

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра агрометеорології та агроекології

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВЕДЕННЯ КРЕВЕТОК: СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ SHRIMP FARMING TECHNOLOGIES: MODERN METHODS AND THEIR IMPLEMENTATION IN UKRAINE

Виконала: здобувачка денної форми навчання
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
Освітньо-професійна програма Охорона, відтворення
та раціональне використання гідробіоресурсів

Добrorіз Крістіна Ігорівна

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник старший викладач Матвієнко Т.І. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент д.с-г.н., проф., Шекк П.В. _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
агрометеорології та агроекології
№ ____ від _____. 2025 р.

Завідувачка кафедри

(підпис) БУРГАЗ Марина
(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК №
протокол № __ від _____. 2025 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

(підпис) ГАЙДАШЕНКО Ірина
(прізвище, ім'я)

Одеса 2025

Анотація

ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВЕДЕННЯ КРЕВЕТОК: СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

**Добrorіз К.І., бакалавр кафедри Водних біоресурсів та
аквакультури**

У кваліфікаційній роботі проведено комплексний аналіз сучасних технологій вирощування креветок, зокрема гігантської прісноводної креветки *Macrobrachium rosenbergii* та білоногої креветки *Penaeus vannamei*, із метою визначення перспектив їх впровадження у вітчизняну аквакультурну практику. Розглянуто систематичне становище, морфологічні та біологічні особливості промислово важливих видів креветок, їх життєвий цикл та екологічні вимоги.

Особливу увагу приділено аналізу сучасних методів вирощування креветок — екстенсивних, напівінтенсивних, інтенсивних, а також систем замкненого водопостачання (RAS), що дозволяють ефективно контролювати параметри водного середовища, зменшувати використання водних ресурсів, забезпечувати стабільні прирости біомаси та знижувати ризики захворювань.

У роботі узагальнено зарубіжний досвід товарного вирощування креветок і обґрунтовано доцільність адаптації інноваційних технологій до природно-кліматичних і економічних умов України. Окреслено перспективи створення креветкових господарств на базі теплових водойм, штучних ставків та закритих систем вирощування, що сприятиме розвитку ринку морепродуктів в Україні та зменшенню залежності від імпорту.

Структура і обсяг роботи. Робота бакалавра викладена на 72 сторінках, містить 10 рисунків, 13 таблиць, 34 літературних джерела.

Ключові слова: аквакультура, гігантська прісноводна креветка, білонога креветка, технології вирощування, системи замкненого водопостачання (RAS), екстенсивне та інтенсивне розведення, імпортозаміщення.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМИСЛОВО ВАЖЛИВИХ ВИДІВ КРЕВЕТОК.....	5
1.1 Систематичне становище гігантської прісноводної креветки <i>Macrobrachium rosenbergii</i> (De Man, 1879).....	8
1.2 Морфологія гігантської креветки.....	10
1.3 Особливості екології життєвих циклів та поширення гігантської креветки.....	13
2 СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИРОЩУВАННЯ КРЕВЕТОК.....	18
2.1 Загальні відомості про вирощування найпопулярніших видів креветок.....	18
2.1.1 Розведення японської креветки (<i>P. Japonicus</i>).....	19
2.1.2 Вирощування гігантської прісноводної креветки (<i>Macrobrachium Rosenberg</i>).....	21
2.2 Вирощування креветок у системах RAS.....	26
2.3 RAS та гібридні RAS.....	30
2.4 Біофлок технологія вирощування креветок.....	32
2.5 Вирощування креветок в аквапонних системах.....	38
3 ДОСВІД ВИРОЩУВАННЯ КРЕВЕТОК В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	44
3.1 Світовий досвід культивування гігантської креветки.....	45
3.2 Досвід вирощування креветок в Еквадорі.....	47
3.3 Досвід вирощування креветок в Індії.....	49
4 РОЗРАХУНКИ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ КРЕВЕТКИ <i>SCLEROCRANGON SALEBROSA</i>.....	56
4.1 Розрахунки підприємства для вирощування креветки (посадковий матеріал, календарний план, обладнання, економічні показники).....	58
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	70

ВСТУП

Товарне вирощування нових об'єктів аквакультури, оптимізація штучних екосистем та розробка методів управління їх функціонуванням може стати абсолютно новим перспективним напрямом розвитку агропромислового комплексу та дозволить підвищити продуктивність аквакультурних господарств, а також внесе певний внесок у вирішення актуального завдання сучасності – імпортозаміщення.

Світова аквакультура є однією з найбільш динамічних галузей харчового виробництва, що демонструє стале зростання обсягів вирощування водних біоресурсів у відповідь на зростаючі потреби населення в високоякісних білкових продуктах. Серед гідробіонтів, які користуються стабільним попитом на міжнародному ринку, особливе місце займають креветки (*Infraorder Caridea, Penaeidae*), що вирізняються цінними харчовими властивостями, високими органолептичними показниками та значним експортним потенціалом.

За останні десятиліття сформувалася низка ефективних технологій штучного розведення креветок, які передбачають використання замкнених систем водопостачання, біофлокових технологій, рециркуляційних аквакультурних установок (RAS) та інтегрованих систем поліаквакультури. Впровадження цих методів забезпечує раціональне використання водних ресурсів, контроль за параметрами середовища, профілактику захворювань та стабільне отримання високоякісної товарної продукції.

В умовах України галузь вирощування креветок перебуває на стадії становлення, що зумовлює необхідність адаптації сучасних світових технологій до місцевих природно-кліматичних і техніко-економічних умов. Актуальним є комплексний аналіз існуючих методів розведення креветок, їх технічного та біологічного обґрунтування, а також визначення перспектив впровадження у вітчизняну аквакультурну практику.

Вирощування креветок є важливою галуззю аквакультури, яка забезпечує значну частину світового ринку морепродуктів. Її процес включає різноманітні методи та підходи, що залежать від регіональних особливостей, кліматичних умов та доступних ресурсів. В Україні інтерес до розведення креветок зростає, і з'являються нові ферми, які впроваджують сучасні технології для забезпечення внутрішнього ринку якісною продукцією.

В Україні розведення креветок набуває все більшої популярності, особливо серед малих та середніх підприємців. Авдяки сучасним технологіям, таким як системи замкнутого водопостачання, вирощування креветок стало можливим навіть у регіонах з помірним кліматом. Завдяки використанню сучасних методів аквакультури та правильних технологій вирощування, до споживача вона доходить з максимальним збереженням корисних властивостей.

Попит на креветки в Україні залишається стабільним та перевищує пропозицію. Це створює сприятливі умови для розвитку власного виробництва та зменшення залежності від імпорту.рім того, вирощування креветок може стати прибутковим бізнесом, оскільки рентабельність цього напрямку є досить високою. Завдяки впровадженню сучасних технологій та адаптації до місцевих умов, Україна має потенціал стати значним гравцем на ринку креветок, забезпечуючи як внутрішній, так і зовнішній ринки якісною продукцією.

Метою даної роботи є аналіз сучасних технологій розведення креветок, дослідження їх ефективності та можливостей адаптації до умов України, а також визначення перспектив впровадження інноваційних методів у вітчизняне аквакультурне виробництво. Особлива увага приділяється вивченню екологічних, економічних та технологічних аспектів розведення креветок в умовах замкнених водних систем і відкритих водойм, з урахуванням специфіки кліматичних та ринкових умов України.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМИСЛОВО ВАЖЛИВИХ ВИДІВ КРЕВЕТОК

Аквакультура креветок є однією з найдинамічніших та найприбутковіших галузей світового рибництва. Завдяки високому попиту на міжнародному ринку та відносно швидкому циклу вирощування, креветки стали важливим об'єктом комерційного розведення у багатьох країнах. Успіх цього напрямку значною мірою залежить від вибору виду креветок, що вирощуються, оскільки різні види мають специфічні вимоги до умов утримання, кормової бази, температурного режиму та рівня солоності води.

Одним з найбільш вивчених видів роду *Macrobrachium* є гігантська прісноводна креветка *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879), яка також відома, як гігантська річкова або малайзійська креветка, що отримала на сьогоднішній день дуже широке поширення у світовій аквакультурі, завдяки високим смаковим якостям. Також цей вид має значну дієтичну цінність, тому що його м'ясо містить близько 35% легкозасвоюваного білка [1].

Гігантська креветка є об'єктом масового культивування у країнах Південно-Східної Азії, де здавна велося вирощування цього виду екстенсивним способом. В останні десятиліття проведено безліч досліджень, що стосуються розведення та вирощування прісноводних креветок, в результаті яких аквакультура цих гідробіонтів вийшла на значно більш високий рівень завдяки широкому впровадженню інтенсивних методів та прогресивних технологій.

Останнім часом дедалі більше приділяється уваги розведенню та вирощуванню таких гідробіонтів як креветки. Вивчено кілька різновидів креветок придатних для товарного вирощування, але найбільш вивченою у вирощуванні вважається гігантська прісноводна креветка *Macrobrachium rosenbergii*. [1]

Гігантська прісноводна креветка має для аквакультури найважливіше

значення. Ареал її проживання охоплює Індонезію, Філіппіни, Нову Гвінею, Малайзію, В'єтнам, Північну Австралію, Північно-Західну Індію.

Довжина дорослих самців досягає 325 мм, а маса близько 260 грамів. У самок довжина 285 мм.

У 4-х місячному віці креветки стають статевозрілими, причому у самок вона настає раніше, ніж у самців. У момент настання статевозрілості самки досягають довжини 150 мм і маси 25 г, самці 150 мм і маси 35 г. У самок плодючість залежить від маси тіла і з віком збільшується від 20 до 150 тис. ікринок. [1]

При досягненні статевозрілості у самок сповільнюється ріст, а самці продовжують рости в тому ж темпі. У дев'ять місяців деякі особини досягають 100-120 гр, а до року 140-160 грам і більше.

Оптимальна температура утримання 27-28 0С. Гігантські прісноводні креветки проявляють канібалізм по відношенню один до одного.

Вдале спарювання відбувається тільки між самками, які закінчили линьку, і самцями, які не линяли. Коорпуляція у креветок у природних умовах відбувається цілий рік, для однієї самки 7-8 разів, але це ще залежить від зовнішніх умов. Нормальна інкубація триває не більше трьох тижнів. Від розмірів самки залежить кількість яєць, які вона відкладає. Під час першого нересту самки відкладають не більше 5-20 тис. яєць, а зрілі 80-120 тис. яєць. [1]

Спочатку колір у ікри помаранчевий, а за три доби до викльовування ікра стає сіро-чорною.

Цикл розвитку гігантської прісноводної креветки можна розділити на чотири стадії:

- Ікра
- Личинка
- Постличинка
- Доросла креветка

На стадії личинки креветки перебувають у плаваючому стані і

линяють кожні 2 - 3 дні. За період досягнення стадії постлічинки відбувається 11 линьок у середньому приблизно за 30 днів. Усі початкові стадії креветки проходять у солонуватій воді. На початку 14%, а в кінці від 1% до 3%.

Подальший розвиток відбувається вже в прісній воді. Щоб отримати одночасно 100000 шт. посадкового матеріалу, потрібно, щоб маточне стадо становило 40 особин, з яких 30 самок.

Об'єм води в розпліднику має становити 90 куб/м, а площа лотків 250 кв/м. Кількість корму 1500 кг. [1-3]

При посадці в УЗВ оптимальна маса однієї креветки повинна становити 1,5 - 3 грами. Щоб своєчасно отримати посадковий матеріал такої маси, потрібне її підрощування протягом 2,5 - 3 міс. у контрольованих умовах.

При інтенсивному методі вирощування гігантської прісноводної креветки в основу покладено отримання максимальної продуктивності з площі вирощуваних басейнів і безперервність виробничого процесу. Це досягається за рахунок максимально можливої механізації, автоматизації та можливості повністю контролювати й управляти умовами утримання креветок (рис. 1.1).



Рис. 1.1 – Контроль за умовами утримання креветок

За інтенсивного методу вирощування відбувається повний цикл - від вирощування маточного стада до отримання товарної продукції гігантської прісноводної креветки (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Процес вирощування товарної креветки

При цьому проводиться так само годівля, контроль поїдання, контроль якості води і його регуляція, контроль захворюваності та боротьба з хворобами (за необхідності) [2].

1.1. Систематичне становище гігантської прісноводної креветки *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)

Гігантська прісноводна креветка *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (рис. 1.3), відноситься до роду *Macrobrachium* (Bate, 1868). Це найбільший рід сімейства *Palaemonidae* 130 - 150 до 200 - 240 видів[1-3].

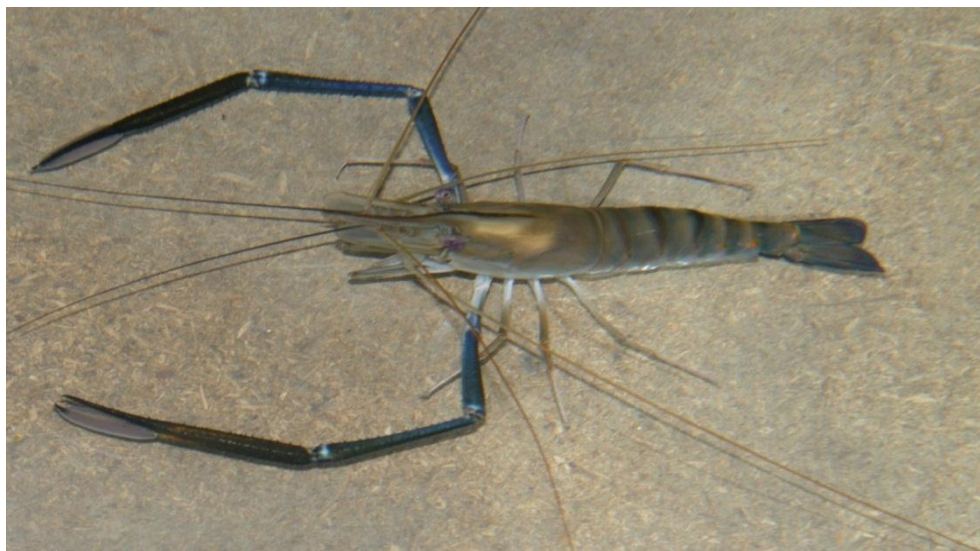


Рис. 1.3 – Гігантська креветка (оригінал)

Перші повідомлення про цю креветку з'явилися ще в 1705 і за всю історію досліджень наукова класифікація гігантської креветки зазнала ряд змін, як на родовому, так і видовому рівні. Раніше вона включалася до складу таких родів, як *Astacus* (Fabricius, 1775) і *Palaemon* (Weder, 1795), що стосується видової назви, то в літературі протягом багатьох років ця креветка була відома як *Palaemon carcinus* (Ortmann, 1891), *P. dacqueti* (Sunier, 1925) і *P. rosenbergii*, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) стало загальноприйнятим [1,2].

У *M. rosenbergii* виділяють два підвиди: західний *M. rosenbergii dacqueti* (Sunier, 1925) і східний *M. rosenbergii rosenbergii* (De Man 1879). Західний підвид характерний для східного узбережжя Індії, а також для Таїланду, Малайзії, Індонезії, Суматри, Яви та Калімантану. Креветки східного підвиду, мешкають на Філіппінах, Сулавесі, Іріан-Джая, Папуа-Новій Гвінеї та в північній Австралії. Розрізняються ці підвиди за низкою ознак: швидкість зростання, особливості личинкового розвитку, стійкість молоді до абіотичних факторів. Незважаючи на існуючі відмінності, креветки цих підвидів вільно схрещуються, даючи життєстійке потомство [1,2].

1.2. Морфологія гігантської креветки

Тіло гігантської креветки складається з 21 сегмента і поділяється на три основні відділи: головогруді, абдомен та тельсон.

