицій 350 400 грн), де близько 48% припадає на великогабаритні ємності та системи біофільтрації. Попри те, що використання живого лиманного трубочника здорожує витрати на годівлю на 73% в порівнянні із замороженими кормами, оптимізація фізіологічного засвоєння нутрієнтів дозволяє знизити питомі витрати на 1 грам отриманого приросту до 3,2 грн/г порівняно з 6,75 грн/г у контрольній групі. Враховуючи нішевий ринковий попит на вид, інтенсифікація годівлі живим кормом виступає виключно інструментом мінімізації біологічних ризиків, дозволяючи малькам швидко подолати критичну точку вразливості раннього онтогенезу та зберегти отриманий племінний актив.

6) Комплексна організація охорони праці та техніки безпеки дозволила безаварійно завершити 60-ти добовий експеримент. Шляхом модернізації

регламенту бонітування (обмеження повних замірів DL та TL до 1 разу на 30 діб) та використання стандартних засобів індивідуального захисту для роботи їх отруйними тваринами, вдалося нівелювати стресове навантаження на гідробіонтів та повністю максимально знизити ризик прямого фізичного контакту обслуговуючого персоналу з отруйним апаратом скатів у періоди їхньої підвищеної активності.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1) Для промислового та експозиційного розведення (*Potamotrygon motoro*) рекомендується використовувати виключно замкнені аквасистеми об'ємом не менше 1500-2000 л на одну репродуктивну групу. При цьому висота водяного стовпа може бути обмежена 76-92 см. Створені акваріумні системи в обов'язковому порядку мають бути обладнані потужними системи фільтрації та термо-регуляції (обігрівачами). З самого акваріума доцільно прибрати усі декорації з гострими кутами, об які риба може травмуватися, а також накривати акваріум кришкою, з метою унеможливити “вистрибування” ската з акваріума.

2) З метою переведення племінного стада до нересту застосовувати гаремний метод посадки плідників з обов'язковим розмірним диморфізмом (самиці мають бути на 15-20% більшими за самця) для зниження шлюбного травматизму. Стимуляцію здійснювати шляхом масованих щоденних підмін (до 50% об'єму) на м'яку демінералізовану воду з одночасним падінням температури з 28°C до 24-25°C, що імітує природний гідрологічний цикл Неотропічного регіону.

3) Для стартового вигодовування новонароджених скатів з першої доби бажано використовувати живі корми, з метою забезпечення максимальної виживаності молоді. Попри те, що найбільші темпи приросту молоді відбувалися при годівлі лиманної форми трубочника (*Tubifex tubifex*), висока ціна цього корму, в порівнянні із стандартними замороженими сумішами, робить недоцільним його використання в умовах промислового розведення прісноводних хвостоків. Отже, використання такого корму може бути доцільною виключно при аматорському розведенні (*Potamotrygon motoro*). Скажімо, якщо розводчик прагне зберегти отриманий виводок попри економічну недоцільність, або ж у випадку отримання особливо цінних гібридів, виживання яких є критичним для розводчика. Годування молоді віком до 1 року здійснювати суворо двічі на добу з обов'язковим сифонуванням залишків корму для запобігання надмірному накопиченню нітратів у воді.

