

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ

М. І. Бургаз, Р. В. Сидорак

КУЛЬТИВУВАННЯ НЕРИБНИХ ОБ'ЄКТІВ

КУРС ЛЕКЦІЙ

для здобувачів спеціальності 207 Водні біоресурси та аквакультура

ОДЕСА
ОНУ
2025

**УДК 639.4/.6(042.4)
Б912**

Автори:

М. І. Бургаз, кандидат біологічних наук, доцент, завідувачка кафедри водних біоресурсів та аквакультури;

Р. В. Сидорак, викладач кафедри водних біоресурсів та аквакультури.

Рецензенти:

Ю. В. Лобойко, завідувач кафедри, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри водних біоресурсів та аквакультури Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького;

В. Й. Божик, кандидат біологічних наук, доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького.

*Рекомендовано до видання науково-методичною радою
ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 5 від 17 червня 2025 р.*

Бургаз М. І.

Б912 Культивування нерибних об'єктів [Електронний ресурс] : курс лекцій для здобувачів спец. 207 Водні біоресурси та аквакультура / М. І. Бургаз, Р. В. Сидорак. – Електронні текстові дані (1 файл : 2 МБ). – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. – 83 с.

ISBN 978-966-186-359-9

У курсі лекцій висвітлено основи біології та технології вирощування водних нерибних об'єктів: водоростей, молюсків, ракоподібних і прісноводних раків. Розглянуто їхні споживні властивості, методи культивування та перспективи використання в аквакультурі. Матеріал спрямований на формування практичних знань і навичок у майбутніх фахівців з водних біоресурсів.

Курс лекцій призначений для студентів факультету гідрометеорології і екології, що навчаються за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Курс лекцій також може бути корисним для студентів суміжних спеціальностей, викладачів і дослідників у сфері аквакультури, а також фахівцям, які спеціалізуються на конхіокультурі, марикультурі та інших напрямках вирощування нерибних об'єктів аквакультури.

УДК 639.4/.6(042.4)

ISBN 978-966-186-359-9

© Бургаз М. І., Сидорак Р. В., 2025

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ВОДНІ НЕРИБНІ ОБ'ЄКТИ ХАРЧОВОГО ВИКОРИСТАННЯ	5
1.1. Ракоподібні, молюски, морські рослини – характеристика, споживні властивості, харчове використання	5
2. КУЛЬТИВУВАННЯ ВОДРОСТЕЙ	8
2.1. Культивування бурих водоростей	10
2.2. Культивування червоних водоростей	12
2.3. Культивування зелених водоростей	14
3. КУЛЬТИВУВАННЯ МОЛЮСКІВ	19
3.1. Культивування мідій	19
3.2. Культивування устриць	23
3.3. Культивування черевоногих і головоногих молюсків	25
4. КУЛЬТИВУВАННЯ РАКОПОДІБНИХ	27
4.1. Методи відтворення і товарного вирощування креветок	27
5. КУЛЬТИВУВАННЯ ПРІСНОВОДНИХ РАКІВ	59
5.1. Біологічні особливості прісноводних раків	59
5.2. Культивування прісноводних раків	60
5.3. Технологія вирощування прісноводних раків у ставах	80
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82

ВСТУП

Курс лекцій підготовлено відповідно до силябусу та робочої програми дисципліни «Культивування нерибних об'єктів», що є вибірковою складовою частиною циклу фахових дисциплін з підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура».

Метою вивчення дисципліни «Культивування нерибних об'єктів» є формування у студентів теоретичних знань про сучасні технології культивування нерибних об'єктів – водоростей та безхребетних тварин.

Культивування нерибних об'єктів – це важливий напрям сучасної аквакультури, що охоплює вирощування водних організмів, які не належать до класу риб, проте мають високу біологічну, харчову, промислову та екологічну цінність. До таких об'єктів належать водорості, молюски, ракоподібні та прісноводні раки. Їх культивування забезпечує виробництво цінної продукції для харчової, фармацевтичної, косметичної та біотехнологічної галузей, а також сприяє сталому використанню водних біоресурсів.

Кожна з груп нерибних організмів має свої біологічні особливості, що визначають методи їх вирощування. Процес культивування передбачає вивчення фізіолого-біологічних потреб об'єктів, вибір відповідного середовища, систем живлення, умов розмноження та вирощування. Значну роль відіграють також питання санітарного контролю, безпеки праці, екологічного моніторингу та економічного обґрунтування технологій.

Зростання попиту на морепродукти та потреба в нових джерелах білка зумовлюють актуальність розвитку культивування нерибних водних об'єктів.

При підготовці цього курсу лекцій були використані літературні джерела довідкового характеру, посібники та підручники вітчизняних та іноземних авторів.

1. ВОДНІ НЕРИБНІ ОБ'ЄКТИ ХАРЧОВОГО ВИКОРИСТАННЯ

1.1. Ракоподібні, молюски, морські рослини – характеристика, споживні властивості, харчове використання

До цінних ресурсів Світового океану, що активно використовуються в їжу, належать не лише риби, а й велика група нерибних морепродуктів. Їх характеризує висока поживна цінність, вміст якісних білків, мінералів та біологічно активних сполук. При цьому більшість із них відрізняються низьким вмістом жирів і калорій, що робить їх корисними в раціоні людей, які дотримуються здорового способу життя.

Особливістю морських безхребетних і водоростей є надзвичайно високий вміст мікро- і макроелементів. Наприклад, вміст йоду, кальцію, фосфору, магнію, сірки, бромю та інших мікроелементів у них у 30–70 разів перевищує аналогічні показники в м'ясі наземних тварин. Ці сполуки не лише зміцнюють організм, а й стимулюють обмін речовин, позитивно впливаючи на стан щитоподібної залози, серцево-судинної та нервової систем.

Водні нерибні об'єкти харчового використання – це водні організми, які мешкають у прісних або солоних водоймах і використовуються людиною в їжу, але не належать до риб.

Морепродукти, що не належать до риб, мають значні харчові та лікувальні властивості. Страви з морських безхребетних і водоростей вирізняються високим вмістом якісних білків та біологічно активних речовин, зберігаючи при цьому низьку калорійність. Концентрація мікроелементів у таких продуктах у десятки разів перевищує їхній вміст у наземних тваринах. Завдяки цьому страви з морських безхребетних і водоростей стимулюють обмін речовин та позитивно впливають на здоров'я при різних захворюваннях.

Класифікація нерибних морепродуктів:

1. **Ракоподібні:** краби, креветки, раки, омари, лангусти.
2. **Молюски:**
 - **Двостулкові:** мідії, морські гребінці, устриці.
 - **Головоногі:** кальмари, восьминоги, каракатиці.
3. **Голкошкірі:** трепанги, кукумарії, морські їжаки.
4. **Водорості:** ламінарія (морська капуста), фукус, анфельція.

Основні водні нерибні об'єкти харчового використання

№	Назва	Латинська назва	Група	Харчова цінність
1	Річковий рак	<i>Astacus astacus</i>	Ракоподібні	Багатий на білок, кальцій, магній
2	Креветка	<i>Penaeus/Palaemon</i>	Ракоподібні	Білок, йод, омега-3
3	Краб	<i>Carcinus/Callinectes</i>	Ракоподібні	Містить цинк, вітаміни В
4	Мідії	<i>Mytilus edulis</i>	Молюски	Джерело заліза, селену, В ₁₂
5	Устриці	<i>Ostrea edulis</i>	Молюски	Цинк, покращення імунітету
6	Кальмар	<i>Loligo vulgaris</i>	Молюски	Білок, вітамін Е, селен
7	Восьминіг	<i>Octopus vulgaris</i>	Молюски	Білок, низька калорійність
8	Ламінарія	<i>Laminaria japonica</i>	Водорості	Йод, клітковина, фолієва кислота
9	Спіруліна	<i>Spirulina platensis</i>	Водорості	До 60 % білка, антиоксиданти
10	Хлорела	<i>Chlorella vulgaris</i>	Водорості	Хлорофіл, залізо, вітаміни В
11	Морський огірок	<i>Holothuria</i>	Інші	Білки, імунна підтримка
12	Морський їжак	<i>Echinoidea</i>	Інші	Омега-3, вітаміни А і D

Ракоподібні поширені в усіх океанах і морях. Їхнє тіло складається з головогрудей та черевця, яке є основною їстівною частиною. М'ясо ракоподібних багате на білки, мінерали та вітаміни групи В.

Молюски поділяються на двостулкових і головоногих. Двостулкові мають раковину з двох стулків і містять м'ясо, багате на білки та мінерали. Головоногі, такі як кальмари та восьминоги, відомі високим вмістом білка та низькою калорійністю.

Голкошкірі, як-от трепанги та морські їжаки, містять біологічно активні речовини з імуномодулюючими властивостями.

Водорості є джерелом йоду, калію та інших мінералів. Ламінарія, наприклад, використовується для профілактики захворювань щитовидної залози та серцево-судинної системи.

Хімічний склад їстівних частин деяких морепродуктів

Продукт	Вода (%)	Білки (%)	Жири (%)	Вуглеводи (%)	Мінеральні речовини (%)	Енергетична цінність (ккал)
Краб камчатський	81	16	0,5	0,4	2,0	70
Креветки	77	19	0,8	2,2	1,7	92
Річкові раки	77	16	0,5		5,8	68
М'ясо мідії	85	8	1,5	2,3	3,0	55
Філе кальмара	80	18	0,3	1,0	1,4	75
Ламінарія	89	0,9	0,2		4,1	5

Вміст білків у нерибних морепродуктах коливається від 0,9% до 22,5%, жирів – від 0,2% до 3,2%, вуглеводів від 0,2% до 5%. Завдяки високому вмісту білків та мінералів, ці продукти є цінними для харчування.

З кожним роком асортимент продуктів з безхребетних та водоростей розширюється, що сприяє зростанню їхньої популярності серед населення.

У світі зростає попит на продукти з морських організмів завдяки їхнім корисним властивостям. FAO прогнозує, що до 2030 року обсяг виробництва морепродуктів перевищить 110 млн тонн, а до 40% забезпечуватиме аквакультура. Збереження біорізноманіття та ефективне управління морськими ресурсами дозволить збільшити вилов без шкоди для екосистем.

Питання для самоперевірки

1. Що таке аквакультура? Які її основні напрямки?
2. Хто належить до водних нерибних об'єктів аквакультури?
3. Які переваги має культивування нерибних об'єктів у порівнянні з рибою?
4. Чим відрізняється марикультура від континентальної аквакультури?
5. Які основні переваги культивування нерибних об'єктів у порівнянні з рибами?
6. Які харчові ресурси забезпечують нерибні водні організми людині?
7. У чому полягає значення нерибних об'єктів для біологічного різноманіття та екосистем?
8. Які екологічні переваги має культивування двостулкових молюсків?
9. Чому вирощування голотурій вважається перспективним з медичної та харчової точки зору?
10. Які чинники впливають на вибір виду для культивування у різних природно-кліматичних умовах?

11. Як нерибні об'єкти аквакультури можуть знижувати навантаження на природні популяції?
12. Яке значення мають водорості в системі вирощування інших нерибних гідробіонтів?
13. У яких напрямках (галузях) використовується продукція, отримана від культивованих нерибних організмів?

2. КУЛЬТИВУВАННЯ ВОДРОСТЕЙ

Водорості (лат. *Algae*) – це неоднорідна за походженням група живих організмів, які здатні до фотосинтезу і переважно мешкають у водному середовищі, хоча деякі адаптувались до життя на суходолі: у ґрунтах, на скелях, коріннях дерев тощо. Частина з них є автотрофами, тобто самостійно синтезують органічні речовини, використовуючи світлову енергію.

Традиційно водорості вважалися нижчими рослинами, особливо зелені водорості, які мають близьку спорідненість з вищими рослинами. Однак інші представники цієї групи відносяться до різних таксонів еукаріотичних найпростіших, деякі з яких мають риси, притаманні тваринам. Розвиток водоростей відбувався поліфілетично, тобто вони походять від різних предкових форм, що сформувались незалежно одна від одної, проте внаслідок конвергентної еволюції набули подібних морфофункціональних характеристик.

Всі водорості мають фотосинтетичні пігменти, завдяки яким відбувається оксигенний фотосинтез, та відрізняються широким спектром забарвлення – від зеленого до червоного, бурого й синьо-зеленого. У цю групу також включають деякі безбарвні форми, які втратили здатність до фотосинтезу, але зберігають генетичну спорідненість із фототрофними видами. Деякі з них виявляють гетеротрофний тип живлення, тобто засвоюють поживні речовини з навколишнього середовища або захоплюють тверді частинки їжі (наприклад, серед евгленових або динофітових).