Кожен відділ має придатки у вигляді виростів і кінцівок різного функціонального призначення. Як сегменти тіла, і їх придатки покриті панциром. [4]

Головогрудний відділ (цефалоторакс) креветки включає перших 13 сегментів тіла, які покриті як зверху, так і з боків несеgmentованим панциром - карапаксом. Передній кінець карапаксу витягнутий у шиповидний ростр, гострий на кінці. У цього видудуже довгий ростр, вигнутий вгору, на дорсальній стороні якого зазвичай 11 – 14 шипів, на вентральній – 8 – 10 шипів (кількість зубців на нижній стороні ростру є важливою видовою ознакою). З боків від основи ростру розташовані стеблисті очі. У очному стеблині знаходиться кілька органів внутрішньої секреції. Їх гормони, що виділяються в кров, регулюють розташування пігменту в клітинах, процес линяння, обмін речовин. Для креветок характерно «мозаїчне зір» через складну будову очей (кожне око складається з великої кількості фасеток, кількість яких збільшується з віком) (рис. 1.4). [4]

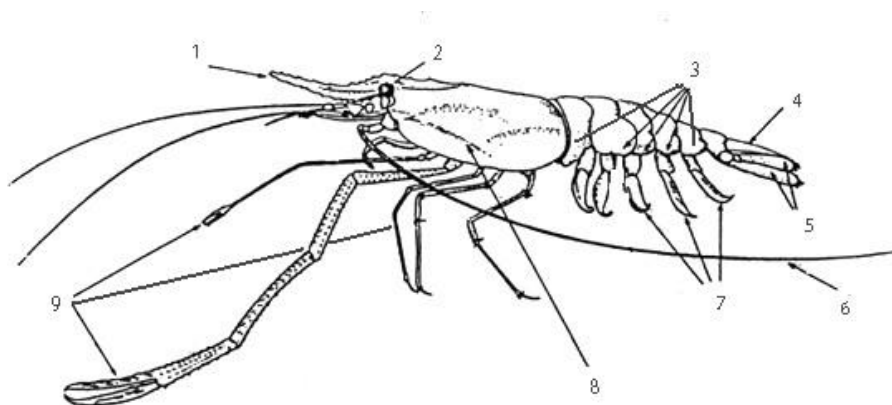


Рис. 1.4 – Будова гігантської креветки: 1 – ростр, 2 – око, 3 – плеври, 4 – тельсон, 5 – уроподи, 6 – антена, 7 – плеоподи, 8 – карапакс, 9 – переопад

У креветок є дві пари вусів. Довгі вуса (антени) містять особливі чутливі щетинки, які легко вловлюють коливання води та є органами дотику та нюху. Під ними знаходяться короткі вуса (антенул) – орган сприйняття хімічних подразнень.

З 8 пар грудних кінцівок 3 передні перетворені на ногочелюсті. Вони беруть участь у утриманні харчових частинок та передачі їх до ротового отвору. Інші 5 пар грудних ніг (переопад) служать головним чином для пересування. Дві передні пари ходильних ніг у креветок перетворені на клешні, які використовують для захоплення їжі, оборони, очищення поверхні тіла. У самців клешні, набагато більші, ніж у самок. Переопади цікаві тим, що ліва та права ноги кожної пари рухаються незалежно один від одного.

До органів цефалотораксу також відносяться навколоротові кінцівки, які перетворені на щелепи. У креветки їх три пари: дві нижні і одна верхня. основне призначення якого приводити в рух воду і заганяти її в зяброві камери. Таким чином, скафогнатид бере участь у процесі дихання. [5]

Абдомен (черевце) у креветки утворений сімома сегментами, включаючи останній видозмінений сегмент - тельсон. На черевних сегментах розташовані плавальні ніжки - плеопод, їх п'ять пар. Останній черевний сегмент несе парні уроподи, що утворюють разом із тельсоном хвостовий віяло. Первинна функція плеопод плавальна, крім цього, вони беруть участь у процесі розмноження. У самців друга пара плеоподів частково перетворена на сукупний орган, а самки на плеоподах відкладають ікру.

Забарвлення у гігантської креветки досить різноманітне, але найчастіше переважають сіро-зелені або блакитні тони. Велике значення має здатність креветки змінювати свій колір залежно від навколишнього фону.

Внутрішня будова креветок характерна для десятиногих раків та представлено: системою травлення, кровообігу та газообміну; органами виділення та розмноження; м'язовою системою та залозами внутрішньої секреції. [3-6]

Травна система складається із шлунково-кишкового тракту (включає

три відділи: передній (що складається із стравоходу та шлунка), середній та задній) та травної залози (гепатопанкреас), яка поєднує функції печінки та підшлункової залози. Процес травлення починається з попадання їжі в ротовий отвір за допомогою ногощелеп, де вона дробиться щелепами. Через стравохід подрібнена їжа надходить у шлунок, де підлягає кінцевому подрібненню. Далі через пилоричну частину шлунка вона виштовхується до середньої кишки, та частина їжі, яку не вдається креветці подрібнити, виштовхується у зворотному напрямку через рот. Середня кишка пов'язана з травною залозою, за участю якої протікає процес травлення. У міру просування їжі середньою кишкою відбувається всмоктування. Неперетравлені залишки перистальтичними рухами м'язів задньої кишки викидаються назовні через анальний отвір. [1-5]

Органи дихання креветок представлені зябрами, які розташовані в зябрових порожнинах під карапаксом. Починаються зябра біля основи ногощелеп і закінчуються біля основи ходильних ніг. До зябрової порожнини вода надходить через щілину між головним відділом та грудьми, а виштовхується з протилежного кінця. При цьому напрямок руху води може періодично змінюватись. У зябрах здійснюється обмін газів та насичення киснем крові.

Кровоносна система відноситься не до замкнутого типу. Серце розташоване у навколосерцевій сумці під карапаксом у задньому відділі головогруддя. Воно є м'язистим мішком багатогранної форми. Кров є майже прозорою рідиною. Нервова система складається з парного головного мозку, навкологлоткових коннективів та пари черевних нервових стовбурів з гангліями в кожному сегменті. Ганглії є рядом потовщень витягнутих в ланцюжок. [7]

Органом рівноваги у креветок є статоцисти, які розташовуються біля основи перших антен і відкриваються назовні. Як статоліт в них використовуються піщинки, які під час линяння тварин оновлюються.

Органами виділення у креветки є антенальні (функціонують у дорослих

особин) та максиллярні (функціонують на личинкових стадіях) залози, функції яких аналогічні ниркам хребетних тварин.

Гігантська креветка - роздільностатевий гідробіонт. Самці, як правило, більші за самок (головогрудь і абдомен самок рівніші і тонші, ніж у самців). Відмінною особливістю самців гігантської креветки є наявність сильно розвинених клешнів, за допомогою яких він утримує самку у процесі спарювання. [6]

Статеві органи самок представлені яєчниками (парні органи). Кожен яєчник складається з двох симетрично розташованих порожнин і короткого яйцевода, які знаходяться в головогрудному відділі, дорсально по відношенню до шлунка та травної залози. Гонопори (статеві отвори) у самок розташовуються між переоподами третьої пари. Статеві органи самців представлені сім'яниками (парні утворення), розташовані аналогічно яєчникам самки, насіннєвими протоками та гонопорами (статеві отвори), які знаходяться на коксопідиті п'ятої пари переопід. [7]

Процес спарювання відбувається між статевозрілими особинами, після закінчення процесу линяння у самки (самець повинен мати твердий хітиновий покрив). Запліднення зовнішнє. Плодючість цього виду прямо залежить від маси самки і в міру її збільшення зростає від 20 000 до 150 000 яєць.

1.3. Особливості екології життєвих циклів та поширення гігантської креветки

Ембріогенез. Через кілька годин після запліднення відбувається відкладання яєць. За одними джерелами цей проміжок становить від 5 до 10 годин, за іншими – від 3 до 20 годин. Самки креветки відкладають ікру на плеопод (плавальні ніжки) і виношують її протягом усього періоду розвитку ембріонів. Тривалість ембріогенезу залежить від температури та зменшується

від 32 до 19 діб зі збільшенням температури від 22 до 30°C. Оптимальна температура для ембріогенезу 28-29°C. [8]

У процесі ембріогенезу колір яєць у кладці змінюється від яскраво-жовтогарячого до темно-коричневого або сірого. Досить прозора оболонка яйця дозволяє стежити за диференціацією зародкового диска під час поділу та формування органів (рис. 1.5).

З розвитком ембріонів характеристика яєць змінюється. В екологічних дослідженнях зазвичай виділяють такі групи яєць: щойно запліднені та прикріплені до плеоподів, на стадії до утворення ембріонального ока, з ясно помітним пігментом ока та повністю сформованим ембріоном. В ембріональному розвитку відбувається обводнення та збільшення розмірів та маси яєць у креветок. [8]

У самок креветок під час ембріогенезу частина яєць з різних причин (різні захворювання, обростання епібіонтами, механічне пошкодження і т. д.) гине.

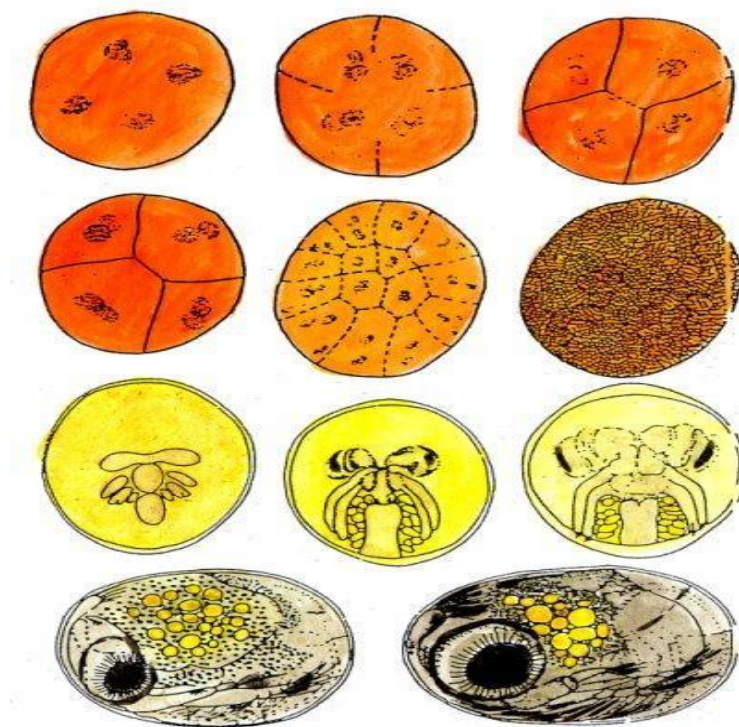


Рис. 1.5 – Ембріональний розвиток гігантської креветки

Втрати яєць у розвитку ембріона становлять від 31 до 40% від загальної кількості яєць у кладці. Крім того, втрати яєць відзначалися під час пересадки самки в окремий акваріум перед виходом личинок. Такі втрати становлять не менше 10% від яєць, що залишилися. Завершується ембріогенез виходом личинок із ікри. [8]

Личинковий розвиток - найбільш складний та вразливий етап онтогенезу гігантської креветки. Цей період характеризується максимальною смертністю, що викликають хвороби, хижаки – планктофаги, низька якість води. Нормальний розвиток личинок протікає в стенобіонтних умовах довкілля. Відхилення оптимальних параметрів призводить до масової загибелі личинок.

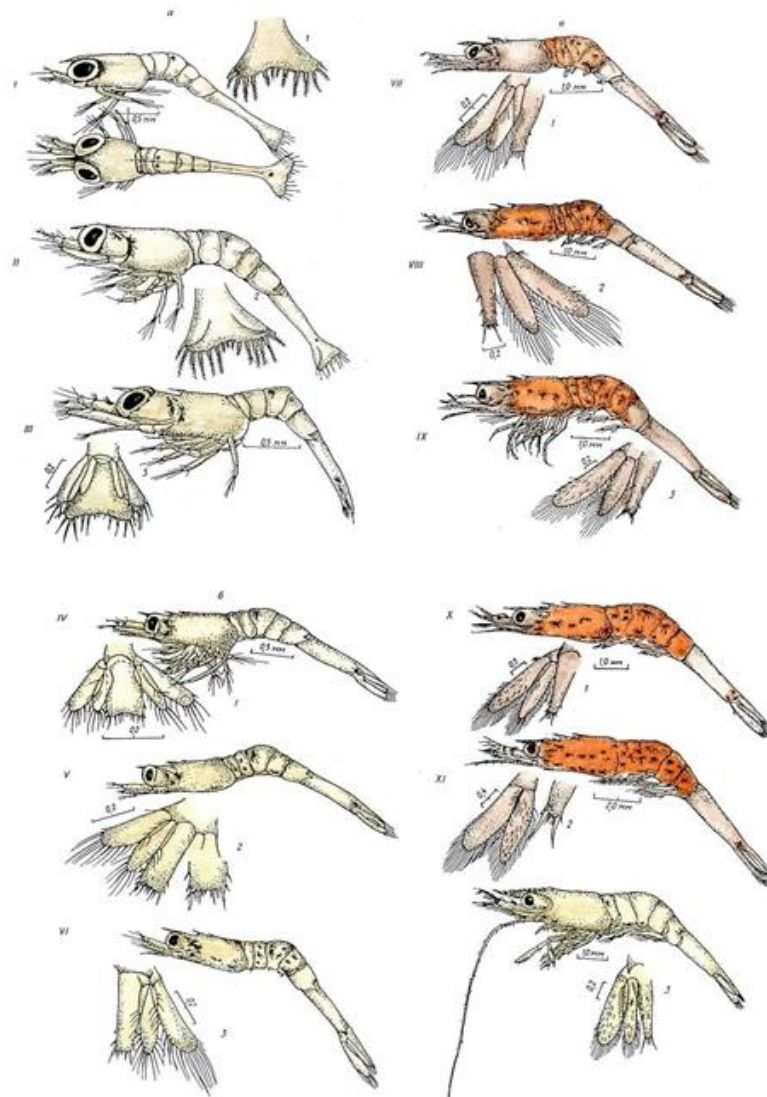


Рис. 1.6 – Личинковий розвиток гігантської креветки: I-XI стадія зоєа і постличинка

Личинка виходить з яйця на стадії зоеа, для якої характерний поділ тіла на головогруді, сегментоване черевце і слабо розвинені кінцівки. Викльовування личинок відбувається в темний час доби і триває від декількох годин до 2 діб. Найбільша кількість личинок (80%) у першу ніч. Перехід до наступної нової стадії відбувається у результаті линек, під час яких личинки активно зростають. Усього для гігантської креветки характерно 11 стадій личинкового розвитку (рис. 1.6). На стадії довжина личинок становить близько 2 мм, наприкінці метаморфозу вони виростають до 7,75 – 9,25 мм. Личинка веде планктонний спосіб життя. [8, 9]

Тривалість личинкового розвитку становить від 25 до 45 діб в залежності від умов середовища зокрема від температурного режиму та солоності води. сприятлива зростання і розвитку гігантської креветки, перебуває у межах 28 – 32°C.

За оптимального поєднання цих показників перші постличинки з'являються через 16 – 18 діб. Виживання личинок у природі зазвичай не перевищує 1%. У разі аквакультури виживання личинок становить 10 – 50%.

Ювенільна (післяличкова) стадія настає після завершення личинкового метаморфозу. Постличинка веде вже даний спосіб життя. На початковому етапі вона характеризується частими линяння і швидким зростанням. За своєю будовою та способом життя постличинки мало відрізняються від дорослих особин. [9]

Деякі дослідники виділяють три стадії постличинкового розвитку: постличинкове, ювенільне та зростання молоді. Оскільки межі між цими етапами розвитку досить умовні, у схемі життєвого циклу правильніше розглядати один ювенільний період, не поділяючи його на більш короткі етапи. Цей вид характеризуються коротким ювенільним періодом, який, за даними різних авторів, продовжується від 3 до 8 місяців.

Виживання постличинок вище, ніж личинок і становить 50 – 70%.

Статевозріла стадія. У віці 4-5 місяців креветки досягають статевої зрілості: самки при довжині тіла 150 мм (маса 25 г), самці – 150 мм (маса 35

г). Окремі самки дозрівають за довжини тіла 80 мм, а самці – за 100 мм. Дорослі особини, як і постличинки, ведуть бентосний спосіб життя. Їх характерна активність у сутінковий і нічний час. [9]

Дорослі особини живуть у прісній воді, віддаючи перевагу тихим заплавам з піщаним або кам'янистим дном, зустрічаються в заростях рослин і під корчами. Для нересту самки мігрують в естуарії, оскільки проходження всіх стадій личинкового розвитку від викльов до постличинки відбувається тільки в солонуватій воді з солоністю від 10 до 20 ‰. Температура води, сприятлива для зростання та розвитку гігантської креветки, знаходиться в межах 28 – 32°C. Лінійне зростання цього виду припиняється при 21°C. Температура нижче 13°C і вище 37°C призводить до загибелі дорослих особин [165]. Оптимальними умовами для креветки вважаються: рН середовища – 7,5 – 8,0; кількість розчиненого кисню близько 70%; концентрація нітритів – 0,1 мг/л, концентрація нітратів – 20 мг/л; фоторежим 12:12. Сприятливо позначається розвиток креветок високий вміст кальцію у питній воді. Тривалість життя гігантської креветки невелика і становить 3-4 роки. [10]

За типом харчування гігантська креветка відноситься до поліфагів, які здатні харчуватися будь-яким тваринним та рослинним кормом, а також детритом залежно від складу місцевої флори та фауни.