4) Категорично заборонити використання класичних ниткових сачків для маніпуляцій зі скатами через ризик застрягання та відриву отруйного шипа. Пересадку та бонітування здійснювати лише за допомогою спеціалізованих жорстких полімерних контейнерів, або гумових сачків з великим вічком. Фіксацію хвоста під час ветеринарного огляду проводити виключно асистенту в щільних захисних рукавицях, а робочу зону укомплектувати термостатом із гарячою водою (45°C) для негайної долікарської денатурації білкових токсинів у разі випадкового ураження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ecotoxicology of Potamotrygoninae freshwater stingrays: bioaccumulation, toxicological risks, and conservation implications / N. D. Barbosa, N. Wosnick, A. P. Chaves et al. *Frontiers in Marine Science*. 2025. Vol. 12. Art. 1582093. URL: <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1582093> (дата звернення: 09.05.2026);
- 2) Скат моторо – прісноводний екзот. *Tetra Blog* : вебсайт. URL: https://blog.tetra.net/uk-ua/skat-motoro-prisnovodnyi-ekzot#Годування_ската_моторо (дата звернення: 09.05.2026);
- 3) Моторо – найпопулярніший акваріумний скат. *Zoosvit.info* : вебсайт. URL: <https://zoosvit.info/ribki/motoro-naipopolyarnishii-akvariumnii-skat.html> (дата звернення: 09.05.2026);
- 4) Potamotrygon motoro (ocellated freshwater stingray). *Animal Diversity Web* : вебсайт. URL: https://animaldiversity.org/accounts/Potamotrygon_motoro/ (дата звернення: 09.05.2026);
- 5) Rosa R. S. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) : Ph.D. Dissertation. Williamsburg : College of William and Mary, 1985. 523 p.. URL: https://www.researchgate.net/publication/262441099_Systematic_revision_of_the_Potamotrygon_motoro_Muller_Henle_1841_species_complex_in_the_Parana-Paraguay_basin_with_description_of_two_new_ocellated_species_Chondrichthyes_Myliobatiformes_Potamotrygoni (дата звернення: 09.05.2026).
- 6) History. *Naturhistorisches Museum Wien* : вебсайт. URL: https://www.nhm.at/en/research/2_zoology_insects/history (дата звернення: 09.05.2026).
- 7) Potamotrygon motoro (Müller & Henle, 1841). Ocellated freshwater stingray. *FishBase* : вебсайт. URL: https://www.fishbase.se/summary/Potamotrygon_motoro.html (дата звернення: 09.05.2026).
- 8) Biology of sharks and their relatives / ed. by J. C. Carrier, J. A. Musick, M. R. Heithaus. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2012. 634 p. (Marine Biology Series).

9) Осъ як виглядає скелет ската. *Vsesvit* : Facebook. URL: <https://www.facebook.com/vsesvitua/posts/ось-як-виглядає-скелет-ската-як-і-в-акул-у-скатів-немає-кісток-натомість-їхні-кі/570277858935861/> (дата звернення: 09.05.2026).

10) Скат чорноморський хвостокол (Морський кіт). *Moreproduct* : вебсайт. URL: <https://moreproduct.com.ua/ua/p170439936-skate-chernomorskiy-hvostokol.html> (дата звернення: 09.05.2026).

11) Скат Моторо (*Potamotrygon motoro*). *Aquaribki* : вебсайт. URL: <https://aquaribki.com.ua/uk/2039-skate-motoro> (дата звернення: 09.05.2026).

12) *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841). *Shark-References* : вебсайт. URL: <https://shark-references.com/species/view/Potamotrygon-motoro> (дата звернення: 09.05.2026).

13) Freshwater Stingray Care Guide. *Aqueon* : вебсайт. URL: <https://www.aqueon.com/resources/care-guides/stingray-freshwater> (дата звернення: 09.05.2026).

14) Freshwater Stingray Venom: An Updated Review / P. S. S. S. Lopes, P. J. C. M. Lopes, M. G. M. S. Lopes et al. *Toxins*. 2018. Vol. 10, no. 12. Art. 544. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6651/10/12/544> (дата звернення: 09.05.2026).

15) Oldfield R. G. Biology and conservation of freshwater stingrays (family *Potamotrygonidae*). *Chondros*. 2005. Vol. 5, no. 2. P. 1–4. URL: <https://backend.production.deepblue-documents.lib.umich.edu/server/api/core/bitstreams/916fbb6e-b641-4aa2-a739-9311e49e8098/content> (дата звернення: 09.05.2026).