Розміри водоростей надзвичайно варіюються: від мікроскопічних одноклітинних форм до гігантських бурих водоростей, довжина яких може досягати 40 метрів.

Тіло водорості або талом може бути як одноклітинним, так і багатоклітинним. Існують колоніальні форми, в яких клітини з'єднані між собою за допомогою міжклітинних зв'язків або оточені спільною слизовою оболонкою.

На сьогодні описано понад 60 тисяч видів водоростей, хоча за прогнозами вчених реальна кількість може досягати пів мільйона або навіть

декількох мільйонів видів. Водорості класифікують за різними принципами, але синьо-зелені водорості або ціанобактерії виділяються окремо – вони є прокаріотами, не мають ядра. Інші належать до еукаріотів, які мають типовий клітинний апарат: ядро, мітохондрії, апарат Гольджі тощо.

Особливі цитологічні ознаки водоростей, що використовуються в систематиці:

- будова клітинної оболонки та ядра;
- джгутиковий апарат;
- організація фотосинтетичних структур;
- тип мітохондрій та спосіб поділу клітин.

У водоймах водорості є першою ланкою трофічного ланцюга: вони є джерелом живлення для численних безхребетних, яких, поїдають риби та інші хижаки. Вони формують основу первинної продукції у водному середовищі та прямо впливають на продуктивність зариблених водойм.

Водорості беруть участь у кругообігу речовин, виконують функцію біофільтрів, поглинаючи надлишок мінеральних речовин і сприяючи самоочищенню водойм. Деякі з них здатні колонізувати безжиттєві поверхні, ініціюючи ґрунтоутворення та відновлення родючості на деградованих ділянках.

Водорості і морські трави є сировиною для виготовлення багатьох продуктів, які неможливо виготовити з сировини наземного походження, наприклад, драглеутворювачів. При комплексній переробці з багатьох водоростей можна виготовляти харчову, кормову та технічну продукцію.

За забарвленням водорості поділяються на червоні, бурі та зелені. Забарвлення залежить від монохроматичного кольору, який панує на глибині росту.

Червоні водорості ростуть в холодних і теплих водах на глибині від 5 до 120 м. Найбільш цінними з червоних водоростей є анфельція, філофора і фурцелярія.

Анфельція поширена в Білому і далекосхідних морях. Це гіллясті кущі, заввишки 20–40 см. Найбільш цінним продуктом, що виробляється з анфельції, є агар-агар, який володіє високою драглеутворюючою здатністю і широко застосовується в харчовій промисловості та бактеріологічній галузі медичної промисловості.

Філофора поширена в Чорному морі. Вона являє собою кущі буро-червоного кольору заввишки до 0,5 м. З філофори виготовляють драглеутворюючу речовину агароїд.

Фурцелярія росте в Балтійському морі. З неї одержують речовину фурцеларан (агароїдин), що також має високі драглеутворюючі властивості.

Бурі водорості поширені у всіх морях. Вони ростуть на кам'янистих і піщано-мулистих ґрунтах на глибині від 1 до 25 м. З них найбільший інтерес являють ламінарії та фукуси.

На ламінарію (морську капусту) – найбільшу з бурих водоростей, багаті далекосхідні моря, де заготовлюють японо-морську, охото-морську ламінарію. На узбережжі Білого моря заготовляють ламінарію сахарину і ламінарію дигитату.

Довжина листяної пластини 2-річної розвинутої ламінарії становить 5-8 м, ширина – 10–20 см. Запас корисних речовин ламінарії (повноцінний комплекс мінеральних речовин – хлор, калій, натрій, магній, сірка, фосфор, йод, залізо, бром) зосереджений в листовій пластині. Ламінарію реалізують в свіжому, замороженому, сушеному вигляді, використовують для виробництва консервів, пресервів і салатів.

Фукуси поширені на невеликих глибинах в Баренцовому, Білому, Балтійському морях. Промислове значення має пухирчастий фукус, куші якого можуть сягати висоти 1 м. З фукусів одержують йод і калійні солі.

Із зелених водоростей промислове значення мають кладофора та хлорела. З них отримують вітаміни групи В (В₁, В₂, В₆, В₁₂, біотин, нікотинову, пантотенову, фолієву кислоти), каротин, вітаміни С, Д, К, антибіотики, ацетон, спирти тощо. Значний інтерес для культивування й промислового використання являє хлорела, яка є джерелом вітамінів групи В, каротину, вітамінів С, Д, Е, К. Змінюючи температуру, сольовий та газовий склад середовища культивування, можна одержувати хлорелу з дуже високим вмістом жиру (85–80%) або білка (50–60% сухої речовини).

З морських трав найбільшу цінність має філоспадикс. Промислове значення також мають декілька видів зостери, що виростають в прибережних зонах Білого, Балтійського, Чорного і Японського морів. Філоспадикс і зостери відрізняються розміром листя. Значний вміст целюлози (18–24%) дозволяє використовувати їх при виробництві текстилю, м'яких меблів, в будівництві, паперовій промисловості.

2.1. Культивування бурих водоростей

Бурі водорості – це виключно морські організми, що не зустрічаються у прісноводному середовищі. Нині відомо приблизно 1500 видів цієї групи. Їхньою характерною особливістю є буро-жовтувате забарвлення талому, яке зумовлене наявністю у хроматофорах специфічного пігменту – фукоксантину. Разом із ним у клітинах містяться й інші пігменти: хлорофіл, каротин, ксантофіл, що створюють унікальну гаму відтінків.

Бурі водорості мають добре виражене чергування поколінь у життєвому циклі. Їх розміри коливаються від мікроскопічних форм (менше міліметра) до гігантських екземплярів завдовжки понад 10 метрів.

Форма талому бурих водоростей дуже різноманітна: зустрічаються ниткоподібні, кулясті, пластинчасті, кущоподібні та інші різновиди. У багатьох видів наявні газові камери, що утримують рослину у вертикальному положенні. Талом складається з кількох шарів клітин, щільно пов'язаних між собою, що надає їм схожості з тканинами вищих рослин.

Багато представників мають чіткий розподіл на корову частину з насиченими хлоропластами та серцевину з безбарвних клітин, яка транспортує продукти фотосинтезу й забезпечує міцність. Водорості прикріплюються до субстрату за допомогою ризоїдів.

У бурих водоростей представлені всі основні способи розмноження – вегетативне, статеве та спорове. Вони відіграють важливу роль у морських екосистемах, створюючи середовище існування для численних морських організмів.

Ці водорості мають значне практичне значення для людини. Вони містять ламінарин – запасний вуглевод, і є єдиним природним джерелом альгінатів, які застосовуються:

- у харчовій промисловості – для виготовлення консервів, соків, желе;
- у текстильному виробництві – для підвищення стійкості тканин до зношення й вологості;
- у будівництві – для покриттів і фарб;
- у машинобудуванні – для створення мастил;
- у фармації – для мазей, паст і лікувальних препаратів.

Окрему цінність має манітол, отриманий із бурих водоростей. У медицині він використовується як засіб для регуляції тис.ку та кровозамінник, а також у виробництві пластмас, фарб і вибухових речовин.

У сільському господарстві бурі водорості застосовуються як мінерально-вітамінна добавка до кормів, а також є джерелом йоду.

- Ламінарія (*Laminaria*) має розвинений талом зі «стовбуром» і великою листоподібною частиною (до 13 м). Відома як морська капуста, культивується в багатьох країнах (Японія, Китай), споживається у вигляді салатів, морських голубців, ікри, мармеладу.
- Фукус (*Fucus*) – поширений на узбережжях холодних морів.
- Саргасум (*Sargassum*) заповнює води Саргасового моря, іноді створюючи перешкоди для судноплавства.
- Цистозейра (*Cystoseira*) – звичайна для прибережної зони Чорного моря.

- Макроцистис. (*Macrocystis*) – найбільший представник, довжина якого перевищує 30 м.

Бурі водорості потребують морського середовища з певними характеристиками:

- Температура води: оптимальна — +10...+20 °С.
- Солоність: середній рівень, 25–35‰.
- Освітлення: потрібен достатній рівень природного світла або контрольоване штучне освітлення.
- Глибина: більшість культур вирощують на глибинах 1–10 метрів.

Бурі водорості культивують у великих обсягах у:

- Китаї, Південній Кореї, Японії – основні виробники ламінарії;
- Норвегії та Франції – активно розвивається марікультура фукуса та саргасуму.

Технології культивування бурих водоростей

1. Морські плантації. Найпоширеніший метод. Водорості прикріплюють до мотузок, сіток або пластикових труб, які кріпляться між буйками. Такі системи розміщують у захищених від штормів бухтах, де немає сильних течій.

2. Аквакультурні установки (закриті системи). Використовуються в резервуарах або басейнах з морською водою. Дає змогу контролювати параметри середовища (світло, температуру, швидкість течії). Забезпечує цілорічне вирощування з високою продуктивністю.

3. Напівприродні лагуни. Застосовується в мілководних прибережних ділянках із частковим контролем екологічних факторів.

В українських водах Чорного моря трапляється дикоросла ламінарія та цистозейра. За наявності інвестицій і розвитку марікультури можливе створення пілотних ферм у південних регіонах, зокрема в Одеській та Миколаївській областях.

2.2. Культивування червоних водоростей

Червоні водорості, також відомі як багрянки (*Rhodophyta*), – це група переважно морських організмів, які характеризуються специфічним червоно-бурим забарвленням, обумовленим наявністю фікобілінових пігментів – фікоеритрину та фікоціаніну, що доповнюють хлорофіли в процесі фотосинтезу. Ці пігменти дозволяють їм ефективно засвоювати світло на глибинах, де інші водорості не виживають.

Переважає більшість багрянок поширена у морських водах тропічного та помірної поясів. Деякі види ростуть на глибинах понад 100 метрів, прикріплюючись до дна або скель, утворюючи цілі фітоценози. Лише незначна

частина представників зустрічається у прісних водоймах. Найпоширеніші представники:

- Анфельція (*Ahnfeltia*) – джерело агар-агару, поширена в Білому та Японському морях.
- Філофора (*Phyllophora*) – поширена в Чорному морі, має червоно-буре забарвлення.
- Фурцелярія (*Furcellaria*) – зростає в Балтійському морі, використовується для одержання фурцеларану (аналог агароїду).
- Порфіра (*Porphyra*) – широко використовується в японській та корейській кухні.

Червоні водорості (багрянки) мають високу економічну цінність завдяки вмісту агароїдів, каррагінанів, а також біологічно активних речовин. Через зростаючий попит на ці сполуки у харчовій, фармацевтичній і косметичній галузях, дедалі більше уваги приділяється штучному вирощуванню (марикультурі) червоних водоростей.

До біологічних вимог червоних водоростей відноситься:

- Освітлення – потрібен достатній рівень природного світла або спеціальні лампи в умовах закритих фермерських установ.
- Температурний режим – оптимальна температура для вирощування — +15–+25 °С, залежно від виду.
- Солоність води – більшість багрянок вимагає середньої або високої солоності (20–35‰).
- Течія та аерація – необхідна для насичення води киснем і запобігання застою.

Методи культивування червоних водоростей

1. Морські плантації (відкрита система). Водорості прикріплюють до мотузок, сіток або пластикових труб, які розміщують у морській воді. Часто використовуються у тропічних регіонах, зокрема в Південно-Східній Азії.

2. Закриті системи (аквакультурні установки). Культивація відбувається у спеціальних резервуарах з контрольованими умовами. Дає змогу вирощувати водорості цілий рік, з високою продуктивністю. Використовується, зокрема, для анфельції, філофори, порфіри.

3. Напівприродні системи. Вирощування у природних лагунах або ставках із частковим контролем параметрів середовища.

Приклади вирощування червоних водоростей та їх використання

Вид	Місце вирощування	Використання
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Індонезія, Філіппіни	джерело каррагінану
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Танзанія, Малайзія	харчові добавки, косметика
<i>Porphyra spp.</i>	Японія, Корея	харчові продукти (норі, супи)
<i>Gracilaria spp.</i>	Китай, Бразилія	агар-агар, біопаливо

В Україні червоні водорості (багрянки) відіграють важливу роль як природний ресурс для видобутку агароїдів та біологічно активних речовин. Особливе значення має вид філофора червона (*Phyllophora nervosa*), який поширений у північно-західній частині Чорного моря, зокрема в районі так званого «філофорового поля» – унікального підводного лісу водоростей, що є об'єктом природоохоронного значення.