Природний ареал гігантської креветки охоплює багато країн Індо-Бага-Пацифіки від Північно-Західної Індії до В'єтнаму, Малайзію, Індонезію, Північну Австралію, Філіппіни, Нову Гвінею.

2 СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИРОЩУВАННЯ КРЕВЕТОК

2.1 Загальні відомості про вирощування найпопулярніших видів креветок

У державах тропічної зони Тихого океану (Індія, Індонезія, Малайзія, В'єтнам, Японія, Китай та ін.) здавна займаються вирощуванням тропічних креветок, що переважно належать до родів *Penaeus*, *Metapenaeus* та ін. ш. при температурі 15-33 °C та при солоності 25-36 ‰. На нерест вони підходять із відкритих районів моря до берегів, та його личинки заносяться в солонуваті лагуни, де добре ростуть. Цим користуються при організації лагунних господарств. Личинки креветок концентруються у спеціально поставлених бамбукових жердин, до яких прив'язані зв'язками водних рослин та трави. Личинок збирають дрібнокомірчастими мережами або сачками, сортують, укладають у глиняні глеки і відправляють у виростні ставки. Найбільш продуктивними є ставки, розташовані безпосередньо біля моря (середній урожай 1100 кг/га). Ставки, пов'язані з морем каналами, дають у середньому 750 кг/га. Найменш продуктивні (не більше 450 кг/га) ставки пов'язані з морем через ставки перших категорій. [10-12]

Щоб підвищити промислову продуктивність, в виростні ставки вносять добрива і стимулюють розвиток кормових планктонних і бентосних організмів. 30 г. Креветок збирають бамбуковими ставними пастками або при спуску ставків зростає в 2 рази, якщо біля входу в них розміщувати джерело світла.

Одним з основних об'єктів вирощування є креветки із сім. *Penaeidae*-гігантська тигрова креветка (*Penaeus monodon*), бананова (*P. merguensis*) та ін. Їх вирощують до товарного розміру в господарствах та прибережній зоні заток, використовуючи їх слабкий міграційний інстинкт. [10-12]

У природі ці креветки дозрівають і нерестяться у морській воді. Нерест проходить із середини травня до кінця вересня при солоності води 32-35 ‰ та

температурі 25-29⁰ С. Запліднені яйця цих креветок викидаються у воду, а через 13-14 діб після нересту з них викльовуються личинки-науплії. Науплії протягом 36 годин линяють 6 разів і переходять у стадію протозоеа, перебуваючи в якій протягом 5 годин також линяють 3 рази. Потім починається стадія мізиду. Мізиди линяють протягом 5 год 3 рази і перетворюються на постличинок. На цьому етапі розвитку личинки залишають товщу води та переходять до донного способу життя. Зовні вони схожі на дорослих особин. [10-12]

У стадії протозоеу личинки починають харчуватися одноклітинними водоростями, дрібними ракоподібними. Постличинки харчуються дрібними бентичними організмами та рослинами.

2.1.1 Розведення японської креветки (*P. Japonicus*)

Розведення починають із вилову виробників у морі. З відловлених дорослих особин відбирають зрілих самок, яких перевозять у розплідники. Самок відсаджують у басейни по 60 шт. на 100 м³ води. Нерест зазвичай відбувається вночі. Які віднерестилися або загиблих самок прибирають з нерестовиків. Одна самка може відкласти від 100 до 300 тис. яєць.

Личинок на цій стадії годують джгутиковими та діатомовими водоростями. Щільність кормових водоростей має підтримуватися лише на рівні 1000 клітин на 1 мл. Мізід годують наупліями артемії (6 г яєць артемії на 10 тис. мізід на добу). Хорошим живим кормом для креветок на цій стадії є коловратки. Через 4 доби мізиди переходять на стадію постличинок, яких спочатку годують наупліями артемії, коловратками, а потім додають подрібнене м'ясо моллюсків або черв'яків у кількості 10 % маси постличинок (20 г корму на 10 тис. постличинок), збільшуючи цю кількість до 8 к-10 20-го дня вирощування). [13]

Постличинок містять у басейнах під дахом, доки вони не досягнуть довжини 12-13 мм та маси 0,01-0,02 г. Потім їх переносять у басейни,

розташовані просто неба, або в ставки.

На великі відстані молодь перевозять у 20-літрових пластикових мішках, куди заливають 8 л морської води, насиченої киснем. Мішки з молоддю розміщують у контейнерах, які встановлюють у машини з холодильними пристроями, та перевозять до виростних ставків. Ставки для вирощування креветок можуть мати площу від 0,15 до 8 га. Дно в ставках має бути піщаним. Щоб креветки не вистрибували, ставки вздовж гребель огорожують нейловою сіткою, і труби, що водоподають, захищають сіткою, щоб у ставки не потрапили хижаки. [13]

Молодь креветок переносять у ставки у травні-червні з розрахунку 150-180 екз./м². Як корм використовують м'ясо двостулкових; молюсків (30%) та ракоподібних (70%). Останнім часом м'ясо двостулкових молюсків замінюють на м'ясо кальмарів. Корм задають 2-5 разів на добу та підтримують цю частоту годівлі, поки креветки не досягнуть маси 1 г (табл.2.1). Потім їх годують лише вночі, тому що вдень вони перебувають у укриттях. [14]

Годівля молоді креветок (так званий постларвальний етап або PL — від англ. post-larvae) є критично важливим етапом у їх вирощуванні, оскільки на цьому етапі формуються основи майбутнього росту, здоров'я і виживаності.

Таблиця 2.1 – Типи кормів для молоді креветок

Етап	Тип корму	Особливості
PL1–PL5	Живий корм (ротаторії, артемія, наупліуси)	Висока поживність, легке засвоєння
PL5–PL15	Мікро гранули, напіввологий корм, мікрокапсульовані корми	Дрібні частки, високий вміст білка (45–55%)
PL15–PL30	Пелети для молоді (1.0–1.2 мм), біофлок (у відповідних системах)	Білок 40–50%, можливе поступове введення в раціон промислового корму

Загальний кормовий коефіцієнт дуже високий - на 1 кг приросту креветок потрібно 13-14 кг сирого корму або 2-3 кг сухого. При годівлі креветок молюсками у ставках накопичується багато залишків м'яса та стулок, які необхідно періодично видаляти. [13]

У літні місяці креветок доводиться кілька разів розріджувати, зберігаючи щільність посадки трохи більше 250 г/м². Зазвичай креветки масою 1-2 г, посаджені у липні, виростають до жовтня до 20-25 г. Виживання у виростних ставках становить 60 % і більше у тому випадку, якщо ведеться активна боротьба з хижаками. Якщо в ставки висаджують підрощену молодь масою 1-6 г, виживання підвищується до 80-90%. Істотне значення змісту креветок має гідрохімічний режим. До осені в придонному шарі ставків накопичуються аміак, нітратний азот, а в спекотні дні і сірководень. У таких випадках посилюють аерацію або обробляють ставки окисом заліза, що сприяє перетворенню отруйного сірководню на неотруйне сірчисте залізо.

При вирощуванні креветок у теплих водах можна одержати товарну продукцію близько 1,5 т/га. Для цього густина посадки молоді масою 1-2 г повинна становити 180 тис. шт/га. Однак у виробничих умовах одержують не більше 0,65 т/га.

2.1.2 Вирощування гігантської прісноводної креветки (*Macrobrachium Rosenberg*)

Особливо цінною для вирощування в нашій країні є прісноводна, швидкоросла і дуже велика креветка макробрахіум. Її вирощують у ставках теплових електростанцій. У природних умовах ці креветки мешкають у прісних та солоних водах. Самці досягають довжини 25 см і маси 150 г, а самки-15 см і 100 г. [13-15]

Дорослі особини відкладають яйця в естуаріях річок. Самки нерестяться 3-4 рази на рік, щоразу відкладаючи до 120 тис. яєць, які розбиваються і залишаються прикріпленими до самки протягом 19 діб при

температурі 26-28 °С. На дванадцятий день розвитку забарвлення яєць змінюється від помаранчевого до палевого. Потім вона набуває сірого (сталевого) відтінку, після чого починається виклювання личинок. Для розвитку личинок потрібна вода солоністю 8-22‰.

З перших днів життя личинки активно плавають, долаючи сильні течії, завдяки чому вони досить швидко опускаються в райони з відповідною солоністю. Спочатку личинки харчуються зоопланктоном та детритом тваринного та рослинного походження, а потім бентосом. За 35-55 діб личинки проходять 12 стадій розвитку, перетворюючись на молодь, яка переходить до донного способу життя, харчується детритом і тваринною їжею, а при нестачі корму може поїдати своїх родичів. Молодь линяє кожні 5-6 діб, маючи довжину 5-6 см і масу близько 5 м. Деякі особи від місця народження віддаляються більш ніж на 60 км. За оптимальних умов креветки дозрівають у віці 9 місяців і починають мігрувати вниз по струмку, входять для розмноження в естуарії. [14]

У країнах Південно-Східної Азії, в Латинській Америці, США вирощують довгоруку креветку, хоча їх розведення і утруднене через агресивність самців, високі вимоги до об'єму води, газовий і температурний режими.

Розведення креветки починають з відлову виробників у річках за допомогою пасток і сіток, використовуючи в якості приманки земляних черв'яків, дрібних креветок, шматочки кокосових горіхів. можна перевозити в плетених кошиках, не забуваючи іноді змочувати водою.

Для однієї пари виробників достатньо акваріума місткістю 60 л. Зрілих самців містять окремо від самок і один від одного по одному на акваріум; їх можна містити і всіх разом, в одному акваріумі, проте при появі особин, що линяють, щоб уникнути канібалізму самців необхідно відсаджувати на 2-3 год (поки не зміцніють хітинові покриви) в окремі акваріуми. Самок, які нещодавно полиняли, садять в акваріум до самця, де протягом 24 год відбуваються спарювання та запліднення ікри. Якщо у водоймі відловлені

самки з яйцями, їх утримують окремо в акваріумах-нерестовиках місткістю 50-60 л. [13-16]

Під час розвитку яєць слід аерувати воду у нерестовику. Як тільки колір яєць зміниться від помаранчевого до сірого, в акваріум додають 5% морської води, що сприяє кращому виклеюванню личинок. Для їх вирощування використовують садки об'ємом 0,5 х 0,7 х (2:3) м з невеликим ухилом дна у бік стоку.

Оптимальна температура води 26-28 ° С, рН-7-8, солоність 12-14%. Воду постійно аерують і частково змінюють кожні 10 діб. Вода має містити хлору.

Личинок починають годувати у віці 2-3 діб. Протягом перших 2 тижнів їх годують 3 рази на добу, у наступний період вирощування корм задають 4 рази на день і 1 раз уночі. Їх годують планктонними ракоподібними або наупліями артемії. На 60 тис. личинок щодня протягом перших 3-4 діб дають Уз чайної ложки яєць артемії, а протягом наступних 30 діб вирощування 1,5 чайної ложки яєць артемії. Кормом для личинок може служити м'ясо риб та ракоподібних, варені розтерті яйця, яєчний, паштет та ікра бур'янів. Корм варять, протирають через сітку з певним розміром вічка та згодовують личинкам. Ікру бур'янів звільняють від плівки, кілька разів промивають у чистій воді, а потім дрібну ікру згодовують молодшим, а велику ікру старшим віковим групам личинок. Денний раціон становить близько 30% маси личинок. [15]

Личинки часто хворіють на грибкові захворювання. Хорошим засобом для боротьби із захворюваннями є шестигодинна обробка личинок розчинами малахітової зелені (0,2 мг/л) та сульфату міді (0,4 мг/л).

Після того як основна маса личинок досягне стадії метаморфозу, їх переводять в ставки. в яких після линяння ховаються постличинки.

Постличинки споживають дрібних олігохет, хірономід, а також корм з сухих черв'яків, комах, риб, моллюсків, креветок. З рослинних кормів креветкам дають подрібнений рис чи боби. [16]

Вдень постличинок годують 2-3 рази сухими кормами, а вночі живими олігохетами та личинками хірономід. Рослинні корми задають один раз кожні два дні. Через 2 місяці постличинки виростають довжиною 5 см і готові до перенесення в великих виростних ставків.

Попередження інфекційних та паразитарних захворювань креветок здійснюється за допомогою повного осушення ложа ставка та його дезінфекції до та після використання. Для вирощування товарних довгоруких креветок використовують ставки, кар'єри та іригаційні канали площею близько 400 м² і глибиною 30 см, а також ставки площею 1000 м² і глибиною 1-1,5 м. Водовпускні та водовипускні отвори затягують сіткою для захисту від хижаків. Вода у водоймах, де проводять вирощування креветок, має постійно змінюватися. [16-18]

Для розвитку фітопланктону, зоопланктону та бентосу рекомендується щомісяця вносити в став органічні добрива (200 кг коров'ячого гною) та вапна (10 кг/га).

В якості корму (при вирощуванні товарних креветок у великих виростних ставках використовують м'ясо бур'янів, молюсків, земляних черв'яків, м'ясні та рибні відходи, комах, лялечку тутового шовкопряда, подрібнений рис, відходи фруктів. Добовий харчовий раціон складається на 75 % з маси креветок. Половина раціону задається в ранкові години, друга половина-в післяобідні.

Креветки чутливі до дефіциту розчиненого у воді кисню, тому контроль за його вмістом необхідно проводити регулярно.

За оптимальних умов вирощування молодь креветок розміром 5 см і масою 1-2 г досягає товарної маси 100 г за 5-6 міс, що дозволяє в умовах тропіків отримувати два врожаї на рік. [17]

При культивуванні гігантських креветок у системах із застосуванням інтенсивних методів вирощування виділяються такі етапи:

- витримування та нерест виробників, інкубація ікри та отримання личинок (жовтень-травень);

- вирощування личинок у замкнутій системі з виростними басейнами при солоності морської води 7-8‰ та температурі 28-30°C (травень-лютий);
- вирощування постличинок у замкнутій системі виростних ємностей до молоді масою; 2,9 г при щільності посадки 500 екз.
- вирощування креветок у ставках до товарного розміру (травень-середина жовтня). Продукція у ставках становить 1-1,5 т/га. [16-18]

При вирощуванні креветок старшого віку потрібно використовувати штучні корми. Результати вирощування креветок значною мірою залежить від доброякісності кормів. Креветкам необхідні корми з вмістом білка 40-60% у кормовій суміші.

Як джерела білка підходять м'ясо кальмарів, соєве борошно, креветкове борошно і деякі види рибного борошна. Склад білків корму повинен задовольняти потреби креветок у незамінних амінокислотах: фенілаланін, лізин, гістидин, аспарагінову кислоту, треоніну, валіну, метіоніну, ізолейцину, лейцину і триптофану. Для креветок потрібна наявність у кормах специфічних жирних кислот. Дуже важлива присутність ліноленової кислоти. Ефективність використання вуглеводів залежить від їхнього джерела.

Так, крохмаль засвоюється креветками набагато краще, ніж прості цукри. У кормовій суміші необхідна присутність близько 0,5 % стеролів, оскільки креветки їх не синтезують, але високий вміст у кормах призводить, зокрема, до затримки росту креветок. Обов'язкова наявність у кормах вітамінів, мінеральних компонентів та мікроелементів. Як живий корм для креветок на ранніх стадіях розвитку можна використовувати морських коловраток. [19]

У ставках макробрахій вирощують влітку при температурі води 25-28°C. Таке вирощування молоді креветок в прісних водоймах можливе в моно-і полікультурі з планктоноядними і рослиноїдними рибами-строкатим і звичайним товстолобиком, гурами, тилapiaєю і білим амуром, а в солонуватій воді - спільно з кефаллями.