16) Kimura L. F., Paula F. B., Zychar B. C. et al. Inflammatory response induced by *Potamotrygon motoro* ray venom in mice: release of pro-inflammatory mediators and cytoskeleton alterations. *Toxicon*. 2014. Vol. 77. P. 22–30. URL: https://www.researchgate.net/publication/261105021_Characterization_of_inflammatory_response_induced_by_Potamotrygon_motoro_stingray_venom_in_mice (дата звернення: 09.05.2026).

17) Rincón G., Gomes-Jr. J. L., Viana A. S. et al. Age and growth of the ocellated freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Beruri region, middle Purus River, Amazonas, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 2019. Vol. 17, no. 2. Art. e180145. URL: https://www.researchgate.net/publication/339615336_Notes_on_the_occurrence_and_gender-based_morphological_aspects_of_Potamotrygon_motoro_Elasmobranchii_Potamotrygonidae_in_the_complex_of_the_Viana_lake_system- Maranhao_Brazil (дата звернення: 09.05.2026).

18) Loboda T. S., de Carvalho M. R. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* species complex (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae), with descriptions of two new species from the middle and upper Amazon basins. *Zoologia (Curitiba)*. 2013. Vol. 30, no. 6. P. 667–700. URL: <https://www.scielo.br/j/zool/a/GhQc4RSQgdwFrB487bvtYWG/?lang=en> (дата звернення: 09.05.2026).

19) Mejía-Falla P. A., Ramírez-Luna V., Usma J. S. *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841). *Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina* / ed. por C. A. Lasso et al. Bogotá : Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016. P. 135–139. URL: http://www.iepa.ap.gov.br/biblioteca/publicacoes/rayas_de_agua_dulce_potamotrygonidae.pdf (дата звернення: 09.05.2026).

20) File:Potamotrygon hystrix (bold).PNG. *Wikimedia Commons* : вебсайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Potamotrygon_hystrix_%28bold%29.PNG (дата звернення: 09.05.2026).

21) Charvet-Almeida P., Araújo M. L. G., Almeida M. P. Reproductive Aspects of Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 2005. Vol. 35. P. 165–171. DOI: 10.2960/J.v35.m502. URL: https://www.researchgate.net/publication/242079093_Reproductive_Aspects_of_Fres

[hwater_Stingrays_Chondrichthyes_Potamotrygonidae_in_the_Brazilian_Amazon_Basin](#) (дата звернення: 09.05.2026).

22) Shibuya A., Duncan W. P. Pre-copulatory bite wounds as evidence of aggressive competition for mating in the neotropical freshwater stingray *Potamotrygon motoro*. *Acta Amazonica*. 2022. Vol. 52, № 1. P. 45–48. DOI: 10.1590/1809-4392202101762. URL:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/xnZbhJtkLXpFhqfTQ7TPm9g/?lang=en> (дата звернення: 09.05.2026).

23) *Potamotrygon motoro* (Ocellate River Stingray). Seriously Fish : веб-сайт. URL: <https://www.seriouslyfish.com/species/potamotrygon-motoro/> (дата звернення: 09.05.2026).

24) Motoro Stingray Care. Aqua-Fish.net : веб-сайт. URL: <https://en.aqua-fish.net/articles/motoro-stingray-care> (дата звернення: 09.05.2026).

25) Embryonic yolk consumption and uterine trophonemata of *Aetobatus narutobiei*. ResearchGate : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/figure/Embryonic-yolk-consumption-and-uterine-trophonemata-of-Aetobatus-narutobiei-A-The_fig11_357240875 (дата звернення: 09.05.2026).

26) Why an 80kg whipray is so amazing. Pulau Hantu : веб-сайт. URL: <https://www.pulauhantu.sg/why-an-80kg-whipray-is-so-amazing/> (дата звернення: 09.05.2026).

27) Breeding of the raspy river stingray *Potamotrygon scobina*. MonsterFishKeepers.com : веб-сайт. URL: <https://www.monsterfishkeepers.com/forums/threads/breeding-of-the-raspy-river-stingray-potamotrygon-scobina.203299/> (дата звернення: 09.05.2026).