Біологічними особливостями філофори є:

1. Філофора має кущеподібну форму, заввишки до 30–50 см.
2. Вона зростає на глибинах до 60–70 м у місцях із стабільною температурою та солоністю.
3. Здатна утворювати щільні підводні фітоценози, які мають високу продуктивність.

Традиційно в Україні філофору збирали методом підводного збирання вручну або за допомогою донного згрібання. Проте останні роки акцент зміщується у бік штучного культивування через:

- виснаження природних запасів;
- екологічні ризики через масове вирубування підводної рослинності;
- необхідність відновлення філофорового поля Чорного моря.

Культивування червоних водоростей в Україні – це економічно перспективний і екологічно необхідний напрям, що може поєднати інновації, біотехнології та охорону природи. Залучення інвестицій і державна підтримка дозволять перетворити Чорне море на потужний регіональний центр аквакультури багрянок.

2.3. Культивування зелених водоростей

Зелені водорості становлять найбільш численну групу серед усіх відділів водоростей. Їх відомо понад 15 000 видів, до яких входять одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні форми. Визначальною ознакою є яскраво-зелене забарвлення талому, що зумовлено домінуванням хлорофілу над іншими

пігментами. За морфологічними та біохімічними особливостями зелені водорості поділяються на п'ять класів, серед яких основні — Вольвоксові, Протококові та Улотриксіві.

Клас Вольвоксові. Цей клас об'єднує найпримітивніших представників зелених водоростей. Їхні клітини мають рухливі джгутики, які функціонують протягом усього життя. Вольвоксові широко поширені в природі, швидко розмножуються і беруть участь у біологічному очищенні водойм та утворенні сапропелю. Вони також слугують їжею для дрібних безхребетних.

Одним із найтипівіших представників є вольвокс або вовчок – колоніальна форма у вигляді кулі, клітини якої розміщені в один шар і оточені слизовою масою. В одній колонії може бути до 50 тисяч клітин. Їх легко помітити неозброєним оком у стоячих прісних водоймах.

Клас Протококові. До цього класу входять як одноклітинні (хламідомонада, хлорела), так і багатоклітинні форми. Вегетативна стадія більшості представників нерухома, адже джгутики в ній відсутні. Вони часто мешкають у забруднених водоймах і мають здатність очищати воду від домішок.

Хламідомонада – одна з найпоширеніших одноклітинних водоростей, яку часто можна зустріти під час «цвітіння води». Клітина має чашоподібний хроматофор, два джгутики, дві пульсуючі вакуолі й ядро з ядерцями. Вона здатна до фотосинтезу, але також може засвоювати органічні речовини з води. Завдяки цим властивостям, її використовують у системах біологічного очищення води.

Хлорела – ще один важливий представник, який живе у прісних водоймах, вологому ґрунті, іноді вступає в симбіоз з тваринами. Вона відома завдяки інтенсивному фотосинтезу: добовий приріст біомаси досягає 200 кг/га. Суха маса хлорели містить до 50% білків, 22% жирів, 12% вуглеводів, а також вітаміни D, B, C та A.

Клас Улотриксіві. Цей клас представлений переважно нитчастими або пластинчастими багатоклітинними формами. Одним із найвідоміших родів є Улотрикс, який мешкає у прісноводних середовищах, зокрема у проточних водоймах. Його легко розпізнати за ниткоподібними зеленими обростаннями на камінні чи корчах. Нитки улотриксу складаються з ряду клітин з ядром і хроматофором у вигляді незамкнутого кільця.

Інший представник Ульва, або «морський салат», поширений у морських прибережних зонах. Обидва види мають здатність до фотосинтезу та відновлення водного середовища.

Зелені водорості (відділ *Chlorophyta*) – це надзвичайно різноманітна група, яка включає одноклітинні, колоніальні та багатоклітинні форми. Деякі з

них, зокрема хлорела та хламідомонада, є об'єктами інтенсивного культивування через свою швидку біомасову продуктивність та унікальні біохімічні властивості.

Основні види, що культивуються

- Хлорела (*Chlorella vulgaris*). Одноклітинна, культивується в лабораторіях, фермах, біореакторах. Високий вміст білка, хлорофілу, вітамінів. Широко застосовується у харчуванні, фармації, косметології.
- Хламідомонада (*Chlamydomonas reinhardtii*). Здатна до фотосинтезу та гетеротрофного живлення. Використовується у біотехнологічних дослідженнях.
- Спіругіра, улотрикс, ульва – менш популярні у культивуванні, але важливі у природних та екологічних програмах.

Технології вирощування зелених водоростей

1. Відкриті системи (ставкові культиватори). Найпростіший і найдешевший метод. Водорості вирощують у мілководних басейнах або ставках із контролем температури, рН та освітлення. Висока продуктивність у сприятливих кліматичних умовах.

2. Закриті фотобіореактори. Герметичні прозорі трубки або панелі. Здійснюється постійний контроль середовища (освітлення, подача CO₂, стерильність). Висока якість і концентрація біомаси. Дає змогу цілорічного вирощування в будь-якому кліматі.

3. Біореактори періодичної дії. Підходять для дослідних цілей або малої промислової біотехнології. Легко адаптуються до вирощування різних штамів.

Умови для ефективного росту зелених водоростей: оптимальна температура 20–30 °С; освітлення природне або LED-лампи (400–700 нм); рН середовища 6,5–8; потрібна подача CO₂, яка стимулює фотосинтез і збільшує вихід біомаси.

В Україні зелені водорості розглядаються як перспективний об'єкт для біотехнологічного культивування. Особливо увага приділяється таким видам, як хлорела (*Chlorella vulgaris*) та хламідомонада (*Chlamydomonas reinhardtii*), що мають високу біомасову продуктивність і здатність до очищення водного середовища.

Сфери застосування в Україні

1. Очисні системи:

- Хлорела та хламідомонада активно впроваджуються в біологічні очисні споруди, зокрема для доочищення стічних вод від фосфатів, амонію та важких металів.

- Експерименти з «зеленими біофільтрами» тривають у Київській, Чернігівській, Одеській областях.
- 2. Кормова добавка в тваринництві:
 - Зелені водорості змішують з кормами для курей, риб, великої рогатої худоби, підвищуючи імунітет і приріст ваги тварин.
 - Такі добавки багаті на білок, вітаміни В та мінерали.
- 3. Мікрowodорості для біопалива:
 - Дослідження з вирощування хлорели як джерела біомаси для отримання біогазу ведуться у наукових лабораторіях Херсонщини та Дніпропетровщини.
- 4. Косметика та фармацевтика:
 - Вітчизняні фармкомпанії досліджують екстракти зелених водоростей як основу для антисептичних засобів, зволожувальних масок, вітамінізованих мазей.
 В Україні зелені водорості вирощуються:
 - у відкритих басейнах під час теплого сезону;
 - у закритих фотобіореакторах – ці установки дають змогу вирощувати мікрowodорості цілий рік;
 - на промисловому рівні – поки лише в експериментальних масштабах, з можливістю масштабування.

Таблиця 2.2

Порівняння зелених водоростей

	Назва	Тип організму	Основне застосування	Умови культивування
1	Хлорела	Одноклітинна	Харчові добавки, фармація, біопаливо	Фотобіореактори, відкриті басейни
2	Хламідомонада	Одноклітинна	Очищення води, біотехнології	Лабораторії, очисні системи
3	Улотрикс	Багатоклітинна	Екологічний моніторинг, освітні цілі	Природне середовище, лабораторії
4	Ульва	Багатоклітинна	Косметика, біомаса для харчування	Природне середовище, басейни

Ключові регіони України, де активно ведуться наукові дослідження та практичне культивування зелених водоростей. Основні осередки розвитку мікрowodоростевої біотехнології:

1. Київ – провідний науковий центр. Тут розташовані лабораторії Інституту гідробіології НААН України, які займаються вирощуванням хлорели в біореакторах.
2. Одеса – дослідження хламідомонади та улотриксу, зокрема в умовах морського узбережжя.
3. Харків – активні експерименти з культивування зелених водоростей для біоочистки та аграрного використання.
4. Дніпро – регіон з потенціалом для виробництва біопалива на основі хлорели.
5. Чернігів – дослідження екосистем водойм та впровадження мікрководоростей у природоохоронні програми.
6. Херсон – використання зелених водоростей у системах зрошення та як добриво на основі біомаси.

Питання для самоперевірки

1. Які основні види водоростей культивуються у промислових масштабах?
2. Для чого використовуються водорості у харчовій та фармацевтичній промисловості?
3. Назвіть типи систем культивування водоростей.
4. Які добрива використовуються для стимуляції росту мікрководоростей у штучних умовах?
5. Чим зумовлена біотехнологічна цінність водоростей?
6. Які корисні речовини можна отримати з водоростей і в яких галузях вони застосовуються?
7. Які основні методи культивування водоростей використовуються у промисловості?
8. Які види водоростей найчастіше культивуються у харчових, фармацевтичних або технічних цілях?
9. Які основні методи культивування водоростей використовуються в промисловості?
10. Які умови середовища є критичними для успішного вирощування водоростей (освітлення, температура, рН тощо)?
11. Чим відрізняється вирощування мікрководоростей від макроводоростей?
12. Яке значення мають водорості як джерело біологічно активних речовин?
13. Які водорості використовуються для отримання агар-агару, альгінатів та каррагінану?
14. Які проблеми можуть виникати при масовому вирощуванні водоростей у відкритих водоймах?

3. КУЛЬТИВУВАННЯ МОЛЮСКІВ

3.1. Культивування мідій

Молюски – це важлива група морських безхребетних, що включає двостулкових (мідії, устриці, гребінці), головоногих (кальмари, каракатиці, восьминоги) і черевоногих. Завдяки високій харчовій цінності, екологічній чистоті та комерційній привабливості, молюски стали об'єктами широкого культивування в аквакультурі.

Культивування молюсків розвинене у прибережних водах Китаю, Японії, Південної Кореї, Іспанії, Франції, Італії, Чилі та Нової Зеландії. Зараз ці країни забезпечують понад 75% світового обсягу споживаних молюсків.

Основні методи культивування молюсків

1. Підвісний (лінійний) метод. Застосовується для мідій, гребінців, устриць. Молюски вирощуються на канатах, сітках або корзинах, які підвішуються у морі на плавучих платформах. Метод дозволяє уникнути хижаків і покращує умови росту завдяки кращій аерації (рис. 3.1, 3.2).

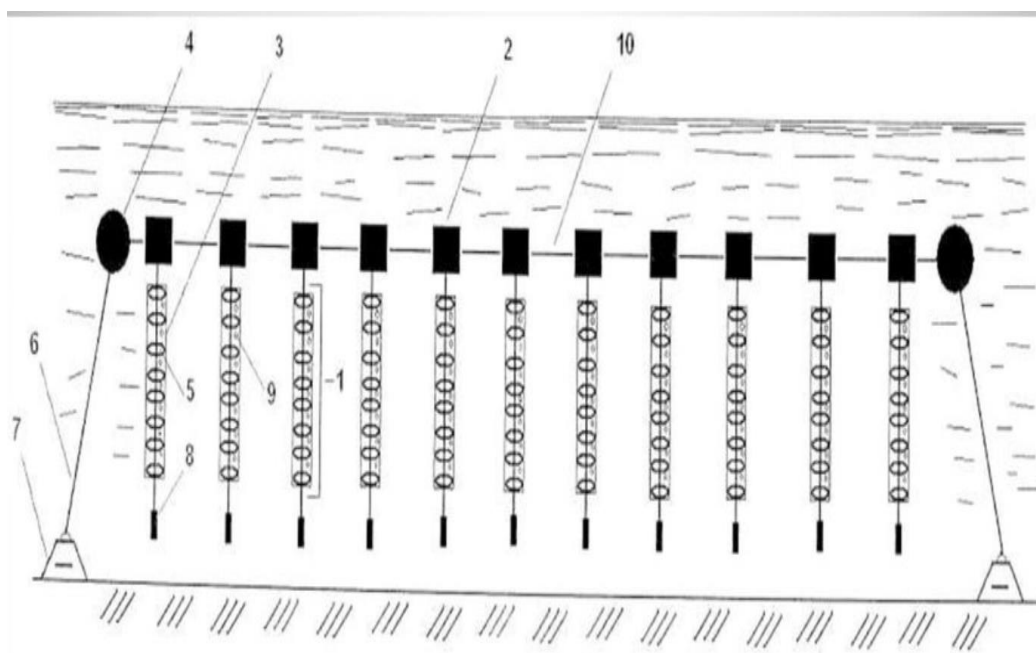


Рис. 3.1. Установки закріпленні якорями на дні (підвісний метод)