У Чорному та Азовському морях мешкають креветки роду *Palaemon* – адсперзус та елеганс. У них дворічний біологічний цикл, що досягають довжини 5-8 см і маси 1,5-2 г. Вони евригалінні та евртермні. Добре переносять сезонні зміни температури від 0 до 30°C та солоності від 3 до 30 ‰. Ікру відкладають 3-4 рази за літо при температурі 15-20°C та солоності 9-25 ‰. При меншій солоності активна осморегуляція у креветок замінюється на пасивну і вони стають нежиттєздатними. При температурі 0,5°C креветки нерухомі, не харчуються і споживають кисню лише 0,05-0,07 мл, г/год. При підвищенні температури води від 9 до 25°C їхня активність, інтенсивність дихання та споживання корму збільшуються. При температурах 19-22°C вони споживають кисню 0,32 мл, г/год та добовий раціон становить близько 16 % їхньої маси. При температурах 27-30°C яскраво проявляється порушення фізіологічних процесів. Спочатку різко підвищується активність (кисню споживають 0,47-0,5 мл, г/год), а харчування припиняється, і при 30-32°C настає загибель. Критичним є вміст у воді кисню нижче 40% насичення. [19]

2.2 Вирощування креветок у системах RAS

RAS можна визначити як систему аквакультури, яка включає очищення та повторне використання води, при цьому за добу замінюється менше 10% від загального об'єму води. Концепція RAS полягає у повторному використанні та подачі певного об'єму води після безперервного очищення до культивованих організмів. Компоненти водопідготовки, що використовуються в RAS, повинні відповідати високим витратам корму, необхідним для підтримки високих темпів росту і високої щільності поголів'я, необхідних для досягнення фінансових результатів [18]. У світовій практиці існують три основні методи вирощування креветок: екстенсивний, напівінтенсивний та інтенсивний:

- Екстенсивний метод: цей підхід передбачає використання великих природних або штучних водойм з мінімальним втручанням людини. Продуктивність такого методу є низькою, але витрати також мінімальні.
- Напівінтенсивний метод: використовуються середні за розміром ставки або басейни, де контроль за умовами середовища є частковим. Застосовуються додаткові корми та аерація для підвищення продуктивності.
- Інтенсивний метод: передбачає повний контроль за умовами вирощування у спеціалізованих системах замкнутого водопостачання (RAS). Цей метод є найбільш продуктивним, але вимагає значних інвестицій та технічних знань. [20]

Білонога креветка є одним з найбільш затребуваних рибних товарів в секторі аквакультури завдяки своїй високій ціні, гарним смаковим якостям та стійкості до хвороб. У відповідь на високий попит, однією з інновацій для вирощування білоногих креветок є система рециркуляційної аквакультури (RAS). RAS це технологія аквакультури, яка переробляє використану воду за допомогою фільтра для видалення продуктів, що містяться в стічних водах. Використання RAS має багато переваг, а саме: скорочення обороту води, хороша якість води та покращення продуктивність культури білоногих креветок. Крім того, RAS також знижує ймовірність зараження хворобами в культурі креветок. [20]

RAS - це технологія аквакультури, яка переробляє воду за допомогою фільтра, що видаляє продукти стічних вод, який перетворює токсичні сполуки, такі як амоній, тверді відходи та CO₂, на нетоксичні сполуки, які можна знову використовувати у ставку. Ця технологія вигідна тим, що не вимагає багато землі, зменшує кількість води, забезпечуючи високу щільність зариблення, і зменшує кількість відходів, таких як фекалії, нез'їдений корм або органічні речовини у товщі води. Попереднє дослідження показало, що RAS може скоротити 90-99% споживання води та зменшити концентрацію аміаку до 0,46 гм²/день. Метод RAS також призвів до хороших показників росту, виживання та виробництва. [20]

Дослідження аквакультури *Ictalurus punctatus* та *Spinibarbus sinensis* показало кращу питому швидкість росту, кінцеву вагу, продуктивність та виживання в рециркуляційному ставку, ніж у нерциркуляційному. Технологія RAS застосовується для морських, солонуватих і прісноводних товарів, а нещодавно - для вирощування білоногих креветок або креветок Ваннамея (*Penaeus vannamei*). [20-23]

Білонога креветка є важливим економічним товаром у всьому світі. За даними 2023 року, виробництво білоногих креветок досягло 3,5 мільйона тонн, і навіть повідомлялося, що вони є найважливішим видом аквакультури. Білонога креветка має багато переваг перед іншими креветками завдяки більшій стійкості до хвороб, швидшому зростанню та високій стресостійкості. Саме завдяки своєму величезному потенціалу застосування RAS у вирощуванні білоногих креветок почало викликати інтерес.

RAS має на меті забезпечити відповідне середовище для інтенсивного виробництва рибних товарів, головним чином білоногих креветок, шляхом безперервної роботи та рівномірного потоку води та кисню, а також рівня води, оскільки вони є важливими компонентами аквакультури. Крім того, перевага RAS полягає в тому, що вона є більш екологічною, адаптивною, передбачуваною, санітарною та високоефективною у використанні водних ресурсів. Для очищення води використовуються механічна або біологічна фільтрація, стерилізація та оксигенація. Вони також заявили, що RAS пропонує можливості для покращення управління відходами, зменшення використання води та рециркуляції поживних речовин. [21]

RAS є альтернативою для подолання проблеми обмеженості земельних ресурсів. Однак вона все ще має враховувати аспекти промислового менеджменту, які можуть включати продукти, сировину, виробництво, маркетинг, промислові відносини та внутрішній менеджмент. Кілька досліджень довели позитивний ефект від застосування RAS, який включає зменшення споживання води, збільшення використання відходів та перероблених поживних речовин, а також кращий контроль за гігієною та

хворобами. Переваги RAS вказують на значний потенціал для розвитку технології вирощування білоногих креветок за рахунок підвищення якості та продуктивності. Білоногі креветки, як відомо, є найпродуктивнішими культивованими ракоподібними завдяки своїй високій врожайності, високій толерантності, хорошій адаптивності та швидкому зростанню. [21]

Перші успіхи в напрямку завершення життєвого циклу креветок-пенатів у неволі відбулися в 1934 році, після чого було винайдено технологію RAS, яка була впроваджена ще в 1950-х роках в Японії. У 1970 році німецька програма продемонструвала можливість інтенсивного вирощування коропа в RAS, а згодом Датський інститут аквакультури здійснив інноваційні зусилля з розвитку подальших технічних аспектів RAS. Сьогодні багато фермерів та дослідників застосовують технологію RAS при вирощуванні білоногих креветок. Вважається, що ця технологія заслуговує на увагу і може бути широко застосована для зменшення впливу на навколишнє середовище від скидання стічних вод і ризику зараження хворобами із забруднених зовнішніх джерел водопостачання. У поєднанні з побудованою системою водно-болотних угідь, RAS може бути життєздатним способом сталого розвитку аквакультури. З точки зору ієрархічного аналітичного процесу, технологія RAS є найбільш придатною для інтенсивного вирощування білоногих креветок, виходячи з мінімального використання землі для вирощування білоногих креветок, наявності солонуватих вод, екологічності, енергоспоживання та біобезпеки. Крім того, RAS можна застосовувати для суперінтенсивного вирощування білоногих креветок при оптимальній щільності 500 PL/м³, що забезпечує високу продуктивність до 5,20 кг/м³ протягом 84 днів періоду вирощування. Тим не менш, технологія RAS все ще має свої проблеми в застосуванні, однією з яких є енергоефективність. Лише за наявності відповідного рішення RAS зможе і надалі підтримувати продуктивність культури білоногих креветок у майбутньому. [22-25]

RAS забезпечує альтернативний метод виробництва, коли він обмежений екологічними нормами, хворобами, наявністю землі, солоністю,

температурою та водою. Рециркуляційна система аквакультури (RAS) може видаляти метаболічні відходи з системи вирощування шляхом очищення води, що включає фізичну та біологічну фільтрацію, для реалізації утилізації переробленої води аквакультури. Для цього система оснащена низкою процесів водопідготовки, що призводить до великих витрат води і, як наслідок, до високого споживання енергії. Незважаючи на це, RAS може ефективно перетворювати відходи метаболізму креветок, такі як аміак і нітрити, в малотоксичні нітрати, а також контролювати аміак і нітрити в межах безпечного для культури креветок діапазону концентрацій. Надмірне співвідношення C/N пригнічуватиме ріст нітрифікуючих бактерій, а нітрифікація біофільтра здійснюється переважно автотрофними нітрифікуючими бактеріями. [22]

Рециркуляційні аквакультурні об'єкти зменшують потреби у воді та скиди, відновлюючи воду для багаторазового використання. Таким чином, за допомогою RAS можна досягти кращої конверсії корму, що також свідчить про те, що з корму утворюється менше відходів. Технологія RAS може зменшити потік стічних вод у 500-1000 разів. Рециркуляційні системи дуже сумісні зі складним характером розмноження і плодючістю маточного стада більшості морських видів, що може допомогти зменшити витрати на переробку відходів. Вважається, що погіршення якості води негативно впливає на ріст і виживання креветок. При постійному використанні технології RAS можна підтримувати стабільні параметри якості води навіть при високій щільності зариблення до 1000 екз./м³ з високим органічним навантаженням на систему. [23]

2.3 RAS та гібридні RAS

RAS довела свою ефективність у поєднанні з існуючими технологіями аквакультури, такими як структуровані водно-болотні угіддя (CW), біофлок

та мультитрофічна аквакультура. Кілька попередніх досліджень виявили потенціал у поєднанні RAS та мультитрофічної аквакультури, в якій вода поступово збагачується поживними речовинами, що утворюються при вирощуванні креветок, де NO^- була азотною формою, присутньою в найбільшій концентрації, за якою слідували NH^+ та NO^- . Така картина збагачення була подібною до інших досліджень з вирощування креветок RAS; процеси нітрифікації відбувалися природним шляхом і призвели до високих рівнів нітратів при одночасному спостереженні значного збільшення концентрації PO_3 у відсіках RAS. У кількох дослідженнях повідомлялося, що збільшення концентрації цих поживних речовин може бути корисним для виробництва морських водоростей при інтегрованому вирощуванні, що також може зменшити кількість відходів, що викидаються в навколишнє середовище. Збільшення кількості поживних речовин було сприятливим для росту *Gracilariopsis tenuifrons*, демонструючи ефективне перетворення метаболічних відходів креветок на біомасу водоростей. [25-27]

Ефективність технології RAS у вирощуванні креветок часто оцінюють, порівнюючи її економічну доступність та ефективність з іншими підходами. В останні роки ХВ широко використовуються для очищення стічних вод та відновлення екосистем. Очищення стічних вод за допомогою ХВ є наслідком фізичних, біологічних та хімічних механізмів. Згідно з дослідженнями, комбінація ХВ і РАН може знизити концентрацію азоту у воді ставка в середньому до 34%-50% за рахунок рециркуляції води в трьох різних аспектах: переважно денітрифікації, накопичення субстрату водно-болотних угідь (4%) і асиміляції рослинами (4,12%). Таким чином, стічні води можуть бути використані як живильне середовище для вирощування мікроводоростей для підвищення стійкості системи. Окрім здатності сприяти росту мікроводоростей, стічні води можуть підвищувати доступність корисних біологічно активних сполук для таких водних видів, як білонога креветка. Інше попереднє дослідження, проведене Янгом та ін., показало, що середня концентрація розчиненого кисню в системі RAS становила близько

5,1 мг/л-1 з концентрацією ЗОВ між 0,002-0,15 мг/л-1 і рівнем рН в діапазоні 7,62-8,29 через приблизно 90 днів. Випробування культури дало хороші результати: кінцевий вихід креветок склав близько 4,6 кг/м² при низькій вартості вирощування 1 кг креветок з використанням 1000 л води та 2,16 кВт/год електроенергії. Порівняння існуючих інтенсивних технологій вирощування креветок (біофлок, суперінтенсивна, вирощування креветок в міні-масштабах з використанням брезенту/поліетилену високої щільності (BUSMETIK-HDPE) та RAS) показало, що найбільш підходящою технологією для інтенсивного вирощування білоногих креветок є RAS. RAS вигідна для вирощування креветок, оскільки вона може використовувати солонуваті джерела води, вимагає мінімальної земельної площі, є екологічно чистою з меншим споживанням електроенергії та забезпечує біобезпеку. [23]

2.4 Біофлок технологія вирощування креветок

Однією з ключових проблем сучасної аквакультури є корисне використання білка (NPU - net protein utilization). Корисне використання білка - співвідношення кількості амінокислот перетворених у білок до кількості спожитих амінокислот. Наразі в умовах РАС цей показник сягає лише 25%. Тобто 75% протеїну в кормах не використовується належним чином. А протеїн, як відомо, це найдорожчий компонент рибних комбікормів, і його низьке використання призводить до збільшення собівартості вирощеної продукції. [23]

Крім того, невикористаний протеїн відкладається у вигляді відходів, на переробку яких потрібно затратити певну кількість енергії. Крім цього у воді накопичується величезна кількість поживних речовин, які не використовуються належним чином.

У наших обмежених фінансових умовах будівництво новітніх технологій є дуже дорогим. Більше того, навіть найсучасніші технології не

дозволяють досягти вищого рівня використання протеїну. Це можна зробити лише шляхом розробки спеціальних кормів, які здатні підвищити цей показник. [24]

Наразі, настав період активного розвитку аквакультури, який пов'язаний зі зменшенням світового океану. Це підштовхує вчених і фермерів до мінімізації використання дорогих кормів, що призводить до розробки нових технологій для підвищення продуктивності гідробіонтів.

Однією з таких технологій є технологія біофлокуляції. Завдяки її впровадженню ми маємо можливість підвищити корисне використання протеїну до 50%.

Ця технологія нещодавно була визнана як стійкий (самодостатній) метод контролю якості води з додатковим виробництвом протеїну в середовищі. [24]

Розроблена доктором Авнімілеч в Ізраїлі наприкінці 1990-х, де широко застосовується для товарного вирощування тилапії. Ця технологія також застосовується для вирощування морських креветок роду *Penaeus* (ванна, тигрова). Це найбільш продуктивний спосіб вирощування ракоподібних на сьогодні.

Мікробіальний протеїн, який виробляється завдяки цій технології, має набагато більшу харчову цінність за той протеїн, що міститься в продукційних кормах. Це веде до зменшення витрат на корми на 25-30%.

Біофлок - скупчення макро- та мікрофітів, зокрема діатомових водоростей, найпростіших, бактерій, грибів, а також рештки мертвих тварин, фекалії та інша органіка. У результаті симбіотичного скупчення отримуємо колонії з високим рівнем мікробіального протеїну, який споживають риби та ракоподібні. [25-29]

Біофлок технологія — це інноваційний метод інтенсивного аквакультурного вирощування, який широко використовується для розведення креветок (особливо *Litopenaeus vannamei* — білої тихоокеанської креветки). Ця технологія дозволяє зменшити витрати на корми, покращити

якість води, і підвищити продуктивність, створюючи саморегульовану екосистему.

Біофлок — це мікроскопічні агрегати, що складаються з:

- бактерій (головним чином гетеротрофних),
- водоростей,
- зоопланктону,
- залишків корму,
- екскрементів креветок,
- органічного детриту.

Ці флоки плавають у воді та слугують додатковим джерелом білка для креветок. [25-29]

Принцип роботи біофлок-системи:

1. Контроль співвідношення C:N (вуглець:азот)

Щоб стимулювати розвиток гетеротрофних бактерій, у воду додають джерело вуглецю (наприклад, меляса, крохмаль, глюкоза) при високому вмісті азоту (амонію). Оптимальне співвідношення C:N $\approx$ 15:1–20:1.

2. Аерація

Потрібна потужна система аерації, що забезпечує перемішування води й насичення її киснем. Флоки повинні залишатися в зваженому стані.

3. Відсутність або мінімальне оновлення води

Система є замкненою або напівзамкненою, що знижує потребу у великій кількості прісної води та зменшує ризик занесення патогенів. [25-29]

Переваги біофлок технології:

- Зниження витрат на корми: креветки поїдають флоки як додаткове джерело білка.
- Поліпшення якості води: бактерії перетворюють токсичний амоній у біомасу.
- Менше хвороб: завдяки конкуренції між мікроорганізмами патогени пригнічуються.