28) Pregnant female of *Potamotrygon motoro* with total disc width of 52 cm and total weight of 4.5 kg. ResearchGate : веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/figure/Pregnant-female-of-Potamotrygon-motoro-with-total-disc-width-of-52-cm-and-total-weight-of_fig2_238552945 (дата звернення: 09.05.2026).

29) Potamotrygon motoro. Fishipedia : веб-сайт. URL: <https://www.fishipedia.com/fishes/potamotrygon-motoro> (дата звернення: 09.05.2026).

30) Stingray injuries are up at some OC beaches. The Orange County Register : веб-сайт. URL: <https://www.ocregister.com/2016/08/16/stingray-injuries-are-up-at-some-oc-beaches/> (дата звернення: 09.05.2026).

31) Characterization of the tree-dimensional collagenous architecture of the stingray (*Potamotrygon motoro*) skin. PubMed : веб-сайт. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32805296/> (дата звернення: 09.05.2026).

32) Almeida M. P., Lins P. M. O., Charvet-Almeida P., Barthem R. B. Diet of the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*. 2010. Vol. 70, № 1. P. 155–162. URL: https://www.researchgate.net/publication/41969597_Diet_of_the_freshwater_stingray_Potamotrygon_motoro_Chondrichthyes_Potamotrygonidae_on_Marajo_Island_Para_Brazil (дата звернення: 09.05.2026).

33) Азотний цикл в акваріумі: що це таке і чому він важливий. Zoosvit.info : веб-сайт. URL: <https://zoosvit.info/ribki/azotnyj-czykl-v-akvariumi-shho-cze-take-i-chomu-vin-vazhlyvyj.html> (дата звернення: 09.05.2026).

34) Hovanec T. A., DeLong E. F. Comparative Analysis of Nitrifying Bacteria Associated with Freshwater and Marine Aquaria. *Applied and Environmental Microbiology*. 1996. Vol. 62, № 8. P. 2888–2896. URL: https://www.researchgate.net/publication/14500599_Hovanec_T_DeLong_E_Comparative_analysis_of_nitrifying_bacteria_associated_with_freshwater_and_marine_aquaria_Appl_Environ_Microbiol_62_2888-2896 (дата звернення: 09.05.2026).

35) Запуск акваріума: перший місяць. Аква-Service : веб-сайт. URL: <https://akva-service.com/uk/zapusk-akvariuma-pershyy-misyats/> (дата звернення: 09.05.2026).

36) Stress responses of the endemic freshwater cururu stingray (*Potamotrygon cf. hystrix*) during transportation in the Amazon region of the Rio Negro / Brinn R. P. et al. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 2012. Vol. 162, № 2. P. 139–

145. DOI: 10.1016/j.cbpa.2011.07.004. URL: https://www.researchgate.net/publication/51510189_Stress_responses_of_the_endemic_freshwater_cururu_stingray_Potamotrygon_cf_histrix_during_transportation_in_the_Amazon_region_of_the_Rio_Negro (дата звернення: 09.05.2026).

37) Your fish houses: Richard Hardwick. Practical Fishkeeping : веб-сайт. URL: <https://www.practicalfishkeeping.co.uk/readers-visits/your-fish-houses-richard-hardwick/> (дата звернення: 09.05.2026).

38) Основи годування акваріумних риб. Aquarium.co.ua : веб-сайт. URL: <https://aquarium.co.ua/uk/rybky-akvariumni/osnovy-kormleniya-akvariumnyh-ryb-2/> (дата звернення: 09.05.2026).

39) Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges / Araújo M. L. G. et al. *AC20 Inf.* 8. 2004. 6 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/228945285_Freshwater_Stingrays_Potamotrygonidae_Status_Conservation_and_Management_Challenges (дата звернення: 09.05.2026).