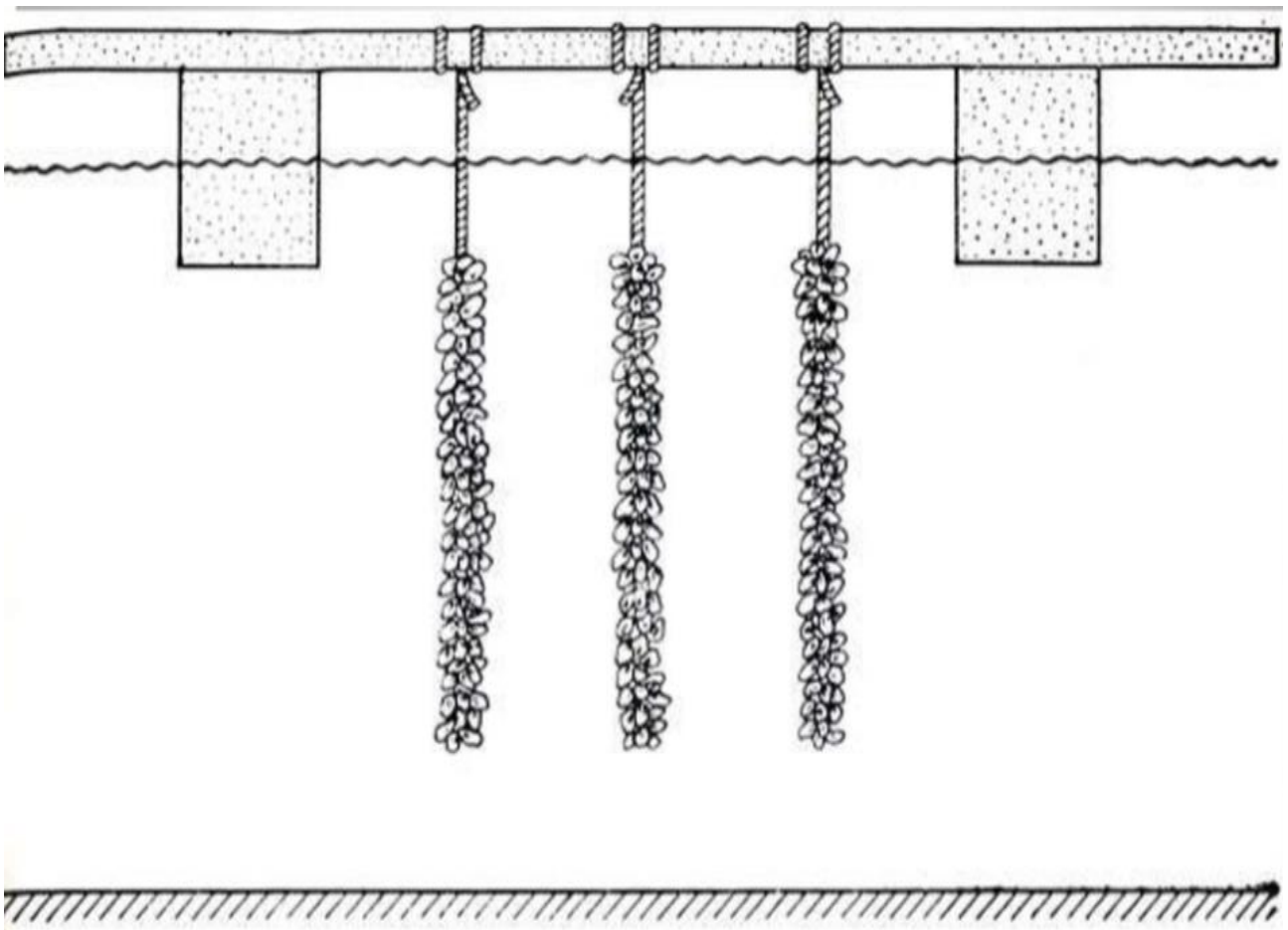


Рис. 3.2. Конструкції, що підвішені в товщі води на плотах

2. Донний метод. Підходить для устриць і гребінців. Молодняк розміщується безпосередньо на піщаному або глинистому дні лагун і заток. Вимагає контролю за донним середовищем, очищення від забруднень.

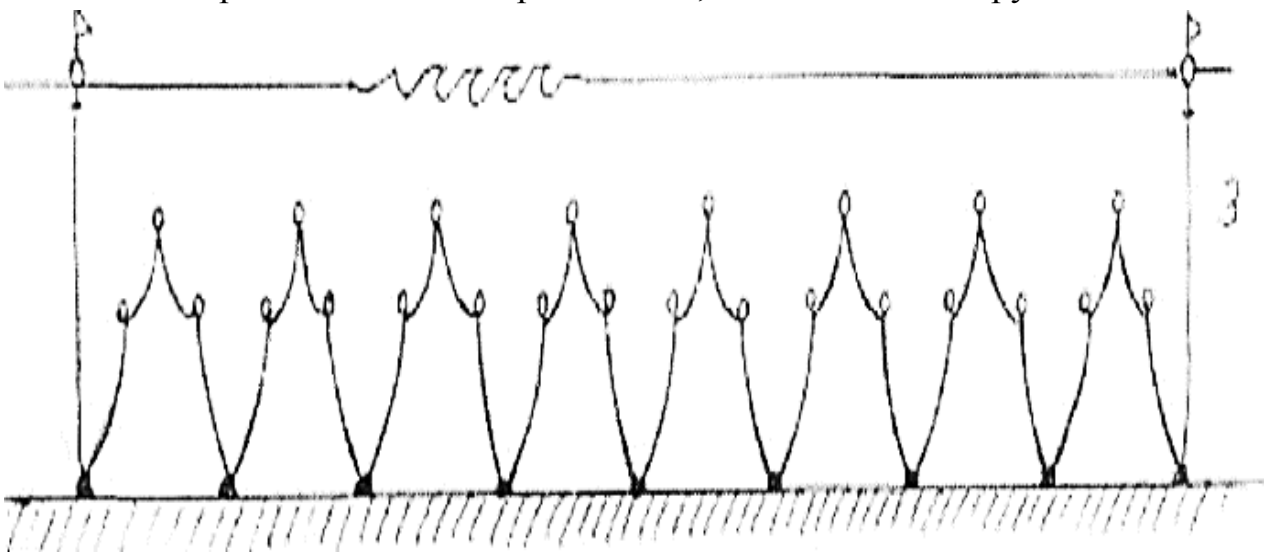


Рис. 3.3. Загальна схема донного мідієвого носія

3. Лоткове вирощування. Використовується в закритих або напівзакритих системах. Молюски утримуються у багаторівневих лотках, через які циркулює вода з поживними речовинами.

4. «Бушо» – традиційна французька технологія з дерев'яними стовпами, що модифікується використанням сітчастих мішків

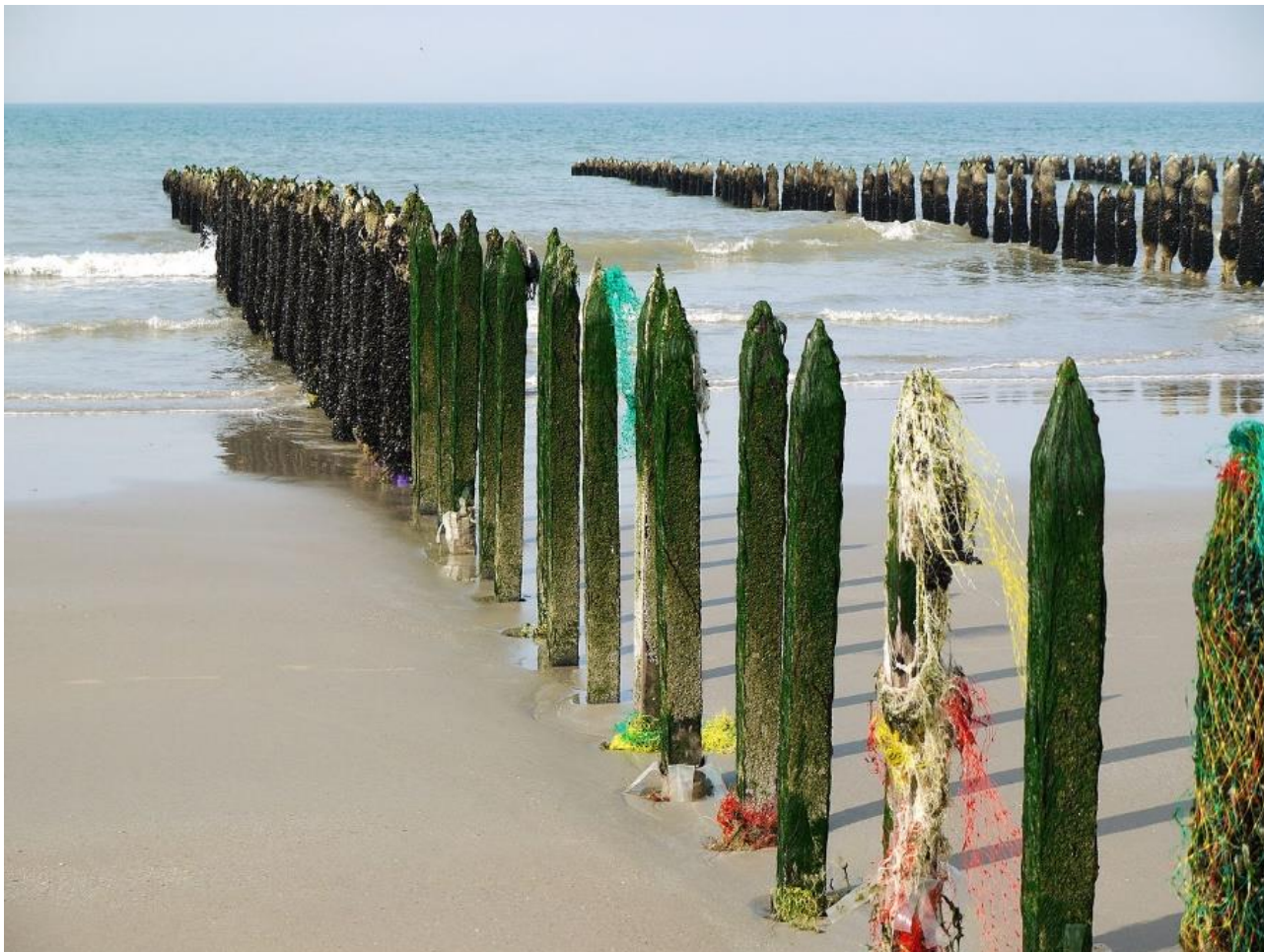


Рис. 3.4. Технологія «Бушо»

Біологічними умовами для вирощування молюсків є оптимальна температура для більшості – $+15...+22\text{ }^{\circ}\text{C}$; морські молюски потребують солоність 25–35‰; живляться природним фітопланктоном або додаються спеціальні мікрододорості у розчині; середовище існування має бути чистим, добре аерованим, без токсичних домішок.

Культивування молюсків в Україні. Найбільші перспективи має Чорне море, зокрема узбережжя Одеської області. Дослідження ведуться щодо промислового вирощування мідій та устриць. Україна має потенціал до розвитку марикультури, з урахуванням наявності мілководних заток, сприятливих температур і солоності води. Види, що вирощуються:

- Мідія чорноморська (*Mytilus galloprovincialis*). Найпоширеніший вид у культивуванні. Вирощується переважно лінійним способом (на канатах). Дає високоякісне м'ясо з високим вмістом білка, кальцію та йоду.



Рис. 3.5. Середземноморська мідія (*Mytilus galloprovincialis*)

- Устриця європейська (*Ostrea edulis*). Починає культивуватися на експериментальних фермах поблизу Одеси. Має високу ринкову вартість, використовується в ресторанах і для експорту.



Рис. 3.6. Устриця європейська (*Ostrea edulis*)

Культивування молюсків в Україні – реальний і перспективний напрям, який здатен забезпечити як економічний прибуток, так і екологічну користь, завдяки здатності молюсків очищувати воду. За умови підтримки з боку держави та наукової спільноти, галузь має всі шанси на активний розвиток у найближчі роки.

3.2. Культивування устриць

Устриці є одним із перспективних об'єктів для розвитку марикультури в акваторії Чорного моря. Ці молюски мають високу харчову цінність завдяки значному вмісту білків, вуглеводів, а також комплексу вітамінів і мікроелементів. М'ясо устриць відоме своїми дієтичними властивостями, а в сучасних дослідженнях з них також отримують біологічно активні сполуки, що проявляють антиоксидантні, імуномодулюючі та радіозахисні властивості.