- Екологічність: практично без зливу води, що зменшує вплив на навколишнє середовище.

Недоліки біофлок технології:

- Початкові інвестиції: потрібна якісна система аерації, контрольні прилади.
- Потреба у моніторингу: необхідно постійно контролювати параметри води — рН, амоній, нітрит, кисень, лужність, вуглець.
- Не підходить для всіх видів: не всі види креветок або риб добре ростуть у біофлок-середовищі. [25-29]

Для підтримки високої якості води в УЗВ. У воді з біофлоком мешкають значно більша кількість гетеротрофних бактерій, які використовують шкідливі речовини, багаті на азот, як субстрат для росту. Це сприяє збільшенню якості води за допомогою зменшення органічного навантаження, біохімічного споживання кисню в системі, а також збільшенню співвідношення вуглецю й азоту. Високе співвідношення вуглецю й азоту є обов'язковою умовою для контролю накопичення органічного азоту в товщі води. [25-29] За достатнього для підтримання чисельності бактерій співвідношення C:N, бактерії переробляють неорганічний азот на органічний, тим самим роблячи внесок у поліпшення якості води в УЗВ (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Ефективні умови для креветок у біофлоці

Параметр	Оптимальне значення
Температура	28–32 °C
рН	7.0–8.0
DO (кисень)	>5 мг/л
NH ₃ (амоній)	<1 мг/л
Лужність	100–150 мг/л
Солоність	5–35 ppt (залежить від виду)

Для забезпечення такого вмісту вуглецю необхідно регулярно вносити підживлення для бактерій (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Приклад джерел вуглецю

Джерело вуглецю	Характеристика
М'яса	Дешево, легко доступне
Крохмаль	Повільніше ферментується
Сахароза	Швидка дія, але дорожча

Наприклад, під час вирощування личинок *Macrobrachium rosenbergi* в умовах УЗВ з різними джерелами вуглеводу для біофлоку було встановлено, що використання глюкози або гліцерину як джерела вуглецю для біофлоку призвело до вищого вмісту бактеріального білка у воді та високих рівнів жирних кислот у тканинах креветок. Таке збільшення згодом призвело до збільшення рівня виживаності молоді. [26]

Країни як Індонезія, Індія, Бангладеш, Бразилія активно впроваджують біофлок у промислових масштабах. Успішні ферми демонструють урожайність понад 20–30 тонн/га/цикл.

У сучасних умовах розвитку аквакультури, впровадження інноваційних технологій стає ключовим чинником успішного та сталого вирощування креветки. Новітні підходи дозволяють не лише підвищити продуктивність виробництва, а й мінімізувати екологічний вплив, оптимізувати використання ресурсів та покращити якість кінцевої продукції. [26]

Щоб оцінити переваги, обмеження та перспективи кожного з напрямів, нижче представлено порівняльну таблицю основних інноваційних технологій у вирощуванні креветки. Вона дозволяє швидко зрозуміти, які рішення є найбільш ефективними, економічно доцільними та перспективними для впровадження в найближчі роки (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Порівняння сучасних технологій вирощування креветки

Технологія	Переваги	Недоліки/ Виклики	Вартість впровадження	Перспектива розвитку
Замкнуті рециркуляційні системи (RAS)	- Економія води (до 90%) - Повний контроль умов - Екологічність	- Висока стартова вартість - Високі енерговитрати	Висока	Висока
Біофлок- технологія	- Зменшення витрат на корм - Поліпшення якості води - Профілактика хвороб	- Необхідний баланс мікрофлори - Потребує постійного моніторингу	Середня	Висока
Автоматизація та цифровізація	- Моніторинг у реальному часі - Зниження людського фактору - Оптимізація процесів	- Інвестиції в обладнання та програмне забезпечення	Середня / Висока	Дуже висока
Інноваційні корми	- Зниження собівартості - Покращення здоров'я креветки - Екологічність	- Потребує тестування для різних видів - Вартість на старті	Середня	Висока
Генетичні програми	- Вища стійкість до хвороб - Прискорене зростання - Краща якість продукції	- Етичні питання - Довготривалі селекційні цикли	Висока	Висока
Urban aquaculture	- Свіжість продукту для	- Високі витрати на	Висока	Дуже висока

Технологія	Переваги	Недоліки/ Виклики	Вартість впровадження	Перспектива розвитку
	ринку - Мінімізація логістики - Використання непридатних площ	приміщення та системи контролю умов		

Аналіз сучасних технологій вирощування креветки демонструє, що галузь перебуває на етапі активної трансформації. Найбільший потенціал для масштабування мають системи замкнутого водопостачання (RAS), біофлор-технології та автоматизовані цифрові рішення. Саме вони дозволяють одночасно забезпечити високу врожайність, стабільну якість продукції та відповідність сучасним екологічним стандартам. [26]

Розробка інноваційних кормів та генетичних програм є перспективними додатковими напрямками, які доповнюють основні технології, підвищуючи ефективність виробництва та здоров'я поголів'я.

Особливу зацікавленість викликає концепція urban aquaculture — вирощування креветки у міських умовах. Це рішення може стати трендом найближчих років, забезпечуючи локальні ринки свіжою продукцією та зменшуючи логістичне навантаження.

Таким чином, комплексне поєднання кількох інноваційних рішень дає змогу досягти максимальної економічної вигоди, екологічної стійкості та конкурентоспроможності в умовах глобального ринку аквакультури. [26]

2.5 Вирощування креветок в аквапонних системах

Аквапоніка стає популярним світовим трендом. Вона поєднує в собі аквакультуру – практику з вирощування риби та гідропоніку – розведення рослин у воді без ґрунту. Таким чином, аквапоніка – приклад

рециркуляційних систем, відомих як агрогосподарства, інтегровані з аквакультурою. [27]

Деякі інтегровані фермерські господарства використовують води на 90% менше у порівнянні з традиційним сільським господарством. Це прекрасний результат для сільськогосподарського сектору, в якому використовується близько 70% усієї доступної прісної води у світі.

Для тих регіонів світу, де й так мізерні запаси води, надзвичайно важливі інноваційні методи вирощування продовольства. Наприклад, це дуже актуально для Близького Сходу та Північної Африки, які знамениті своєю спекою та пустелями. У цих регіонах один із найнижчих рівнів запасів прісної води у світі, та й ті переважно ґрунтові, невідновлювані запаси близькі до вичерпання. За останні 40 років об'єми доступної прісної води скоротились там на 60% і, очікується, що до 2050 року вони знизяться ще на 50%. [27]

В аквапоніці вода має подвійне значення — для проживання гідробіонтів та для вирощування сільськогосподарських культур, що дозволяє отримати одразу два продукти. І це не єдина перевага: відходи життєдіяльності гідробіонтів удобрюють воду, яка зрошує рослини, а рослини очищують воду для гідробіонтів. Ситуація безпрограшна. Продовольства більше, а ресурсів — менше. Це майбутнє сільського господарства. [27]

Вирощування креветки в аквапоніці — це перспективна, але складна технологія, що поєднує аквакультуру (вирощування водних організмів) із гідропонікою (вирощування рослин без ґрунту). Ідея полягає в тому, що продукти життєдіяльності креветок (зокрема аміак) перетворюються нітрифікуючими бактеріями на нітрати, які потім слугують добривами для рослин.

Аквапоніка — це симбіотична система, в якій:

- Креветки вирощуються у воді, виділяють відходи (переважно аміак)

- Нітрифікуючі бактерії перетворюють аміак спочатку в нітрити, а потім у нітрати
- Рослини поглинають ці нітрати як добриво
- Очищена вода повертається до басейну з креветками

Таким чином, це замкнута екосистема без потреби змінювати воду і вносити хімічні добрива (рис. 2.1).

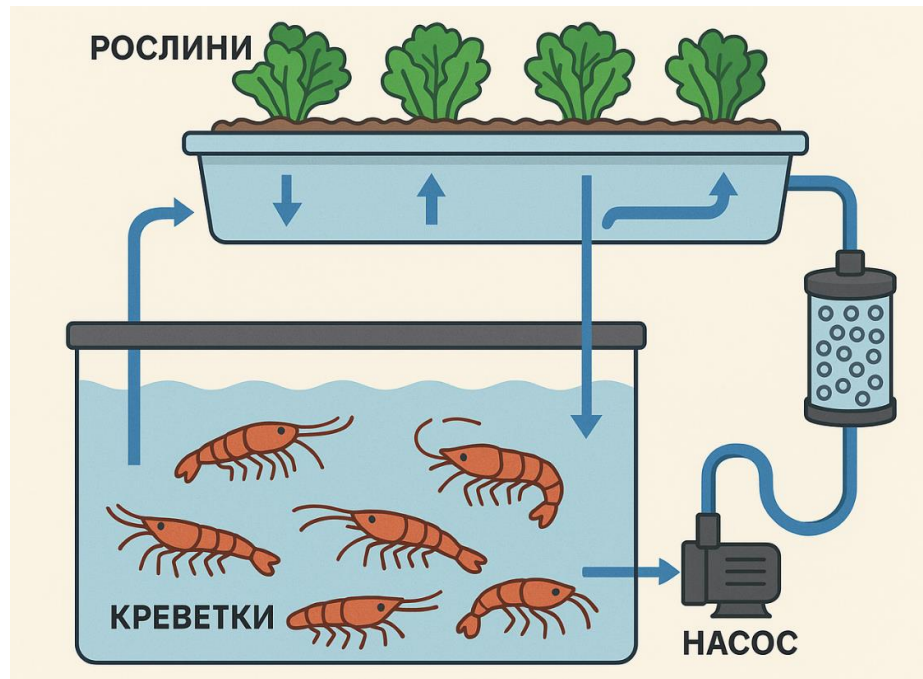


Рис. 2.1 – Схема вирощування креветок в аквапоніці

Аквапонна система працює поетапно:

- Креветки виділяють у воду: аміак (NH_3) із сечі та залишків корму, органічні залишки (фекалії, недоїдки). Аміак у великих концентраціях токсичний для креветок.
- Нітрифікація (біофільтрація). Спеціальні бактерії на фільтруючих матеріалах розкладають аміак: *Nitrosomonas* перетворюють аміак на нітрити (NO_2^-), *Nitrobacter* — нітрити на нітрати (NO_3^-), Нітрати — це безпечне та корисне добриво для рослин. [26-28]

- Поглинання нітратів рослинами. Рослини ростуть у гідропонній системі (без ґрунту), поглинаючи нітрати та інші речовини з води. Це: очищає воду для креветок, дозволяє вирощувати зелень, овочі, ягоди

- Фільтрація води та її повернення. Очищена від нітратів вода повертається назад до креветок — і цикл повторюється. [27]

Існує кілька типів аквапонних систем:

1. Deep Water Culture (DWC)

Рослини вирощуються на плаваючих пінопластових платформах з кореннями у воді.

Плюси: стабільна температура води, підходить для салату, базиліку, шпинату.

Мінуси: займає більше місця

2. Media Bed

Рослини ростуть у контейнерах з гравієм, керамзитом чи камінням. Вода подається на грядки періодично.

Плюси: додаткове біофільтрування, можна садити різні культури.

Мінуси: важче обслуговувати, фільтр забивається

3. NFT (Nutrient Film Technique)

Тонкий шар води тече в жолобах, де ростуть рослини з відкритими кореннями. [26-29]

Плюси: економія води, підходить для зелені.

Мінуси: не підходить для великих рослин.

Правильний вибір креветок для вирощування — це запорука стабільної, продуктивної та екологічної аквапонної системи. Різні види креветок відрізняються розміром, умовами утримання, швидкістю росту, розмноженням і цільовим призначенням (табл. 2.5).

Вибір креветок для аквапоніки — відповідальний крок, від якого залежить успішність і стабільність всієї системи. Важливо враховувати не лише бажану ціль вирощування, а й доступний об'єм води, температурний режим, рівень досвіду та можливості догляду. [26-29]

Таблиця 2.5 – Вибір креветки для вирощування в аквапоніці

Вид креветки	Розмір, (см)	t, C°	Складність розведення	Ціль використання	Мін. об'єм	Примітка
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	до 30	26-31°C	Середня	Їстівна, комерційна вирощування	від 300 л	Потрібні укриття, прогрів води
<i>Macrobrachium nipponense</i>	до 10	22-28°C	Легка	Їстівна, дрібне господарство	від 150-200 л	Добре росте в прісній воді
<i>Neocaridina davidi</i> (Red Cherry)	до 4	20-27°C	Дуже легка	Декор, чистка аквапоніки	від 50 л	Дуже швидко розмножується
<i>Caridina multidentata</i> (Amano)	до 6	22-27°C	Легка для утримання, важча для розведення	Чистка аквапоніки (водорості)	від 70-100 л	Личинки потребують солоної води

Щоб обрати відповідний варіант, варто врахувати кілька основних чинників. На що звернути увагу при виборі:

- Ціль вирощування: чи плануєте ви вирощувати креветок для їжі, продажу або для декоративної функції та очищення системи.
- Об'єм системи: великі види потребують значно більших резервуарів.
- Температурний режим: деякі креветки потребують підігріву води, особливо тропічні види.
- Складність утримання та розведення: новачкам краще починати з менш вибагливих видів. [26-29]

Для початківців і декоративних систем найкраще підійдуть невибагливі *Neocaridina davidi* або *Caridina multidentata*, які допомагають підтримувати чистоту води та створюють гармонійне середовище. Якщо ж ваша мета —

виращування їстівних або комерційно привабливих креветок, варто обрати *Macrobrachium rosenbergii* чи *Macrobrachium nipponense* (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Порівняльний аналіз чотирьох видів прісноводних креветок

Характеристика	<i>Neocaridina davidi</i>	<i>Caridina multidentata</i>	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	<i>Macrobrachium nipponense</i>
Розмір (доросла)	2–3 см	4–5 см	до 30 см	6–12 см
Температура води	18–26°C	22–26°C	24–30°C	20–28°C
Тип води	Прісна	Прісна	Прісна / трохи солонувата	Прісна / помірно солонувата
Складність утримання	Дуже легка	Легка	Висока	Середня
Темперамент	Мирна	Мирна	Агресивна, територіальна (особливо самці)	Помірно мирна
Живлення	Всеїдні	Всеїдні	Всеїдні, хижі	Всеїдні
Особливості розмноження	Легке у прісній воді	Потрібна солонувата стадія для личинок	Потрібна солонувата вода для личинок	Розмножуються у прісній воді
Популярність в акваріумах	Дуже популярна	Популярна	Рідко тримають у домашніх умовах	Тримають у декоративних і промислових цілях
Тривалість життя	1–2 роки	2–3 роки	3–5 років	2–3 роки

Головне — створити комфортні умови для обраного виду, правильно підібрати параметри води, забезпечити аерацію та контроль якості середовища. Тоді аквапоніка з креветками стане не лише цікавим проєктом, а й джерелом стабільного, екологічно чистого врожаю. [26-29]

З ДОСВІД ВИРОЩУВАННЯ КРЕВЕТОК В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Вирощування креветок в Україні є відносно новим напрямом аквакультури, який демонструє значний потенціал для розвитку. Зростаючий попит на креветки на внутрішньому ринку, який переважно задовольняється за рахунок імпорту, створює сприятливі умови для вітчизняних виробників.

Стан ринку вирощування креветок в Україні можна описати наступним чином:

Імпорт: Щорічно Україна імпортує близько 2,5 тис. тонн тихоокеанської креветки виду *Panaeus Vannamei*, яка є найпоширенішим об'єктом аквакультури. Основними постачальниками є країни Південно-Східної Азії, такі як В'єтнам, Бангладеш, Індія, Таїланд та Індонезія. [29]

Внутрішнє виробництво: У жовтні 2021 року в селі Прогресівка на Миколаївщині відкрили першу в Україні акваферму з вирощування тихоокеанських креветок "Merman's". Це підприємство стало найбільшим у Європі з потужністю до 500 тонн креветки на рік.

Переваги розвитку креветкових ферм в Україні:

Зростаючий попит: Споживання креветок в Україні стабільно зростає, що створює можливості для місцевих виробників.

Зменшення залежності від імпорту: Розвиток власного виробництва може знизити залежність від імпортової продукції та покращити торговельний баланс. [29]

Експортний потенціал: Вирощування креветок відкриває можливості для експорту, особливо до країн Європи, де попит на якісну продукцію високий.