На міжнародному рівні устриць вживають у різних формах – свіжими, консервованими або сушеними. Крім того, мушлі цих молюсків можуть слугувати сировиною для виготовлення харчових мінеральних добавок або вапна. Використання порошку з подрібнених мушель у кормах для птиці сприяє покращенню росту молодняка та підвищенню продуктивності курей-несучок.

У світі існує велика різноманітність методів вирощування устриць, проте їх умовно поділяють на два ключові підходи: культивування на морському дні та вирощування у водному стовпі.

Кожен із цих способів має численні варіації, які визначаються особливостями біології конкретного виду устриць, природними умовами регіону, культурно-історичними традиціями та ступенем технологічного розвитку. Найбільшого поширення донний метод набув у Франції, тоді як підвісні технології активно застосовуються в Японії.

В напівциклічних господарствах молодь устриць (шпат), збирають в природних акваторіях, або отримують в штучних умовах, а вирощування молюсків до товарного розміру здійснюють в природних умовах.

В повноциклічних господарствах, шпат, отриманий від плідників молюсків, що утримуються в контрольованих умовах, вирощують в штучних умовах.

Біотехніка вирощування устриць в господарствах напівциклічного типу в сучасних умовах Чорного моря відбувається за наступною схемою: отримання личинок устриць в штучних умовах, та збір їх на колектори; вирощування молюсків в природних умовах від стадії шпату до товарних розмірів; збір товарних молюсків; витримування устриць до кондиційного стану; чистка та реалізація товарних особин.

Вирощування устриць може проводитись на дні або в товщі води. Вирощування моллюсків на ґрунті менш виправдано, оскільки устриці гірше забезпечені кормом, більше забруднюються піском, мулом, донними осадами та завислою речовиною, піддаються пресу хижаків та зараженню паразитами. Більш прогресивний спосіб вирощування устриць в товщі води. При такій технології устриці краще забезпечені їжею, мають порівняно більш високий темп росту, менше піддаються пресу хижаків та зараженню паразитами.

Ділянки (акваторії) для організації устричних господарств напівциклічного типу повинні бути благополучними в санітарно-мікробіологічному та токсикологічному відношенні, мати багату кормову базу, та сприятливий гідролого-гідрохімічний режим. Якщо збір личинок та їх вирощування ведеться на одних і тих самих субстратах, то вони повинні бути універсальними, технологічними та надійними, щоб втрати моллюсків були мінімальними. Бажано наблизити місця вирощування устриць, якщо це можливо, до районів, де в минулому були розташовані устричні банки. Слід враховувати захищеність ділянки від вітрів, хвилювальної діяльності та викидів промислових та побутових стоків. При виборі вирощувальної зони необхідно передбачити можливий прес хижаків, особливо червононогих моллюсків та крабів.

Існують устричні господарства з одно – та дворічним оборотом. Вирощування устриць в господарствах напівциклічного типу, коли збір личинок на субстрати відбувається в природних умовах, носить екстенсивний характер. Устрицям, як і іншим двостулковим моллюскам, притаманна міжрічна мінливість чисельності та виживання. В окремі роки в Світовому океані при високій чисельності устриць різних видів в планктоні їхнього осідання на колектори може не спостерігатися, або як в Чорному морі (на теперішній час) внаслідок малої чисельності осідання не відбувається в достатній кількості. Тому одним з рішень постійного забезпечення промислових господарств посадковим матеріалом є отримання його в штучних умовах.

Шпат устриць отримують в спеціальних цехах розплідників за рахунок стимулювання дозрівання гонад та нересту або штучного запліднення плідників моллюсків.

Найбільш розповсюджена температурна стимуляція нересту устриць. В кінці минулого століття розроблена методика стимуляції дозрівання і нересту гігантської устриці серотоніном, що дає найкращі результати для цього виду. При температурі 18 °С розвиток чорноморських устриць від ембріону до личинки велігер відбувається за 10 діб, при збільшенні температури води до 20,3 °С – за 7 діб, при 21,5 °С – за 6 діб.

Нерест устриць в Чорному морі відбувається на початку літа. Тривалість личинкового періоду плоских устриць складає в середньому 14 діб. Осідання личинок відмічено з середини липня, при досягненні розмірів 300–315 мкм. Масове осідання спостерігається в культурі при довжині черепашки личинки 315–350 мкм. Застосування методу температурної стимуляції нересту дорослих моллюсків дозволяє отримувати в масовій кількості життєздатних личинок. Вирощування їх до стадії метаморфозу та осідання на субстрат проводять в умовах, що контролюються, потім розміщують в морі, де вони досягають товарних розмірів та кондиції.

В цілому біотехнологічна схема культивування чорноморських устриць в Чорному морі розрахована на 24–36-місячний цикл, а гігантської устриці на 18-місячний цикл та включає 3 основних етапи: отримання личинок шпату моллюсків в штучних умовах, вирощування їх до товарних розмірів та збір урожаю.

Для промислового вирощування личинок і шпату устриць в штучних умовах перш за все потрібні корми – мікроводорості. По мірі розвитку личинок необхідний ретельний контроль за розмірами та щільністю кормових організмів. Після досягнення шпатового розміру 3–5 мм його переносять для товарного вирощування в природне середовище.

Для очистки устриць, яких готують на продаж або на переробку використовують очисні (санітарні) басейни. Процес очистки устриць здійснюється за рахунок хлорування (обмежено), озонування, опромінення ультрафіолетом води. Тривалість знаходження устриць в очисних басейнах залежить від частоти заміни води, способів її обробки, ступеню забрудненості моллюсків.

У зв'язку із прогресуючим забрудненням навколишнього середовища, а також з огляду на те, що більшість устриць вживають в живому виді, моллюски повинні перебувати під постійним санітарно-мікробіологічним контролем. Устриці, що направляються для реалізації в живому виді, повинні відповідати встановленим санітарним нормам і проходити ретельну перевірку на наявність патогенних мікроорганізмів, токсинів та інших небезпечних речовин, аби гарантувати безпечність їх споживання людиною.

3.3. Культивування черевоногих і головоногих моллюсків

Культивування черевоногих (*Gastropoda*) та головоногих (*Cephalopoda*) моллюсків є одним із перспективних напрямів сучасної аквакультури, що поєднує харчову, фармацевтичну, екологічну та наукову цінність цих груп тварин. Упродовж останніх десятиліть зростає зацікавленість у розведенні

певних видів молюсків завдяки високому вмісту білка, мінеральних речовин, відмінним смаковим якостям та попиту на міжнародному ринку.

Серед червононогих молюсків найчастіше об'єктами культивування є морські равлики (наприклад, *Haliotis spp.* – абалони) та представники роду *Rapana*. Вони вирощуються переважно у прибережних морських акваторіях або у спеціалізованих рециркуляційних системах. Умови культивування передбачають контроль за температурним режимом, солоністю, насиченням води киснем та наявністю поживних мікрододатків. Розведення здійснюється на штучних субстратах, сітчастих кошиках, підвісних лініях або на морському дні.

Особливу увагу в аквакультурі приділяють забезпеченню кормової бази, контролю за захворюваннями та оптимізації параметрів росту. Відомо, що абалони можуть вирощуватися до товарного розміру протягом 2–3 років за умов стабільного середовища та адекватного живлення.

Головоногі молюски – кальмари, восьминоги та каракатиці – традиційно вважалися малоприсадибними для штучного вирощування через складнощі з ікрометанням, високі вимоги до середовища, канібалізм та складність у збереженні потомства. Проте з розвитком біотехнологій з'явилися успішні спроби культивування деяких видів, зокрема *Octopus vulgaris* та *Sepia officinalis*.

Ключовими умовами вирощування є: просторово складна структура середовища, інтенсивна аерація, використання живого корму (рачки, дрібна риба), дотримання стабільних параметрів води (особливо рівня амонію та нітритів). Головоногі молюски демонструють високу здатність до адаптації в умовах неволі, але вимагають ретельного моніторингу через високу чутливість до стресів.

Промислове культивування червононогих і головоногих молюсків відкриває нові можливості для забезпечення ринку делікатесною продукцією, скорочення навантаження на природні популяції, а також зниження тиску на екосистеми. У майбутньому можливе розширення культивованого асортименту за рахунок видів, що добре переносять утримання в неволі та мають високу відтворну здатність.

Розвиток цієї галузі потребує подальших досліджень у напрямі біотехнологій розмноження, інтенсифікації годівлі, автоматизації виробництва та екологічної безпеки.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні методи вирощування мідій.
2. Які екологічні вимоги мають устриці до середовища?

3. Чим пояснюється потреба у спеціальному субстраті для закріплення молоді молюсків?
4. Як здійснюється збір і осадження личинок мідій у природі?
5. Які біологічні особливості мідій слід враховувати при їх розведенні?
6. Які чинники впливають на смакові та харчові властивості м'яса устриць і мідій?
7. У яких країнах світу розвинене промислове вирощування устриць, і які технології є найбільш поширеними?
8. Які перспективи має культивування мідій та устриць у прибережних районах Чорного моря?
9. Чим відрізняється вирощування устриць на морському дні від культивування у товщі води?
10. Які умови середовища (солоність, температура, течія) є оптимальними для вирощування устриць?

4. КУЛЬТИВУВАННЯ РАКОПОДІБНИХ

У багатьох країнах світу здійснюється вирощування десятиногих ракоподібних – таких як креветки, омари, краби та лангусти – в умовах експериментального, напівпромислового та промислового виробництва. Для промислового розведення застосовують як екстенсивні, так і інтенсивні методи, у тому числі в рамках моно- та полікультури. Процес біотехнічного вирощування цих організмів є досить складним і передбачає наявність спеціалізованого обладнання (зокрема, вирощувальних систем), значних запасів живого корму та участі кваліфікованих фахівців. Наймасовішим об'єктом марікультури у світі є креветки – їх щорічне виробництво перевищує 10 тисяч тонн, і цей показник постійно зростає. Серед прісноводних видів ракоподібних переважають раки, яких у глобальній аквакультурі отримують близько 5 тисяч тонн щороку. Щодо лангустів, омарів та крабів, то їх вирощування здебільшого має напівпромисловий характер, а обсяги виробництва залишаються відносно невеликими.

4.1. Методи відтворення і товарного вирощування креветок

Станом на 1987 рік у світі функціонувало 6048 прісноводних підприємств, що спеціалізувалися на вирощуванні креветок, із загальною площею виробничих площ близько 11 770 гектарів. Дослідження біологічних особливостей та життєвого циклу креветок виду *Macrobrachium rosenbergii*

було започатковано в Таїланді ще у 1960-х роках, а промислове вирощування цієї креветки стартувало у 1965 році.

Гігантська прісноводна креветка (*Macrobrachium rosenbergii*) належить до ряду десятиногих ракоподібних (*Decapoda*), підряду *Natantia*, плаваюча креветка, і входить до родини *Palaemonidae* Rafinesque, 1815, роду *Macrobrachium* (рис. 4.1.).



Рис. 4.1. Гігантська прісноводна креветка – *Macrobrachium rosenbergii*

Більшість креветок є морськими організмами, однак у прісноводних екосистемах переважно зустрічаються представники двох родин – *Palaemonidae* та *Atyidae*. Серед них промислово цінність має лише рід *Macrobrachium*, окремі види якого можуть досягати значної довжини – від 5 до понад 30 см. Прісноводні креветки цього роду поширені в тропічних і субтропічних зонах по всьому світу. З-поміж приблизно 150 відомих видів *Macrobrachium*, найбільшу перспективу для аквакультури мають *M. rosenbergii* та *M. nipponense*. Загалом, у промислового вирощуванні та вилові використовують шість видів цього роду.

Природний ареал гігантської прісноводної креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) охоплює широкий регіон Західної частини Тихоокеанського басейну – від північно-західних районів Індії до В'єтнаму. Вид поширений у водоймах Малайзії, Індонезії, Північної Австралії, Філіппін та Нової Гвінеї. Найвища щільність популяцій спостерігається в низинних районах Південно-Східної Азії, зокрема у В'єтнамі, Таїланді та південних регіонах Китаю.

Окрім регіонів свого природного поширення, гігантська прісноводна креветка була акліматизована та успішно вирощується в умовах аквакультури в низці інших країн, зокрема в Ізраїлі, Мексиці та Єгипті.

Популяції *Macrobrachium rosenbergii* поділяють на дві основні групи – західну та східну, які мають низку біологічних відмінностей. Зокрема, вони різняться за стійкістю молоді до підвищеної солоності та температури, темпами росту, а також особливостями проходження личинкових стадій. У межах східної групи виокремлюють австралійський та північно-східний ареали, представники яких, зокрема австралійські популяції, характеризуються скороченим личинковим розвитком. Вагомі морфо-фізіологічні відмінності спостерігаються також у креветок, що походять з філіппінських вод. Водночас, попри ці розбіжності, всі популяції *M. rosenbergii* здатні вільно схрещуватися між собою, утворюючи життєздатне потомство. Така сумісність відкриває можливість для внутрішньовидової гібридизації з метою отримання нових форм з цільовими господарсько-цінними ознаками.

Основними біотопами гігантської прісноводної креветки (*Macrobrachium rosenbergii*), як і більшості інших представників роду *Macrobrachium*, є нижні течії річок та естуарні зони. Дорослі особини здебільшого мешкають на дні річкових водойм, однак для нересту здійснюють міграції в пригирлові ділянки з солонуватою або морською водою, де солоність коливається в межах 10–30‰. Личинкова стадія розвитку проходить саме в естуаріях, де умови водного середовища є найсприятливішими для їхнього розвитку.

Личинки *M. rosenbergii* виявляють вузьку толерантність до змін довкілля (стенобіонтність), тоді як молодь характеризується ширшими екологічними межами, а дорослі особини є еврібіонтами. Оптимальні параметри для всіх стадій розвитку включають: температуру води 28–30 °С, насичення киснем – приблизно 70%, рН в межах 7–8. Вміст нітритів не повинен перевищувати 0,1 мг/л, нітратів – 20 мг/л, а жорсткість води (за CaCO₃) має бути в межах 30–150 мг/л. Високий рівень кальцію у воді позитивно впливає на розвиток як личинок, так і дорослих креветок. Середня тривалість життя *Macrobrachium rosenbergii* становить 3–4 роки.

Життєвий цикл *M. rosenbergii* складається з наступних періодів: ембріонального, личинкового, ювенільного і дорослої особини.

Прісноводні креветки є різностатевими організмами. Статова система самки складається з парних яєчників, яйцепроводів і статевих отворів (гонопор). Яєчники розташовані дорсально відносно шлунка та гепатопанкреаса. У період статевої зрілості вони набувають помаранчевого забарвлення та добре помітні крізь карапакс. Дозрівання статевих продуктів відбувається у дві фази: спочатку формується яйце, яке поступово заповнює яєчник, а згодом розпочинається процес накопичення жовтка.

У самців репродуктивна система представлена парними сім'яниками, насінневими протоками та гонопорами. Сім'яники мають невеликі розміри та

розміщуються аналогічно до передньої частини яєчника у самок. У *Macrobrachium rosenbergii* дорослі самці, як правило, значно переважають самок за розмірами (у середньому в 1,5 рази), мають ширші головогруді та більш розвинені клешні. Натомість у самок добре розвинене черевце, яке є ширшим за черевце самця.

Статеві отвори у самців розташовані біля основ п'ятої пари плеоподів, тоді як у самок – біля основ третьої пари. Плевра самки подовжена й разом з масивним черевцем формує об'ємну виводкову камеру для утримання ікри.

У природних умовах тропічного клімату представники роду *Macrobrachium* здатні до розмноження протягом усього року. Найвища інтенсивність статевої активності спостерігається у сезон дощів (мусонний період), коли збільшується ймовірність перенесення личинок потоками води до естуаріїв – середовищ із оптимальними умовами для їх подальшого розвитку. У регіонах, де ці креветки були акліматизовані, вирішальним обмежувальним фактором для їх розмноження стає температура води: вона повинна перевищувати +22 °С для забезпечення нормального перебігу репродуктивного циклу.

Представники роду *Macrobrachium* досягають статевої зрілості вже у віці 4–5 місяців. Самки дозрівають дещо раніше за самців, зазвичай при досягненні довжини тіла приблизно 80 мм і маси 6,8–8 г. У самців перші ознаки зрілості з'являються при довжині близько 100 мм і вазі близько 10 г. Репродуктивна поведінка та процес спарювання для різних видів цього роду широко описані в науковій літературі.

Спарювання відбувається з самками, які щойно завершили линьку та мають м'який хітиновий покрив. Самець заздалегідь знаходиться поруч і охороняє самку в період її вразливості від нападів хижаків та інших креветок. У момент спарювання самець відкладає сперматофор – драглисту масу, яка фіксується біля статевого отвору самки. Запліднення є зовнішнім і настає через 5-10 годин після копуляції, коли по яйцепроводах виводяться яйця, які контактують зі спермою зі сперматофору.

У разі незапліднення яйця гинуть упродовж 2–3 діб і скидаються самкою з плеопод. Якщо ж запліднення відбулося, ікра утримується у спеціалізованій виводковій камері, яка формується завдяки розширеній плеврі та абдомінальному відділу самки. Протягом усього періоду інкубації самка активно вентилює ікру, здійснюючи рухи плеоподами, що забезпечує доступ свіжої води та нормальний газообмін.

Плодючість самок *Macrobrachium rosenbergii* безпосередньо залежить від їхніх розмірів і збільшується з віком. Загальна кількість ікринок може коливатись у межах від 20 до 150 тисяч і більше. Самки завдовжки 118 мм

продукують у середньому близько 21 270 ікринок. У особин завдовжки 120–130 мм плодючість становить 20–30 тис., а у самок довжиною 170 мм – приблизно 65 тис. ікринок. Крім того, у більших за розміром самок не лише більша кількість ікри, а й самі ікринки мають більший розмір. Спостерігається також вищий рівень виживаності ембріонів у потомства від великих самок порівняно з середніми або дрібними.

Після досягнення статевої зрілості темпи росту самок уповільнюються, тоді як самці продовжують рости з тією ж інтенсивністю. До дев'ятимісячного віку деякі особини здатні досягати маси 100–120 г, а до року – 140–150 г, у виняткових випадках – до 200 г. Середня кількість ікринок, що припадає на 1 г маси тіла самки, залежить від її розмірів і коливається в межах 870–1100 штук.

Температура водного середовища є ключовим фактором, що впливає на тривалість ембріонального розвитку у прісноводних креветок. Залежно від температури, ембріогенез триває від 11 до 30 діб у межах 21–33 °С, причому найсприятливішими умовами вважається температурний діапазон 27–29 °С. У процесі розвитку ікринки поступово змінюють своє забарвлення: спочатку вони мають помаранчевий колір, який переходить у жовтий, а на пізніх стадіях – у сірий.

Вилуплення личинок (зоеа) зазвичай відбувається впродовж 1–3 днів. На цій стадії розвитку у зоеа вже помітно поділені головогрудний і черевний відділи, причому останній сегмент черевця ще не повністю відокремлений від тельсона. Очі розташовані на добре розвинених стеблинках і мають значні розміри відносно тіла личинки.

Личинковий розвиток *Macrobrachium rosenbergii* відбувається в умовах естуаріїв. У прісній воді личинки здатні виживати не більше п'яти діб. Оптимальний рівень солоності для їхнього нормального розвитку становить 12–14‰. Молодь та дорослі особини краще пристосовані до нижчої солоності – в межах 0–8‰, хоча демонструють значну толерантність і можуть витримувати солоність до 30‰ без значного порушення життєвих функцій.

Для личинок критичними є температури нижче +18 °С і вище +34 °С, що призводять до загибелі. Дорослі особини гинуть при температурі нижче +13 °С або вище +37 °С, проте зниження температури до менш ніж +18 °С вже зупиняє процеси живлення та росту. Важливим фактором також є концентрація нітритів: для личинок летальний рівень перевищує 13 мг/л, а для дорослих – понад 15,4 мг/л нітритів і 160 мг/л нітратів.

Завершується личинковий етап останньою линькою, що супроводжується метаморфозом, у результаті чого з'являються постличинки. Вони переходять до донного способу життя та мають уже всі характерні риси молодої креветки.

У природних умовах рівень смертності личинок *Macrobrachium rosenbergii* надзвичайно високий і може сягати до 99%. Основними чинниками, що спричиняють загибель, є погана якість води, різкі коливання солоності, інфекційні захворювання, активність хижаків-планктофагів, а також дефіцит поживних ресурсів.

Цей критичний етап розвитку отримав назву періоду ранньої молоді. У цей час постличинки досягають розміру 7–10 мм і маси 6–9 мг. За морфологічними ознаками та поведінковими характеристиками постличинки вже подібні до дорослих креветок. Вони демонструють високу толерантність до змін температури та солоності, а їхня будова адаптована до донного способу життя. Водночас у перші дні після метаморфозу, особливо в нічний час, вони можуть проявляти пелагічну активність.

Після переходу до бентосного існування постличинки починають живитися органічним детритом, дрібними бентосними організмами, а також залишками рослинного і тваринного походження. За сприятливих умов навколишнього середовища вони здатні за два місяці досягти довжини 50–60 мм і маси близько 0,5 г.

На відміну від личинок, постличинки пересуваються, активно використовуючи плеоподи, при цьому рухаються вперед рострумом, утримуючи тіло спинною стороною догори. У разі небезпеки або потреби у швидкому переміщенні вони можуть різко скорочувати мускулатуру черевця, що дозволяє їм здійснювати стрибкоподібні рухи. У природі постличинки починають міграцію проти течії, піднімаючись вгору за річищем, або повзають по кам'янистому дну, уникаючи сильних потоків.

Гігантська прісноводна креветка (*Macrobrachium rosenbergii*) не демонструє типової для багатьох інших видів поведінки з закопування в ґрунт або риття нір. Натомість вона надає перевагу укриттям або тіньовим ділянкам під предметами, де проводить більшість часу. Основна активність, зокрема пов'язана з живленням, припадає на сутінковий та нічний періоди, тоді як вдень креветки малорухливі.

Харчова поведінка проходить у три послідовні фази: спочатку відзначається підвищена активність антенул і клешень у пошуку їжі, далі – наближення до джерела корму, після чого відбувається контакт і оцінка об'єкта живлення. *Macrobrachium rosenbergii* є поліфагом, здатним споживати як живі, так і мертві органічні субстрати. Наприклад, у природних умовах дельти річки Пурарі (Нова Гвінея) в її раціон входять молюски, інші ракоподібні та вища водна рослинність; на рисових полях Індії вміст шлунка свідчить про споживання рисових зерен, піску та детриту; у водоймах Таїланду раціон

включає личинок комах, дрібних безхребетних, залишки рослинного і тваринного походження.

Ріст креветки, як і у більшості представників ряду Decapoda, відбувається шляхом линяння, під час якого стара кутикула скидається і замінюється новою. Процес линьки триває кілька хвилин: старий панцир розривається в зоні між грудним і черевним сегментами, після чого креветка, різко вигинаючись і за допомогою передніх пари переопод, знімає панцир з головогрудей, звільняючи тіло. Часто екзувій (залишки старого панцира) поїдається самою креветкою як джерело кальцію та інших мінералів, необхідних для формування нового покриву.

У постлиньковий період, поки новий хітиновий панцир залишається м'яким, креветка утримується в укритті й не живиться. Линька вважається критичною фазою життєвого циклу *M. rosenbergii*, оскільки в цей період фіксується найвищий рівень смертності. Часто в процесі линьки втрачаються одна або обидві клешні, що ще більше знижує шанси на виживання через втрату здатності до захисту й ефективного добування їжі.

Інтервали між линьками у *Macrobrachium rosenbergii* залежать від кількох факторів, зокрема віку особини, температури води, якості живлення, а також жорсткості водного середовища. Наприклад, при температурі 27–28 °С молоді креветки довжиною 4–6 см линяють кожні 6–11 днів, особини довжиною 7–9 см – кожні 13–15 днів, а в дорослих линька відбувається з частотою один раз на 26–93 дні. Цікаво, що частота линьок може зростати під впливом гормональних речовин, які виділяються у воду нещодавно перелинялими особинами. Це явище сприяє частковій синхронізації линькових циклів у популяції.

Дорослі самки в середньому линяють не менше 10 разів протягом року, з яких 4–5, а іноді й до 7 линьок супроводжуються репродуктивними процесами.

У структурі онтогенезу найбільш критичною стадією розвитку гігантської прісноводної креветки залишається личинковий період. Саме на цій фазі особини проявляють найвищу стенобіонтність – чутливість до змін умов середовища – і демонструють найбільші показники смертності протягом усього життєвого циклу.

Застосування методів аквакультури дозволяє значно підвищити реалізацію біопродукційного потенціалу *Macrobrachium rosenbergii* шляхом створення оптимальних умов для його розвитку та росту.