Виклики:

Інвестиції: Створення креветкової ферми вимагає значних капіталовкладень. Наприклад, у будівництво комплексу на Миколаївщині інвестували близько 180 млн грн.

Технологічні вимоги: Вирощування креветок потребує спеціалізованого обладнання та дотримання суворих технологічних стандартів.

Логістика: Забезпечення безперебійного постачання кормів та інших необхідних матеріалів може бути ускладнене, особливо в умовах воєнного стану. [29]

В Україні перші експерименти з культивування гігантської креветки було розпочато у 2000 році на базі «Державного Океанаріуму» (м. Севастополь) за участю фахівців Інституту біології південних морів ім. А.О. Ковалевського та безпосередньо здобувача.

У 2001 р. з ініціативи приватного підприємства ТОВ «Аквапродукт» розпочато роботи з відтворення та вирощування гігантської креветки в Херсонській області. Відтворення та підрощування молоді креветки проводили в умовах УЗВ, вирощування товарної креветки здійснювали у земляних спускових ставках. Вироблялося вирощування без годування, у ставках з піщаним ґрунтом, продуктивність становила 200 кг/га.

Незважаючи на виклики, ринок вирощування креветок в Україні має значний потенціал. Зокрема, у 2024 році на Миколаївщині завершується будівництво інкубатора для креветки ваннамей, що свідчить про подальший розвиток галузі. [29-31]

Розвиток креветкових ферм в Україні може стати перспективним напрямом агробізнесу, здатним задовольнити внутрішній попит та вийти на зовнішні ринки. Однак для успішної реалізації проєктів необхідно враховувати як переваги, так і потенційні ризики, пов'язані з інвестиціями, технологіями та логістикою.

3.1 Світовий досвід культивування гігантської креветки

Перші розробки технології культивування гігантської креветки були

започатковані наприкінці 50-х – початку 60-х років у Малайзії, звідки статевозрілі особини креветки були завезені на Гаваї, де роботи зі штучного вирощування були продовжені та набули широкого розвитку. [29-31]

У 1970 – 1980 роках проводилася спеціальна програма ФАО з розвитку аквакультури гігантської креветки у країнах Південно-Східної Азії, що було зумовлено такими визначальними фактами:

- 1) даний регіон – природний ареал цього виду креветки, і тут вона є традиційним об'єктом промислу та культивування;
- 2) можливість застосування екстенсивних методів – процес культивування зводиться до випуску креветок на виростні площі (рисові чеки, дрібні ставки, обгороджені природні ділянки моря та ін.) та їх вилов через певний час. Підростання креветок відбувається на природній кормовій основі виростної ділянки;
- 3) сприятливими кліматичними умовами тропічної зони, що дозволяють збирати 2 – 3 урожаї на рік;
- 4) дешевою вартістю виростних площ та робочої сили.

В результаті реалізації цієї програми аквакультура креветок для багатьох країн стала не тільки засобом підвищення зайнятості населення та виробництва білкової продукції для внутрішнього споживання, а й важливим джерелом експорту в розвинені країни та отримання прибутку. [29-31]

З 90-х років аквакультура гігантської креветки почала розвиватися і в країнах з помірним кліматом. Це було пов'язано з тим, що в результаті різних захворювань різко знизилося виробництво морських креветок на світовому ринку, а прісноводні креветки, на думку, відносно менш сприйнятливі до захворювань. Крім того, було досягнуто великих успіхів у розробці інтенсивних технологій культивування цього виду креветки, завдяки залученню до цих робіт великих університетів та інших наукових центрів у США, Австралії, Новій Зеландії, Ізраїлі, Китаї та Індії.

Виробництво гігантської креветки в останні роки стало сектором аквакультури, що найбільш активно розвивається. Згідно з оцінками ФАО

ООН, світове виробництво цієї креветки на початку 80-х років минулого століття склало менше 3000 тонн на рік. Через три десятиліття, 2009 р. загальний річний обсяг продукції аквакультури всіх видів прісноводних креветок зріс до 444 000 тонн (2,2 млрд. дол. США). [29-31]

В даний час культивуванням гігантської креветки займаються більш ніж в 40 країнах світу. Південній Америці (США, Еквадор, Мексика, Гондурас, Бразилія, Колумбія та ін.), всього 0,2% виробляється в Африці і 0,1% в Тихоокеанському регіоні.

3.2 Досвід вирощування креветок в Еквадорі

Еквадор є одним із провідних світових виробників та експортерів креветок, зокрема виду *Litopenaeus vannamei* (білої тихоокеанської креветки). Вирощування креветок у цій країні має понад 50-річну історію та постійно розвивається, демонструючи ефективне поєднання традиційних практик і сучасних технологій.

Кліматичні умови та природні ресурси Еквадору ідеально підходять для аквакультури: теплий клімат, багата водна мережа та доступ до морського узбережжя дозволяють вести вирощування креветок у відкритих ставках протягом усього року. [30, 31]

Одним із основних досягнень Еквадору є масовий перехід на вирощування креветок у системах з контролем середовища, включно з біобезпекою, моніторингом якості води та зниженням щільності посадки для запобігання захворюванням. Багато господарств використовують напівінтенсивні та інтенсивні системи вирощування, які дозволяють збільшити врожайність та зменшити витрати.

Також Еквадор активно впроваджує біофлок-технології, що базуються на замкнутому циклі з використанням мікроорганізмів, які очищують воду та служать додатковим джерелом білка для креветок. Це зменшує потребу у

водообміні та комбікормах, що робить виробництво більш екологічним та економічним.

Інституційна підтримка з боку уряду, науково-дослідних центрів (наприклад, CENAIM), а також приватні інвестиції сприяли вдосконаленню методів вирощування, зниженню смертності поголів'я та підвищенню експортної конкурентоспроможності. У країні діють програми сертифікації сталого виробництва, що дозволяє експортувати креветки на ринки ЄС, США та Азії. [30, 31]

Завдяки високому рівню професіоналізму, еквадорська креветкова галузь стала прикладом успішної адаптації до глобальних викликів, таких як захворювання, зміна клімату та вимоги до екологічної безпеки (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Порівняння досвіду вирощування креветок в Еквадорі та умов в Україні

Критерій	Еквадор	Україна
Кліматичні умови	Тропічний, температура води стабільно +25...30°C цілий рік. Сприятливий для відкритого вирощування у ставках.	Помірно-континентальний, температура води придатна для вирощування креветок лише влітку (червень – вересень). Необхідне використання закритих або теплих систем.
Об'єкти вирощування	<i>Litopenaeus vannamei</i> — біла тихоокеанська креветка.	Найчастіше експериментують з <i>Litopenaeus vannamei</i> , але потрібні теплі умови (з тепличним ефектом або в УЗВ).
Системи вирощування	Напівінтенсивні та інтенсивні ставки, біофлок, відкриті водойми.	Установки замкненого водопостачання (УЗВ), теплиці з підігрівом води, експериментальні біофлок-системи.
Інфраструктура	Добре розвинена: hatchery (розплідники), лабораторії, ферми, логістика.	Інфраструктура в процесі формування. Є поодинокі ферми та експериментальні проєкти.

Критерій	Еквадор	Україна
Державна підтримка	Програми субсидій, наукова підтримка, експортні стимули.	Обмежена підтримка; галузь розглядається як перспективна, але не пріоритетна.
Кормова база	Локальне виробництво комбікормів, імпорту преміум-кормів.	Корма імпортуються або виготовляються власноруч на малих фермах.
Ринки збуту	Експорт у понад 50 країн; високий попит.	Внутрішній ринок невеликий, імпорту креветок домінує. Експорт відсутній.
Досвід і фахівці	Сформована галузь із досвідом понад 40 років, кваліфіковані спеціалісти.	Бракує досвідчених кадрів; більшість знань запозичуються з-за кордону.

Еквадор має природні переваги для креветкової аквакультури, масштабне виробництво, державну підтримку та стабільний експорт.

Україна, попри обмеження клімату, має потенціал для розвитку невеликих креветкових ферм у закритих системах (УЗВ, біофлор), орієнтованих на внутрішній ринок і нішеве виробництво.

Запозичення досвіду Еквадору (особливо в частині біобезпеки, мікробіологічного контролю, годівлі та рециркуляції води) може стати важливим кроком до становлення конкурентоспроможної креветкової аквакультури в Україні. [30, 31]

3.3 Досвід вирощування креветок в Індії

Індія є одним із найбільших виробників та експортерів креветок у світі, особливо виду *Litopenaeus vannamei* (біла тихоокеанська креветка). Аквакультура креветок відіграє ключову роль в економіці прибережних регіонів, забезпечуючи мільйони робочих місць і значні валютні надходження.

Основні риси індійського досвіду:

1. Масштабне вирощування:

Креветки вирощуються переважно у прибережних низинах Андхра-Прадеш, Тамілнаду, Одіші та Західного Бенгалу. [30, 31]

Ділянки використовують напівінтенсивні та інтенсивні системи, з площею ставків від 0,5 до 5 га.

2. Перевага *Litopenaeus vannamei*:

До 2009 року основним видом була *Penaeus monodon* (тигрова креветка), але згодом більшість фермерів перейшли на *L. vannamei* через її високу продуктивність, швидкий ріст та стійкість до захворювань.

3. Підтримка від уряду та наукових центрів:

Індійський уряд активно підтримує галузь через Marine Products Export Development Authority (MPEDA), наукові дослідження, субсидії та навчання фермерів. [32-34]

Створено інкубаційні центри (hatcheries), що забезпечують якісний посадковий матеріал (PL – post-larvae).

4. Біобезпека та сертифікація:

Ферми дотримуються принципів біобезпеки, впроваджують GAP (Good Aquaculture Practices) і прагнуть відповідати вимогам екологічної сертифікації (наприклад, ASC, BAP).

5. Проблеми та виклики:

- Часті випадки хвороб (наприклад, білий фекальний синдром, EMS).
- Залежність від імпорту SPF (Specific Pathogen Free) личинок.
- Перевиробництво на окремих ділянках призводить до зниження рентабельності.
- Екологічні проблеми: засолення ґрунтів, деградація прибережних екосистем.

6. Інновації:

- Розвиваються рециркуляційні системи (УЗВ), біофлок-технології, інтернет-моніторинг параметрів води (IoT).

- Фермери поступово переходять від екстенсивного до інтенсивного виробництва. [32-34]

Індія експортує понад 600 тисяч тонн креветок на рік (станом на 2023 р.), переважно в США, Китай, ЄС та Японію (табл. 3.2). Країна забезпечує конкурентоспроможну ціну завдяки дешевій робочій силі та великому обсягу виробництва.

Таблиця 3.2 – Порівняльна таблиця експорту креветок Індії до основних світових ринків у 2023–2024 фінансовому році.

Країна-імпортер	Обсяг імпорту (тонн)	Частка в загальному експорті Індії (%)	Основні види креветок	Примітки
США	297,571	41.6%	<i>Litopenaeus vannamei</i> , чорна тигрова креветка	Найбільший ринок; 91.9% імпорту — заморожені креветки.
Китай	148,483	20.7%	<i>L. vannamei</i> , чорна тигрова креветка	Другий за обсягом імпорту ринок; основний імпортер чорної тигрової креветки.
Європейський Союз	89,697	12.5%	<i>L. vannamei</i> , чорна тигрова креветка	Третій за обсягом імпорту ринок; значний попит на чорну тигрову креветку.
Японія	35,906	5.0%	Чорна тигрова креветка, <i>L. vannamei</i>	Основний ринок для чорної тигрової креветки; 13.12% експорту цього виду.

Загальний обсяг експорту креветок Індії у 2023–2024 фінансовому році склав 716,004 тонн, що становить 40.19% від загального обсягу експорту морепродуктів країни. [33]

Аналізуючи дані наведені в таблиці 3.2 можна відзначити що:

- США залишаються найбільшим імпортером індійських креветок, зокрема заморожених *L. vannamei*, які становлять понад 90% імпорту.
- Китай є другим за обсягом імпорту ринком, зростаючи як основний напрямок експорту чорної тигрової креветки.
- ЄС та Японія демонструють стабільний попит, особливо на чорну тигрову креветку, що вказує на потенціал для подальшого розвитку експорту цього виду. [32-34]

Індія успішно адаптувала інтенсивні технології вирощування креветок до своїх кліматичних та економічних умов. Її досвід показує, що поєднання урядової підтримки, модернізації виробництва, якісного селекційного матеріалу та дотримання стандартів безпеки дозволяє розвивати галузь швидкими темпами. Цей підхід може бути корисним і для інших країн, включно з Україною, яка розглядає аквакультуру як перспективний напрямок агробізнесу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Порівняння досвіду вирощування креветок в Індії з умовами в Україні (за основними параметрами, які впливають на розвиток аквакультури)

Параметр	Індія	Україна
Клімат	Тропічний/субтропічний, ідеальний для відкритого вирощування цілий рік.	Помірно-континентальний. Потрібні теплиці або УЗВ.
Сезон вирощування	Цілий рік.	3–4 місяці на відкритому повітрі; круглорічно — лише в закритих системах.
Основні види креветок	<i>Litopenaeus vannamei</i> , <i>Penaeus monodon</i> .	<i>Litopenaeus vannamei</i> (в основному у тестових проєктах).
Системи вирощування	Від екстенсивних ставків до інтенсивних, біофлок, розвинені	Тільки УЗВ або тепличні біофлок-системи; hatchery

Параметр	Індія	Україна
	hatchery.	відсутні.
Біобезпека та сертифікація	Стандарти BAP, ASC, урядовий контроль якості, протоколи біобезпеки.	Відсутність стандартизованої системи; відсутня інфраструктура контролю.
Інституційна підтримка	Marine Products Export Development Authority (MPEDA), субсидії, тренінги.	Мінімальна. Деякі регіональні ініціативи, але відсутність системної політики.
Кормова база	Імпортована та локальна; доступна інфраструктура для зберігання/дистрибуції.	В основному імпорт або самостійне виготовлення.
Досвід та кадри	Більше 30 років досвіду; є наукові центри, навчальні програми, спеціалісти.	Немає традицій вирощування креветок; брак фахівців.
Ринки збуту	Експорт в США, ЄС, Китай, Японію. Великий внутрішній ринок.	Внутрішній ринок — імпортозалежний; експорт відсутній.
Собівартість вирощування	Низька завдяки дешевій робочій силі, клімату та масштабності.	Висока через опалення, електроенергію, імпортні корми й обмежену інфраструктуру.
Основні виклики	Хвороби, перенавантаження ставків, залежність від імпорту SPF-личинок.	Клімат, нестача знань, відсутність посадкового матеріалу, капіталовкладень.

Порівняння Індії та України у сфері вирощування креветок показує суттєву різницю в кліматичних, інфраструктурних, технологічних та економічних умовах. Індія — це зріла експортноорієнтована країна з багаторічним досвідом, розвиненою галузевою підтримкою, науковими центрами, кваліфікованими кадрами та вигідним кліматом, що дозволяє цілорічне виробництво в умовах відкритих водойм. [32]

Україна, навпаки, перебуває на початковому етапі формування креветкової аквакультури. Її потенціал зосереджується у високотехнологічному нішевому вирощуванні креветок у закритих системах (УЗВ, біофлок) — з орієнтацією на внутрішній ринок, імпортозаміщення та

поступовий розвиток інфраструктури. Проте для цього необхідно:

- залучити інвестиції в сучасні технології;
- організувати імпорт або локальне виробництво SPF-посадкового матеріалу;
- розвивати навчальні програми та фахову підготовку;
- створити пілотні ферми з державно-приватною підтримкою;
- впроваджувати міжнародні стандарти біобезпеки й якості.

Досвід Індії може стати цінним орієнтиром для розвитку української аквакультури — з урахуванням локальних реалій та обмежень. У довгостроковій перспективі Україна здатна розвинути конкурентоспроможну, екологічно сталу та економічно прибуткову галузь з вирощування креветок, орієнтовану на якісний продукт і внутрішній попит.