Гігантська прісноводна креветка є цінним об'єктом аквакультури й належить до числа найбільш високоцінних делікатесних гідробіонтів. Її м'ясо вирізняється високою дієтичною цінністю, оскільки містить до 35% легкозасвоюваного білка. Окрім харчової цінності, панцир креветки має

практичне значення в медичній галузі – з нього отримують біологічно активні речовини, зокрема хітозан.

Крім безпосереднього споживання, продукти з креветок застосовують у виготовленні харчових добавок і як компонент збалансованих штучних кормів для інших об'єктів аквакультури, що підкреслює їх багатофункціональне значення у сучасному рибництві.

Комерційне культивування прісноводних креветок було започатковане в 1950-х роках у країнах Південно-Східної Азії. Головним стимулом до розвитку цього напрямку аквакультури стала обмеженість природних ресурсів, яка не дозволяла задовольнити зростаючий світовий попит на креветкову продукцію. Протягом останніх трьох десятиліть ціни на креветки на світовому ринку залишаються стабільно високими, що підтримує економічну доцільність індустріального вирощування.

У цей період на фоні відносно стабільних обсягів природного вилову спостерігалось стрімке зростання виробництва *Macrobrachium rosenbergii* в умовах аквакультури з 18 тисяч тонн у 1995 році до 180 тисяч тонн у 2001 році. Прогнози вказують на подальше збільшення обсягів вирощування цієї прісноводної креветки в майбутньому.

У 1990-х роках провідну позицію у світовому виробництві прісноводних креветок займав Китай, на частку якого припадало 58% загального обсягу. Проте вже у 2002 році лідерами стали Індія та Тайвань. Промислове культивування креветок також активно ведеться в Малайзії, Таїланді, В'єтнамі, на Гавайських островах та в ряді інших країн. Серед європейських держав лише Франція демонструє помітний рівень виробництва, вирощуючи до 75 тонн креветок щороку.

На початкових етапах розвитку аквакультури *Macrobrachium rosenbergii* вирощування здійснювалося переважно екстенсивним способом – у відокремлених, добре прогрітих водоймах за типом пасовищного методу. Проте впродовж останніх десятиліть були проведені численні дослідження, присвячені біології, розведенню та оптимізації технологій вирощування прісноводних креветок, що дозволило суттєво вдосконалити підходи та перейти до інтенсивного культивування із використанням сучасних технологій.

На сьогоднішній день розведення гігантської прісноводної креветки активно впроваджується і в країнах з помірним і субтропічним кліматом: США, Японія, Велика Британія. У таких регіонах вирощування зазвичай розпочинається в умовах контрольованого середовища (інкубаційні та стартові установки), а надалі переноситься до відкритих водойм. Застосування інтенсивних технологій дозволяє досягати високої продуктивності – до 3 тонн з одного гектара.

Особливу зацікавленість викликає культивування креветок у водоймах-охолоджувачах з підігрітою водою, що є актуальним для регіонів із помірним кліматом. Перспективним також є використання полікультури, зокрема сумісне вирощування креветок із канальним сомом, тилапією або лящем (успішно впроваджується, наприклад, у США та Ізраїлі). Крім того, широко розробляються й застосовуються замкнені рециркуляційні системи (RAS), що забезпечують високий рівень контролю параметрів середовища та сталу біопродуктивність.

У зв'язку з холодними кліматичними умовами, що притаманні багатьом регіонам пострадянського простору, використання закритих систем водопостачання є обов'язковим для утримання плідників у зимовий період, проведення нересту, інкубації і личинкового вирощування в теплій морській або солонуватій воді.

Вирощування ювенальних креветок до товарного розміру здійснюється за трьома основними напрямками:

- у басейнах із замкнутими рециркуляційними системами водопостачання (УЗВ);
- у відкритих ставках південних регіонів при сприятливих кліматичних умовах;
- у штучних водоймах (ставках, садках, басейнах), розташованих на теплих технологічних водах енергетичних підприємств.

На сучасному етапі однією з головних перешкод для масштабного впровадження технологій культивування *Macrobrachium rosenbergii* є відсутність ефективної біотехніки масового отримання життєздатного посадкового матеріалу на різних етапах онтогенезу, що відповідала б вимогам господарств різного типу. Подальший розвиток аквакультури цього виду можливий завдяки оптимізації умов вирощування як на ранніх стадіях розвитку, так і для дорослих особин. Вирішення низки біотехнічних питань – зокрема, щодо регулювання щільності посадки, попередження канібалізму, удосконалення годівлі – є ключовим для підвищення ефективності виробництва.

Незалежно від технологічної схеми культивування, біотехнічний цикл вирощування гігантської прісноводної креветки включає такі базові етапи:

- формування та утримання маточного поголів'я;
- інкубація ікри та вирощування личинок до стадії метаморфозу;
- дорощування постличинок до отримання життєздатного посадкового матеріалу;
- вирощування молоді до товарного розміру.

Ембріональний період

За умов замкнутої системи водопостачання та підтримання температури води в межах 26–28 °С, ембріональний розвиток *Macrobrachium rosenbergii* триває 18–20 діб, що відповідає 486–540 градусо-дням. У процесі вирощування солоність води поступово підвищується з 0 до 12–14‰, що відповідає природному солонуватому водному середовищу існування личинок. Крім того, така вода виконує дезінфекційну функцію, знижуючи ризики бактеріального ураження ембріонів та личинок в умовах інтенсивного вирощування.

Безпосередньо перед вилупленням самка займає характерне положення – нахилиє головогрудний відділ вниз і різким рухом плеоподів створює гідродинамічний поштовх (гідроудар), що стимулює рух ембріонів, розрив яєчної оболонки і вивільнення личинок. Процес вилуплення триває 1–2 доби. Після завершення вилуплення самок відсаджують з інкубаційних ємностей до самців.

Через 2–3 дні після появи личинок більшість самок линяє. У деяких особин відразу після линьки спостерігається нова кладка ікри, тоді як в інших між кладками проходить декілька линьок. У контрольованих умовах вирощування встановлено, що повторне відкладання ікри відбувається через 10–35 діб після завершення попереднього циклу вилуплення личинок.

Личинковий період

У процесі розробки технології культивування *Macrobrachium rosenbergii*, як і для інших представників великих десятиногих ракоподібних, зокрема камчатського краба, важливу роль відіграє детальна періодизація раннього онтогенезу та чітка ідентифікація стадій розвитку. Первинно у личинковому періоді виділяли вісім стадій. Однак подальші дослідження, проведені японськими вченими за різних поєднань температурного режиму і солоності в умовах штучного культивування, дозволили встановити, що повний цикл личинкового розвитку включає 11 окремих стадій.

Як і личинки багатьох інших представників ряду *Decapoda*, *M. rosenbergii* ведуть пелагічний спосіб життя, постійно перебуваючи у товщі води. Лише під час линьки вони тимчасово осідають на дно. Пересування здійснюється за рахунок різких вертикальних рухів, орієнтованих головою вниз, що зумовлено анатомічною особливістю – значною масивністю головогрудного відділу порівняно з рештою тіла.

Розвиток і ріст

Середня тривалість планктонного етапу розвитку личинок *Macrobrachium rosenbergii* до переходу в стадію постличинки становить приблизно 30–36 діб. Перші постличинки, як правило, з'являються на 26–27 добу після вилуплення. Згідно з іншими літературними джерелами, тривалість личинкового періоду

може сягати 35–50 діб, зокрема при вирощуванні у штучно створеній морській воді – від 29 до 55 діб. Підтримання температури води на рівні 28–31 °С дозволяє значно скоротити цей період іноді до 29 діб.

Найбільший рівень асинхронності линьок спостерігається у період з 27 по 36 добу розвитку. На 27-му добу з'являються перші постличинки, до 34-ї доби їх частка досягає 68%, а на 36-ту – приблизно 80%. Така асинхронність сприяє активізації канібалізму, що є головним чинником смертності у цей період.

У контрольованих умовах рециркуляційної системи водопостачання (УЗВ), при щільності посадки 100 особин/л, середній рівень виживаності личинок становить близько 52%, варіюючи від 45 до 60% залежно від умов у конкретних ємностях. За іншими джерелами, при солоності 12‰ та температурі 28 °С виживаність коливається в межах 30–60%.

Зменшення щільності посадки до 30–50 особин/л позитивно впливає на виживаність, підвищуючи її до 50–70%. Однак надто низька щільність посадки знижує економічну ефективність вирощування в умовах замкнутого циклу. При екстенсивному пасовищному вирощуванні в естуаріях або огорожених морських акваторіях (наприклад, у В'єтнамі) виживаність личинок також знаходиться в межах 30–70%, за тривалості розвитку 34–36 діб і початковій щільності посадки 70 особин/л.

Одним із перспективних напрямів покращення виживаності при високій щільності посадки є розробка методів синхронізації линьок у штучних умовах. Більшість дослідників сходяться на думці, що саме це завдання має стати пріоритетним у подальших біотехнологічних дослідженнях.

Зниження виживаності личинок як у природному середовищі, так і в умовах аквакультури також зумовлюється розвитком захворювань, пов'язаних із погіршенням якості водного середовища, появою епібіонтів (бактерій, мікроводоростей, найпростіших), а також порушенням встановлених технологічних норм ведення культивування.

Корми і годівля

Личинки гігантської прісноводної креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) не здатні активно переслідувати здобич і можуть споживати лише кормові частки, які випадково потрапляють у зону контакту з їхніми органами захоплення. Через це найбільш придатними для годівлі є наупліуси ракоподібних (зокрема артемії) та інші дрібні елементи зоопланктону. Також личинки можуть засвоювати завислі частинки органічного детриту.

На першій стадії розвитку личинки використовують ендогенні (внутрішні) ресурси, однак уже на другий день після вилуплення переходять до екзогенного (зовнішнього) живлення.

У практиці вирощування личинок та постличинок у системах із замкнутим водопостачанням (УЗВ) найпоширенішим є використання в кормовому раціоні 12–24-годинних наупліусів артемії, а також спеціально приготовленої суміші з вареного яйця та сухого молока у співвідношенні 1:2. Залежно від стадії розвитку креветок корегується як склад та розмір частинок корму, так і частота годівлі.

Ранні технологічні підходи у вирощуванні молоді переважно зосереджувались на оптимізації температури та гідрохімічних параметрів водного середовища. Водночас проводилися експерименти із сумісним культивуванням креветок, зоопланктону, фітопланктону та навіть акваріумних риб. Так, у роботі Д. Степанова з колегами при сумісному вирощуванні личинок з іншими гідробіонтами в УЗВ концентрація зоопланктону становила лише 5 екземплярів на літр – цього виявилось недостатньо для забезпечення повноцінного живлення личинок.

В окремих товарних господарствах використовується як звичайна, так і так звана «зелена» вода – середовище з високим вмістом фітопланктону (до 1 млн клітин/л, переважно *Chlorella* spp.). Для стимуляції росту водоростей до води додають мінеральні добрива: суперфосфат, сечовину, карбамід та NPK-комплекси. Хоча личинки не здатні переварювати фітопланктон напряду, водорості слугують живленням для артемії, яка вже є основним кормом для самих креветок.

Застосування «зеленої» води дозволяє підвищити вихід постличинок на 10–20%, однак викликає ускладнення в стабілізації гідрохімічних параметрів. Зокрема, значення рН може перевищувати 10–10,5, тоді як летальною межею для личинок є рН 9,5. Для запобігання цьому ряду господарств впровадили змішані системи водопостачання, що поєднують свіже та «зелене» водне середовище.

У господарствах із замкнутим водообігом за біотехнічний норматив приймається щільність 10–20 особин/л на завершенні личинкового періоду. Для порівняння, у проточних системах (наприклад, у Бразилії) цей показник становить до 50 особин/л.

Вирощування постличинок до товарного розміру

Довжина тіла постличинок після линьки становить у середньому $8,34 \pm 0,05$ мм, а маса – $7,81 \pm 0,94$ мг. Щоб уникнути канібалізму, на 34-ту добу після вилуплення постличинок переводять в окремі ємності, де протягом 10–12 годин проводять розпріснення води. Розподіл здійснюють на основі відмінностей у поведінці: личинки залишаються у товщі води, тоді як постличинки переходять до донного способу життя.

Підрощування постличинок триває 30–45 діб із поступовим зменшенням щільності посадки. Протягом першого тижня вона становить 5000 екз./м². На другому тижні проводять сортування за розмірами і знижують щільність до 2000 екз./м², а на третьому – повторне сортування зі зменшенням до 500 екз./м². У перші сім днів постличинок годують наупліусами артемії та яєчною сумішшю п'ять разів на добу. Із другого тижня в раціон вводять рибний фарш, а частоту годівлі зменшують до чотирьох разів на день. Спочатку добовий раціон становить 100% маси тіла, до 45-го дня його поступово знижують до 15%.