Впровадження інноваційних методів вирощування креветок має значний потенціал для розвитку вітчизняного аквакультурного виробництва. Україна володіє необхідними природно-кліматичними та економічними передумовами для організації сучасних високотехнологічних ферм із вирощування креветок, зокрема завдяки наявності незадоволеного внутрішнього попиту та вигідному географічному розташуванню. [32-34]

Застосування таких технологій, як замкнуті рециркуляційні системи водопостачання (RAS), біофлок-системи, автоматизований моніторинг параметрів водного середовища та використання альтернативних джерел енергії, дозволяє підвищити продуктивність та якість продукції, мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити рентабельність виробництва.

Разом із тим, для ефективного впровадження інноваційних технологій необхідно подолати низку викликів, серед яких: відсутність власного виробництва мальків і спеціалізованих кормів, застаріла нормативно-правова база, високі початкові інвестиції та нестача кваліфікованих кадрів.

З метою активізації розвитку галузі аквакультури та впровадження інноваційних методів вирощування креветок в Україні доцільно:

- розробити державні програми підтримки аквакультурних

господарств;

- стимулювати залучення інвестицій у будівництво сучасних ферм і виробництво вітчизняних мальків та кормів;
- оновити законодавчу базу у сфері аквакультури;
- організувати спеціалізовані курси та тренінги для фермерів і фахівців;
- впроваджувати екологічно безпечні та енергоефективні технології.

Таким чином, впровадження інноваційних методів вирощування креветок є перспективним напрямом розвитку аквакультурного виробництва в Україні, здатним забезпечити підвищення економічної ефективності, конкурентоспроможності та екологічної безпеки галузі. [34]

4 РОЗРАХУНКИ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ КРЕВЕТКИ *SCLEROCRANGON SALEBROSA*

Sclerocrangon salebrosa, Owen 1839 - приазіатський тихоокеанський високобореальний поліциклічний вид каридних креветок, який наразі є цінним об'єктом промислу і перспективним об'єктом для вирощування в установках замкнутого водопостачання. За смаковими якостями м'яса є делікатесом.

Перспективний для вирощування в аквакультурі холодолюбний вид креветок, який за своїми смаковими якостями не поступається тепловодним - це *Sclerocrangon salebrosa*.

У 100 г м'яса *S. salebrosa* міститься: білків - 18,2 г; жирів - 2,2 г; вуглеводів - 1 г. Калорійність: 95 ккал.

У складі є астаксантин - каротиноїд, що надає м'ясу рожевого кольору. Це антиоксидант, що бореться з вільними радикалами і запобігає інфарктам та інсультам.

Також у м'ясі креветок є провітамін А, що поліпшує зір, вітаміни групи В, Д, Е, що загальмовують процеси старіння, мікро- і макроелементи. Підвищений вміст поліненасичених жирних кислот Омега-3. Містить йод, залізо, фосфор, калій, кальцій. Загалом, повноцінне і збалансоване джерело білка. Виводить зайвий холестерин з організму. Швидко перетравлюються, легко засвоюються. [3-7]

М'ясо цієї креветки солодкувате на смак і вирізняється більш щільною структурою порівняно з іншими морськими ракоподібними. Щось середнє між раком, омаром, лангустом і звичайною креветкою за корисністю м'яса. Це дієтичний продукт, здатний замінити яловичину або свинину.

Життєвий цикл *S. salebrosa* проходить у морській воді, де солоність становить 32-34 ‰. Для створення незалежності підприємства з вирощування креветки від близькості моря пропонується готувати штучну морську воду за

допомогою штучних морських солей для акваріумів.

Приготування морської води відбувається в кілька етапів. Спочатку у відстояну не менше доби воду додають основні солі (табл. 4.1) і перемішують їх аеруванням. [3-7]

Таблиця 4.1 – Склад штучної морської води для підприємства з потужністю 10 т готової продукції

	Компонент	Вага
Основні солі	NaCl	834,60 кг
	MgSO ₄ x 6 H ₂ O	208,65 кг
	MgCl ₂ x 6 H ₂ O	163,29 кг
	CaCl ₂ x 2 H ₂ O	41,73 кг
	KCl	18,14 кг
	NaHCO ₃	6,35 кг
Додаткові солі	SrCl ₂	600 г
	MnSO ₄ x H ₂ O	120 г
	NaH ₂ PO ₄ x 7 H ₂ O	120 г
	LiCl	30 г
	Na ₂ MoO ₄ x 2 H ₂ O	30 г
	Na ₂ S ₂ O ₃ x 5 H ₂ O	30 г
Мікродобавки	KBr	812,7 г
	Al(SO ₄) ₃ x 18 H ₂ O	26,0 г
	RbCl	4,5 г
	ZnSO ₄ x 7 H ₂ O	2,9 г
	CoSO ₄ x 7 H ₂ O	2,7 г
	KJ	2,7 г
	CuSO ₄ x 5 H ₂ O	0,3 г

Після того як у воді не залишиться нерозчинених крупинок, насипають додаткові солі і знову ретельно перемішують. Мікродобавки розчиняють в окремій ємності в дистильованій воді і цей розчин в останню чергу зливають в основну ємність. [3-7]

4.1 Розрахунки підприємства для вирощування креветки (посадковий матеріал, календарний план, обладнання, економічні показники)

У розрахунку кількості креветки для підприємства з їх розведення визначаються оптимальні обсяги посадкового матеріалу (личинок або малька) та планована кількість товарної продукції, яку необхідно виростити протягом виробничого циклу. Розрахунок враховує площу та об'єм вирощувальних ємностей, середню густоту посадки, показники виживаності, строки вирощування та продуктивність підприємства для досягнення запланованих виробничих і економічних показників. [17-20]

Розрахунок кількості креветки *S. salebroso* для підприємства з потужністю 10 т готової продукції:

- 1) Одна доросла статевозріла особина важить близько 0,175 кг.

$$10\,000\text{ кг}/0,175\text{ кг} = 57143\text{ шт. креветок}$$

- 2) З урахуванням відходу виробників на стадії їх витримування 10%,

$$57143\text{ шт.} + 5714\text{ шт.} = 62\,857\text{ прим. креветок}$$

- 3) Відсоток креветок, що досягли товарного розміру – 75 %.

$$\frac{62857\text{ шт.} \times 25\%}{100\%} = 15714,25 \approx 15715\text{ шт.}$$

$$62\,857\text{ шт.} + 15715\text{ шт.} = 78\,572\text{ шт. креветок}$$

- 4) Відсоток личинок, що досягли віку одного року – 90 %.

$$\frac{78572\text{ шт.}}{10\%} = 7857,2\text{ шт.} \approx 7858\text{ шт.}$$

$$78\,572\text{ шт.} + 7858\text{ шт.} = 86\,430\text{ шт. креветок}$$

- 5) Вихід личинок – 80 %.

$$\frac{86430\text{ шт.} \times 20\%}{100\%} = 17286\text{ шт.}$$

$$86430\text{ шт.} + 17286\text{ шт.} = 103716\text{ шт. личинок креветки}$$

- 6) Середній відсоток запліднення ікри – 95 %.

$$\frac{103716 \text{ шт.} \times 5\%}{100\%} = 5185,8 \text{ шт.}$$

$$103716 \text{ шт.} + 5186 \text{ шт.} = 108902 \text{ шт. ікринок}$$

7) Середня плодючість самки – 800 ікринок.

$$\frac{108902 \text{ шт.}}{800 \text{ шт.}} = 136,13 \approx 137 \text{ шт. самок}$$

8) Частка самок з доброякісною ікрою від дозрілих становить 85 %.

$$\frac{137 \text{ шт.} \times 15\%}{100\%} = 20,55 \text{ шт.} \approx 21 \text{ шт.}$$

$$137 \text{ шт.} + 21 \text{ шт.} = 158 \text{ – це необхідна кількість самок.}$$

9) Співвідношення статей для отримання статевих продуктів дорівнює 1:1, отже, необхідно стільки ж самців.

$$158 \text{ самок} + 158 \text{ самців} = 316 \text{ виробників.}$$

У розрахунку обладнання для розведення креветки визначаються типи, кількість та технічні параметри основного та допоміжного обладнання, необхідного для забезпечення оптимальних умов вирощування. Враховуються вимоги до систем аерації, водообміну, фільтрації, температурного режиму та годівлі, а також потужність і продуктивність обладнання відповідно до обсягів виробництва та технологічних потреб підприємства.

1) Щільність посадки дорослих статевозрілих *S.salebrosa* не має бути більше 7 шт./кв.м.

$$\frac{316 \text{ шт.}}{7 \text{ шт./кв. м}} = 45,14 \approx 45 \text{ кв. м площа басейнів для плідників.}$$

2) Пластикові басейни круглої форми діаметром 2,0 м та глибиною 1,5 м. Площа одного такого басейну складає 3,14 кв.м.

$$\frac{45 \text{ кв. м}}{3,14 \text{ кв. м}} = 14,3 \approx 14 \text{ шт. кількість басейнів для плідників.}$$

Для зменшення кількості необхідних басейнів пропонується встановити конструкцію у вигляді пластикових мережних полотен, що розташовані один над одним, на відстані 0,3 м кожне. В такому випадку в

одному басейні можна спорудити до чотирьох ярусів.

3) $3,14 \text{ кв. м} \times 4 \text{ яруси} = 12,56 \text{ кв. м}$ – нова площа одного басейна.

4)

$$\frac{45 \text{ кв.м}}{12,56 \text{ кв.м}} = 3,58 \approx$$

4 шт. – нова кількість необхідних басейнів для плідників.

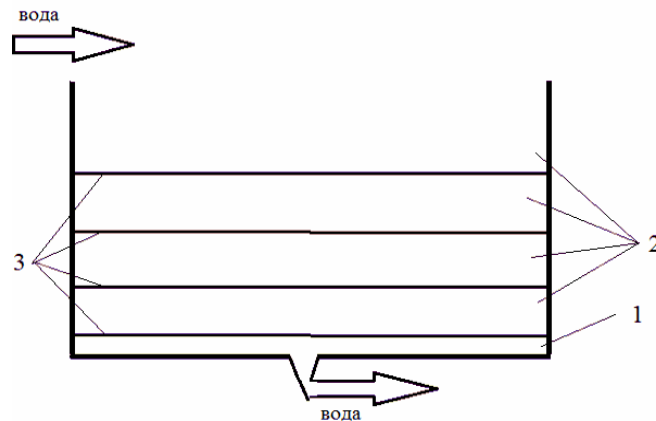


Рис. 4.1 – Схема басейну з ярусами. 1 - нижній шар накопичення відходів; 2 - місця розташування креветок; 3 - пластикові сіткові полотна.

Стрілками вказані водоподача та водовідведення.

Під басейнами з креветками на рисунку 4.1 розуміються такі ємності: басейни для утримання креветок на карантині; нерестові басейни, де після нересту будуть утримуватися самці; басейни для утримання ікроносних і самок, що віднерестилися; басейни для личинок; басейни для молоді; басейни для креветок, які підростають до товарного розміру. [17-20]

Завдяки додатковим площам у кожному басейні при збереженні того ж рівня продуктивності, необхідна кількість басейнів менша в 3,5 рази, ніж планувалося спочатку.

5) Вільно плаваючих личинок треба відсаджувати в окремі пластикові басейни, розміром та площею як у дорослих креветок. Єдина відмінність - розміри вічка в сітковому полотні повинні бути меншими. Щільність посадки личинок трохи більше 1000 прим./кв.м.

$$\frac{103716 \text{ шт.}}{1000 \text{ шт./кв. м}} = 103,71 \text{ кв. м} - \text{площа басейнів для личинок.}$$

$$\frac{103,71 \text{ кв. м}}{12,56 \text{ кв. м}} = 8,26 \approx 9 \text{ шт.} - \text{кількість басейнів.}$$

6) Після досягнення віку одного року молодь треба розсадити.

Щільність посадки - 650 шт./кв.м.

$$\frac{86430 \text{ шт.}}{650 \text{ шт./кв. м}} = 132,96 \text{ кв. м} - \text{необхідна площа басейнів для молоді.}$$

Басейни, де росли личинки, підходять для молоді, тому потрібно додатково лише

$$132,96 \text{ кв.м} - 113,04 \text{ кв.м} = 19,92 \text{ кв.м площі басейнів.}$$

$$\frac{19,92 \text{ кв. м}}{12,56 \text{ кв. м}} = 1,58 \approx 2 \text{ шт.} - \text{басейна для молоді на додаток до наявних.}$$

7) Почати реалізацію можна при досягненні креветками розміру 90 мм і ваги 34 г. Однак для отримання навішування 175 г і довжини тіла креветки 220 мм необхідні додаткові виробничі площі.

$$\frac{78572 \text{ шт.}}{7 \text{ шт./кв. м}} = 11224,57 \text{ кв. м}$$

– площа басейнів для вирощування товарної продукції.

Великих креветок рекомендується висадити у круглі пластикові басейни радіусом 10,0 м та глибиною 1,5 м із чотирма ярусами із пластику.

$$\frac{11224,57 \text{ кв. м}}{1256 \text{ кв. м}} = 8,93 \approx 9 \text{ шт.} - \text{басейни для товарних креветок.}$$

Підсумовані результати обчислень представлені нижче у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати підрахунків необхідного обладнання для вирощування креветки *Sclerocrangon salebrosa*.

Устаткування	Величина
Пластиковий круглий басейн 2,0x1,5 м	15 шт.
Пластиковий круглий басейн 20x1,5 м	9 шт.
Загальна площа басейнів	361,1 кв.м
Корисна поверхня басейнів	1444,4 кв.м

Календарний план — це стратегічний документ, який визначає послідовність та строки виконання всіх технологічних і організаційних заходів на підприємстві протягом виробничого циклу (табл. 4.3). Його основна мета — забезпечити ефективне та ритмічне ведення процесу вирощування креветки з дотриманням технологічних норм і досягненням запланованих обсягів продукції. Основні завдання календарного плану:

- 1. Встановлення термінів виконання технологічних операцій.** Зазначити дати запуску личинок, пересаджування у вирощувальні басейни, проведення профілактичних заходів, зважування, годівлі, збору врожаю тощо.
- 2. Оптимізація використання виробничих ресурсів.** Грамотно спланувати використання води, кормів, енергетичних ресурсів, засобів для догляду за басейнами, медичних препаратів і трудових ресурсів.
- 3. Контроль за дотриманням технології вирощування.** Забезпечити правильну послідовність виконання технологічних заходів, своєчасність профілактичних обробок, корекцію режимів вирощування відповідно до вікових потреб креветок.
- 4. Раціональна організація праці персоналу.** Розподілити обов'язки між працівниками, визначити черговість і графік роботи для забезпечення безперервного виробничого процесу.
- 5. Планування і прогнозування виробничих показників.** Встановити заплановану кількість вирощеної продукції, рівень збереженості поголів'я, витрати кормів, води, енергії, терміни отримання товарної продукції.
- 6. Підвищення економічної ефективності виробництва.** Завдяки плановості мінімізувати простої, уникнути надлишкових витрат ресурсів та знизити ризики втрат поголів'я.

Календарний план є основним інструментом для організації злагодженого та контрольованого процесу вирощування креветки, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни у виробництві та досягати стабільних економічних результатів. [17-20]

Таблиця 4.3 – Календарний план підприємства з вирощування *Sclerocrangon salebrosa*

Етап роботи	Перший рік												Другий рік												Третій рік												Четвертий рік														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
А	X																																																		
Б		X	X														X	X											X	X																					
В			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																
Г													X																																						
Д														X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																									
Е																											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Є	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

А - карантин плідників; Б - нерест; В - утримання ікр'яних самок; Г - викльовка личинок; Д - підрощування постлічинок до життестійкої молоді; Е - вирощування молоді до товарних розмірів; Є - поточні роботи.

Пристрій креветника не має принципових відмінностей від УЗВ для будь-якого іншого виду безхребетних (рис. 4.2).

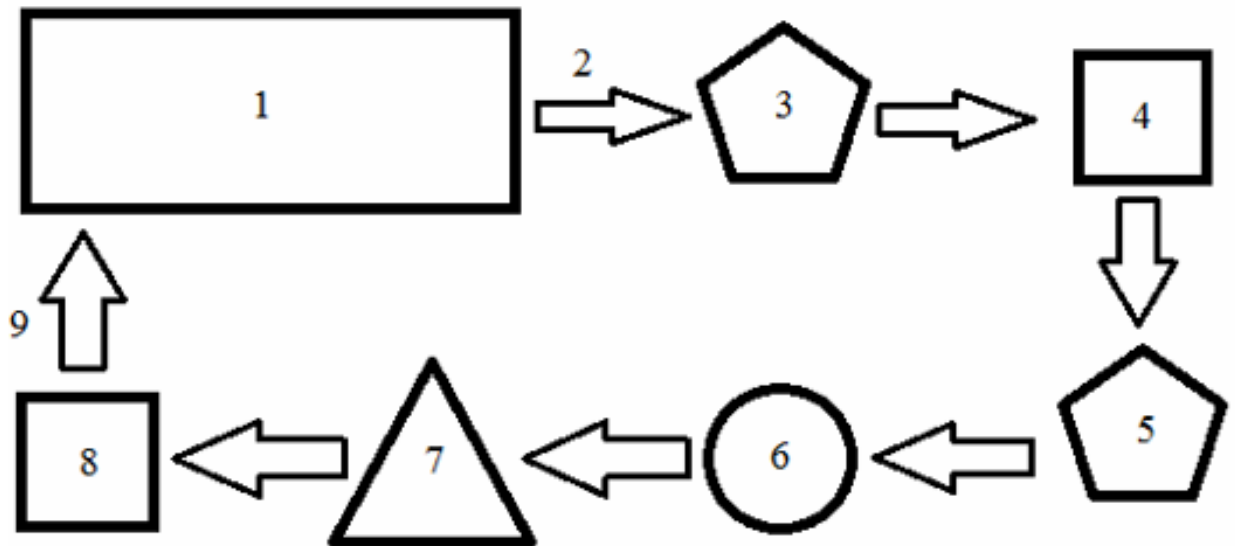


Рис. 4.2 – Схема УЗВ для вирощування креветок *Sclerocrangon salebrosa*. Стрілками вказано рух води. 1 - басейни з креветками; 2 - водовідведення; 3 - механічний фільтр; 4 - нагрівач; 5 - біологічний фільтр; 6 - ряд УФ-ламп; 7 - оксигенатор; 8 - охолоджувач; 9 - водоподача за допомогою насоса.

Схема виробничих ємностей вмісту креветок відображає послідовне розміщення резервуарів для вирощування креветок на різних стадіях розвитку — від личинок до товарної продукції (рис. 4.3). Передбачено системи аерації, водообміну, фільтрації та контролю параметрів водного середовища, що забезпечують стабільні умови для ефективного вирощування креветок. [17-20]

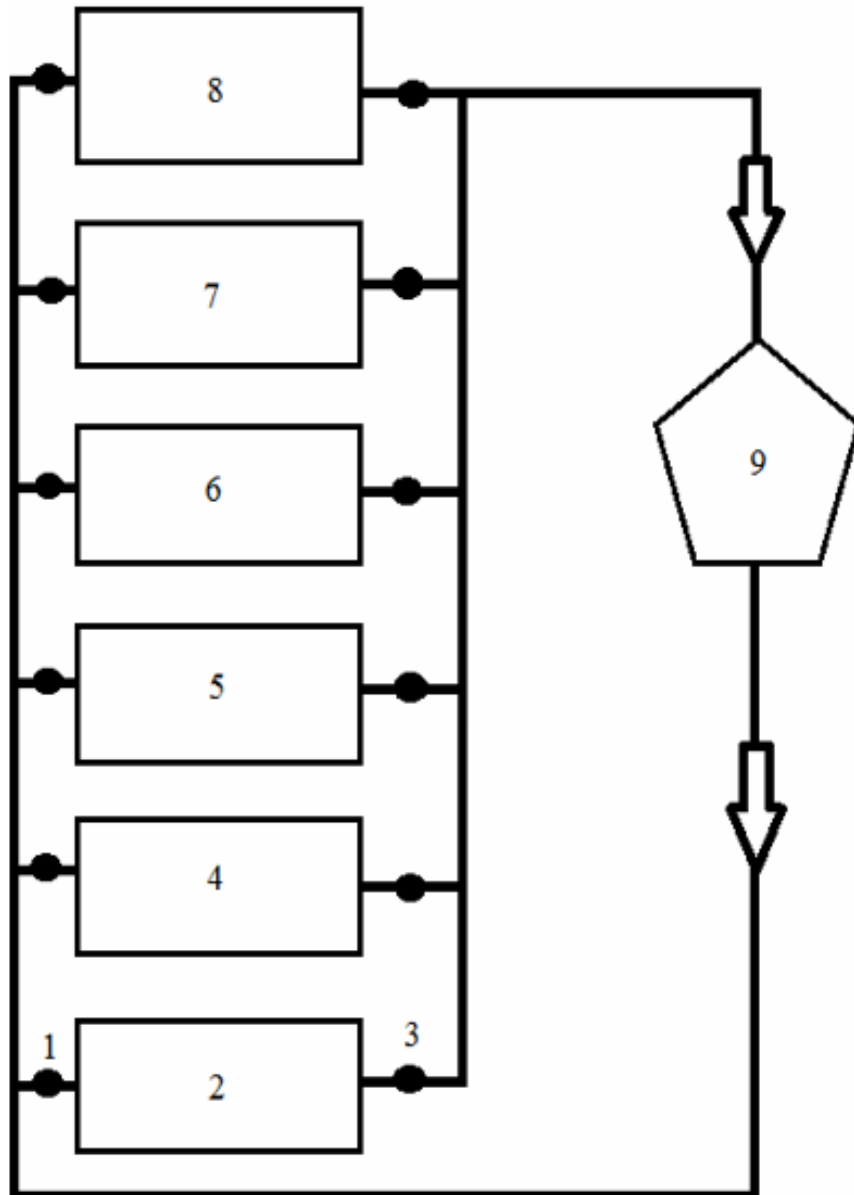


Рис. 4.3 – Схема виробничих ємностей вмісту креветок *Sclerocrangon salebroso*. 1 - вентиль на трубі водоподачі; 2 - басейни для утримання креветок на карантині; 3 - регулятор рівня води в басейні; 4 - нерестовий басейн; 5 - басейни із самками; 6 - басейни з личинками; 7 - басейни з молоддю; 8 - басейни для креветок товарного розміру; 9 — система очищення та терморегулятори:

Дана схема відображає організацію виробничих ємностей для вирощування та утримання креветок на різних етапах їхнього розвитку. Вона включає:

Ємності для малька (ларвальні басейни) — невеликі резервуари, де утримуються личинки креветок після вилуплення. Забезпечують оптимальні умови для росту: контроль температури, аерації та якості води.

Ємності для підрощування — середні за об'ємом ємності, куди пересаджуються підрослі креветки. Тут забезпечується регульований водообмін, годування та спостереження за станом поголів'я.

Виробничі ємності (басейни для дорощування та відгодівлі) — великі резервуари, призначені для утримання креветок до товарної ваги. Передбачена система фільтрації води, аерації, годівлі та видалення відходів.

Система подачі та відведення води — включає труби, насоси та фільтри, що забезпечують постійний кругообіг води між ємностями та системами очищення. [20]

Допоміжне обладнання — аератори, біофільтри, контролери параметрів води (температура, кисень, солоність, pH).

Схема дозволяє ефективно організувати виробничий процес, оптимізувати використання водних ресурсів та контролювати якість продукції на всіх етапах вирощування креветок.

Сучасний ринок аквакультури демонструє стабільне зростання попиту на морепродукти, особливо делікатесного сегменту. В умовах обмеження природного вилову особливої уваги набувають нішеві види аквакультури. Одним із таких є креветка *Sclerocrangon salebrosa*, що має високу кулінарну цінність і перспективи комерційного вирощування в контрольованих умовах. *Sclerocrangon salebrosa* — перспективний вид для фермерського вирощування завдяки:

- високій ринковій ціні
- нішевій присутності на ринку
- преміальній якості продукту
- екологічній чистоті та відповідності сучасним трендам споживання
- адаптації до контрольованих умов вирощування

Наближені до реалій сьогодення розрахунки представлені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Економічний розрахунок витрат на створення підприємства з вирощування креветки *Sclerocrangon salebroso*

Стаття витрат	USD	UAH
Басейни	\$126,000	₴5,233,000
Вода (річна)	\$22,781	₴946,458
Обладнання для підтримання температури	\$12,600	₴523,300
Електроенергія (річна)	\$3,049	₴126,653
Оренда приміщення (річна)	\$2,646	₴109,893
Аератори	\$2,268	₴94,194
Насоси	\$756	₴31,398
Механічні фільтри	\$504	₴20,932
Сантехнічне обладнання	\$252	₴10,466
УФ-лампи	\$202	₴8,373
Ремонт і підтримання обладнання (річна)	\$252	₴10,466
Сіль (річна)	\$76	₴3,140
Ремонт приміщень	\$3,780	₴156,990
Інші витрати (спецодяг, інвентар тощо)	\$54,104	₴2,246,340
Зарплата персоналу (річна)	\$40,000	₴1,702,000
Загалом	\$270,568	₴11,134,603

За вартості готової продукції 12 доларів./кг та щорічному отриманні 10 т креветок, починаючи з четвертого року після запуску виробничого циклу, і далі піде реалізація креветок, а окупність настане протягом 2-х років після початку продажу. Перспективно для експорту (Японія, Канада, Південна Корея, преміум-ресторани).

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було проаналізовано сучасні методи розведення креветок, особливості їх біології, екології та технологічні прийоми культивування різних видів у системах аквакультури. Отримані результати дозволяють зробити такі висновки:

1. Світова практика вирощування креветок демонструє стабільно високий попит на цю продукцію, особливо на види сімейства Penaeidae та прісноводну гігантську креветку *Macrobrachium rosenbergii*. В умовах України перспективним напрямом є культивування гігантської прісноводної креветки завдяки її екологічній пластичності, високим смаковим якостям та можливості вирощування у системах замкнутого водопостачання.

2. Здійснено аналіз біологічних особливостей гігантської прісноводної креветки, що є необхідною передумовою для розробки оптимальних умов її вирощування. Встановлено, що цей вид має швидкий темп росту, короткий життєвий цикл та високу плодючість. Особливу увагу слід приділяти параметрам водного середовища, оскільки вони безпосередньо впливають на виживаність і темпи росту креветок на всіх стадіях розвитку.

3. Розглянуто сучасні технології вирощування креветок, зокрема екстенсивні, напівінтенсивні та інтенсивні методи. Особливої уваги заслуговує рециркуляційна аквакультурна система (RAS), яка дозволяє максимально ефективно використовувати водні ресурси, забезпечує стабільні умови середовища та зменшує ризики захворюваності поголів'я. RAS є найбільш доцільною для вирощування креветок у регіонах із нестабільним водопостачанням і обмеженими земельними ресурсами.

4. Визначено переваги та недоліки різних методів вирощування креветок. Перевагами інтенсивного методу є висока продуктивність та можливість повного контролю за умовами вирощування, тоді як екстенсивні системи мають низькі витрати, але й меншу врожайність. У свою чергу,

напівінтенсивний метод є компромісом між цими підходами.

5. Зроблено висновок про перспективність впровадження технологій RAS в Україні для вирощування гігантської прісноводної креветки, оскільки ця система забезпечує зменшення водоспоживання, підвищує біобезпеку господарства та дозволяє отримувати високоякісну продукцію незалежно від сезонних і кліматичних факторів.

Таким чином, результати роботи підтверджують доцільність адаптації сучасних технологій світової аквакультури до українських умов із врахуванням місцевих природно-кліматичних, економічних та ринкових особливостей. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію технологічних режимів RAS та удосконалення кормової бази для підвищення економічної ефективності вирощування креветок в Україні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гринько І. М. Основи аквакультури : навч. посіб. / І. М. Гринько. Київ : НАУ, 2020. 232 с.
2. Васильєв В. П., Жаріков О. В. Гідробіологія: основи теорії та практики аквакультури / В. П. Васильєв, О. В. Жаріков. Харків: ХНАУ, 2018. 248 с.
3. Коваленко Р. О. Сучасні технології рибництва та аквакультури / Р. О. Коваленко. Київ : Агроосвіта, 2017. 198 с.
4. Назаренко В. М. Практикум з гідробіології та аквакультури / В. М. Назаренко. Одеса : ОНАХТ, 2019. 164 с.
5. Шевченко Л. С. Аквакультура та марикультура України: стан і перспективи розвитку / Л. С. Шевченко. Одеса : НУ "ОМА", 2022. 214 с.
6. Шевченко Л. С., Орлов Д. В. Перспективи вирощування креветок у південних регіонах України // Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. № 3. С. 77–84.
7. Гринько І. М. Досвід культивування *Macrobrachium rosenbergii* у замкнутих системах водопостачання // Аквакультура і рибне господарство. 2019. № 4. С. 45–50.
8. Назаренко В. М. Гідрохімічні параметри води при розведенні креветок *Penaeus vannamei* // Гідробіологічний журнал. 2020. Т. 56, № 2. С. 35–42.
9. Петренко, О.О., et al. (2022). *Актуальні питання розвитку аквакультури в Україні*. Вісник аграрної науки, 100(2), 45–53.
10. Аквакультура: вирощування гідробіонтів : навч. посіб. / за ред. В. І. Тодоровича. Львів : Сполом, 2016. 312 с.
11. Петрухін В. Г. Основи аквакультури : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2014. 276 с.

12. Козлов В. Г. Розведення креветок у ставкових господарствах України / В. Г. Козлов // Рибне господарство України. 2020. № 1. С. 42–47.
13. FAO. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
14. Boyd, C.E., et al. (2023). *Shrimp aquaculture and the environment: An updated global assessment*. Aquaculture Reports, 30, 101564.
15. FAO. (2022). *Global aquaculture production statistics database*. Rome.
16. Emerenciano, M., et al. (2017). *Biofloc Technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry*. Biomass and Bioenergy, 48, 125–132.
17. Ray, A.J., et al. (2019). *Recirculating Aquaculture Systems: Current status and future trends*. Aquacultural Engineering, 86, 1–10.
18. Lucas, J. S., & Southgate, P. C. *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. 2nd ed. Oxford : Wiley-Blackwell, 2012. 648 p.
19. Valenti, W. C., New, M. B., Salin, K. R., & Ye, J. *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Oxford : Wiley-Blackwell, 2010. 540 p.
20. FAO. Technical guidelines for responsible shrimp farming URL: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB497E/AB497E00.htm>.
21. Nguyen, T. H., & Davis, D. A. Effect of dietary protein levels on growth and survival of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in recirculating aquaculture systems / T. H. Nguyen, D. A. Davis // Aquaculture Research. 2009. Vol. 40, No. 8. P. 1024–1030.
22. Shrimp farming in recirculating aquaculture systems (RAS). URL: <https://thefishsite.com/articles/shrimp-farming-in-recirculating-aquaculture-systems>.
23. Singh, P., Singh, A., Tyagi, A., Benjakul, S. *Shrimp Culture Technology: Farming, Health Management and Quality Assurance*. New York : Springer, 2024. 456 p.

24. Bogolyubov, A. Shrimp Farming: From Beginner to Professional. [S.l.]: Independently published, 2023. 198 p.
25. Mandal, A., Singh, P. Shrimp Culture Technology. Singapore: Springer, 2024. 350 p.
26. Let Them Eat Shrimp URL: <https://islandpress.org/books/let-them-eat-shrimp>
27. Shrimp Aquaculture: Challenges and Potential URL: <https://www.scseagrant.org/shrimp-aquaculture-challenges-and-potential/>
28. Shrimp Farming: Advances, Challenges, and Opportunities URL: <https://www.was.org/article/Shrimp-farming-advances-challenges-and-opportunities.aspx>
29. Shrimp Culture Technology URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-97-8549-0>
30. Shrimp Culture Technology: Farming, Health Management and Quality Assurance URL: <https://www.barnesandnoble.com/w/shrimp-culture-technology-prabjeet-singh/1146244448>
31. Estimating the Environmental Cost of Shrimp Farming in Coastal Areas of Chittagong and Cox's Bazaar in Bangladesh URL: <https://arxiv.org/abs/2109.05416>
32. Deep Learning for Prawn Farming: Forecasting and Anomaly Detection URL: <https://arxiv.org/abs/2205.06359>
33. Feeding Control and Water Quality Monitoring in Aquaculture Systems: Opportunities and Challenges URL: <https://arxiv.org/abs/2306.09920>
34. Aquaculture Field Robotics: Applications, Lessons Learned and Future Prospects URL: <https://arxiv.org/abs/2404.12995>