Вживаність постличинок за таких умов становить 78%, маса наприкінці постличинкового періоду – 0,08–0,20 г, а довжина – 18–25 мм. У контрольному варіанті, де щільність посадки складала 5000 екз./м² без сортування, до 45-го дня отримували молодь масою 0,01–0,10 г і довжиною 11–20 мм, при виживаності 40%.

У Центрі нових акватехнологій (Ізраїль), при вирощуванні гігантської прісноводної креветки в умовах замкнутого водопостачання за щільності посадки 25 екз./м² і температурі 28–32 °С, середня маса постличинок перед метаморфозом становила 0,05 г (діапазон 0,03–0,07 г).

Щільність посадки вважається ключовим чинником, що впливає на ріст і виживаність гігантської прісноводної креветки незалежно від системи вирощування.

Для вирощування креветок рекомендовано підтримувати температуру води в межах 26–30 °С. Загальний допустимий температурний діапазон становить 15–37 °С. Метою проведеного експерименту було визначити оптимальні температурні межі, що забезпечують найкраще співвідношення між швидкістю росту, енергоспоживанням і рівнем виживаності. Досліди проводилися в акваріумному комплексі ВНІРО на молоді віком 95 діб (62 дні після метаморфозу) в установках із замкнутим водообігом.

Максимальний середньодобовий приріст було зафіксовано при температурі 30,1–32,0 °С, при цьому рівень виживаності становив 85,2%, а біомаса – найвища серед усіх варіантів. У діапазоні 28,1–30,0 °С кінцева біомаса склала 94,0 г завдяки хорошій виживаності та середньому приросту.

Найвищу виживаність (90,4%) виявлено при температурі 26,1–28,0 °С. Зниження смертності пояснюється меншою частотою линьок і, відповідно, ослабленням проявів канібалізму. Однак при цьому добовий приріст був найменшим – 1,8 мг, що спричинило зменшення біомаси до 60,8 г.

При температурі 32,1–34,0 °С частота линьок підвищувалася, що призводило до зростання смертності внаслідок канібалізму. Посилення рухової активності зумовлювало додаткові енергетичні витрати, через що темпи росту

знижувались, а кінцева біомаса була нижчою, ніж у попередньому температурному інтервалі.

Оптимальним температурним режимом для вирощування молоді гігантської прісноводної креветки вважається діапазон 30,1–32,0 °С. Температуру 28,1–30,0 °С можна розглядати як прийнятну для ефективного культивування. Відхилення від цих значень у будь-який бік негативно впливає на основні показники вирощування.

Вплив початкового розміру молоді на ріст і дозрівання

Асинхронне протікання линьок у гігантської прісноводної креветки призводить до істотної варіації у темпах індивідуального росту. Наприклад, через 107 днів після викльову (75 днів після метаморфози) за щільності посадки 500 екз./м² серед молоді була зафіксована довжина тіла від 4,19 до 6,16 см.

Цей вид вирізняється статевими особливостями росту: самки розвиваються рівномірно, тоді як самці формують три морфологічні групи, залежно від переважання соматичного або генеративного росту. Ці групи різняться за зовнішніми ознаками:

- дрібні самці з безбарвними клешнями (М);
- великі самці з помаранчевими клешнями (ОК);
- великі самці з синіми клешнями (СК).

Самці типів М і СК активно беруть участь у розмноженні, однак мають уповільнені темпи росту. Натомість самці з помаранчевими клешнями демонструють інтенсивне зростання, але у віці 200 діб після викльову, незважаючи на статеву зрілість, участі в розмноженні не беруть. Спостерігається можливість переходу особин з одного морфотипу в інший.

Розділення особин за морфологічними типами може суттєво підвищити ефективність біотехнологічних процесів культивування. Для відтворення популяції рекомендовано використовувати самців з синіми клешнями.

Подальше вивчення закономірностей формування морфотипів самців *Macrobrachium rosenbergii* має важливе значення для промислового розведення та потребує продовження у майбутніх дослідженнях.

Методи і нормативи товарного вирощування

Щільність посадки молоді гігантської прісноводної креветки у віці 35–100 днів після викльову для цілей товарного вирощування може варіювати в межах 5–65 екземплярів на квадратний метр. Конкретні показники залежать від кліматичної зони (тропічна або помірна) та типу господарства – екстенсивного, напівінтенсивного або інтенсивного.

Однією з головних проблем при високій щільності посадки є прояви канібалізму, що особливо характерно для інтенсивних систем вирощування. Для зменшення його негативного впливу була створена замкнена циркуляційна

установка, призначена для промислового культивування гігантської прісноводної креветки протягом усього року.

Основним призначенням цієї установки є зниження як капітальних, так і експлуатаційних витрат при вирощуванні ракоподібних у замкнутих водних системах. Також вона спрямована на забезпечення захисту особин, які перебувають у стадії линьки, що дозволяє зменшити рівень канібалізму, та стимулювання розвитку мікроорганізмів активного мулу, які відповідають за біологічне очищення водного середовища (рис. 4.2).

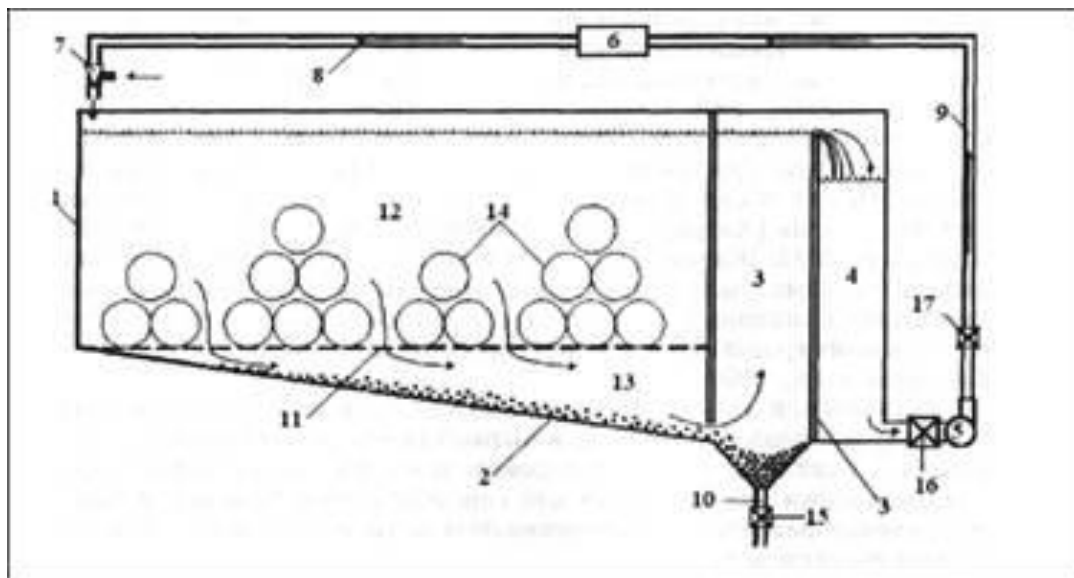


Рис. 4.2. Технологічна схема замкнутої циркуляційної установки для товарного вирощування ракоподібних:

1 – басейн (виросна ємкість); 7 – ежекторний регулятор; 2 – нахилене дно; 8, 9, 10 – трубопровід; 3 – відстійник; 11 – сітчаста перегородка; 4 – камера освітленої води; 12 – зона вирощування; 5 – насос; 13 – зона скиду осаду у виросній ємкості; 6 – блок терморегуляції; 14 – субстрат для біоценозу активного мулу; 15, 16, 17 – крани

Перший відсік установки має похиле дно, що спрямоване до другого відсіку, дно якого виконане у формі усіченого конуса і з'єднане з трубопроводом для відведення осаду. Третій відсік пов'язаний із системою циркуляції води. У першому відсіку креветки утримуються на фаланді із закріпленим субстратом. Як біологічний фільтр очищення води використовується субстрат, призначений для формування біоценозу активного мулу.

Цей субстрат виконує подвійну функцію: забезпечує захист креветок під час линьки, що зменшує прояви канібалізму, а також служить поверхнею для розвитку біологічної плівки, яку креветки активно поїдають, що сприяє прискоренню їх росту. Установку обладнано ежекторним пристроєм для аерації зворотної води. Неповні перегородки між першим і другим відсіками

дозволяють воді переміщатися по дну. Від другого до третього відсіку вода надходить зверху.

З верхньої частини вода потрапляє до третього відсіку, звідки циркуляційним насосом подається в блок терморегуляції, після чого проходить через ежекторний аератор, де збагачується киснем з атмосферного повітря. Потім аерована вода повертається у перший відсік системи.

Поєднання двох функцій у вирощувальній ємності за допомогою субстрату дозволяє відмовитися від окремого біологічного фільтра, що забезпечує зменшення загального об'єму установки щонайменше на 20%. Скорочення об'єму сприяє зниженню витрат на циркуляцію та підігрів води, а також зменшенню капітальних витрат. Інтеграція вирощувальної ємності з відстійником і камерою освітленої води підвищує компактність установки та зменшує її матеріаломісткість. Застосування ежекторного аератора дозволяє знизити енерговитрати, забезпечуючи при цьому насичення води розчиненим киснем на рівні 100–120%.

При використанні такої установки креветки досягають мінімальної товарної маси (20 г) за 120 діб від початку вирощування (тобто на 220-ту добу з моменту викльову), при годівлі комбікормом для коропа. Щільність посадки становить 50–55 особин на квадратний метр, рівень виживаності – 78%.

Існують замкнуті системи, призначені для вирощування личинок, підрощування молоді та утримання маточного поголів'я креветок. Такі установки зазвичай обладнані зовнішніми фільтрами – механічними та біологічними, що ускладнює конструкцію та збільшує матеріаломісткість. Відсутність спеціальних пристроїв для видалення забруднень із фільтрів призводить до їхнього швидкого замулювання і потреби в частому очищенні. Аерація, здійснювана через водоподаючі флейти, частково знижує споживання енергії, але не забезпечує достатнього насичення води киснем, що змушує додатково використовувати електрокомпресори. Окрім того, такі установки не обладнані спеціальними укриттями для креветок.

Інший тип установки для розведення креветок включає басейни, циркуляційний насос і біофільтр. У кожному басейні для забезпечення аерації та перемішування води застосовується пропелерний насос. Укриття для креветок представлені штучними водоростями, які разом зі спеціальним конвеєром, розташованим у найглибшій частині басейну, сприяють видаленню осаду до подачі зворотної води у біофільтр. Застосування зовнішнього біофільтра також ускладнює конструкцію і збільшує матеріаломісткість. При цьому використання пропелерних насосів і конвеєра для видалення завислих речовин потребує додаткових енергозатрат.

Таким чином, на сьогодні розроблена установка є найбільш ефективним рішенням для товарного вирощування гігантської прісноводної креветки.

Застосування біотехніки культивування *Macrobrachium rosenbergii* в умовах замкненого водозабезпечення дозволяє значно підвищити реалізацію біопродукційного потенціалу виду. Це досягається завдяки підвищенню виживаності личинок у 45–60 разів порівняно з природними умовами, скороченню тривалості личинкового періоду в 1,8–2 рази, а також можливості збільшення щільності посадки молоді при товарному вирощуванні у 5–11 разів; при цьому темпи росту залишаються на рівні найкращих показників, зафіксованих у регіонах із помірним кліматом.

Товарне вирощування у відкритих водоймах

У країнах Північної півкулі з помірним кліматом, як правило, застосовують комбіновану схему вирощування гігантської прісноводної креветки з використанням відкритих водойм. Така схема включає:

- утримання маточного поголів'я у закритих приміщеннях з жовтня по травень;
- одержання і вирощування личинок у замкнених системах із морською водою з середини січня по травень;
- інтенсивне вирощування у ставках або садках з травня до жовтня до досягнення товарної маси.

До ставків, як правило, запускають підрощену молодь за щільності посадки 20-50 тис. екземплярів на гектар. Збір врожаю здійснюється один раз наприкінці сезону шляхом спуску води. Тривалість сезону вирощування у відкритих водоймах коливається від 3 до 5 місяців. За використання посадкового матеріалу масою 0,3–3,0 г протягом цього періоду вдається виростити креветок, які досягають товарної ваги понад 20 г. Однак, через нерівномірність росту частина особин, кількість яких залежить від тривалості вирощування та початкової щільності посадки, не набирає товарної маси.

Існує кілька підходів до збільшення частки особин великого розміру до завершення сезону вирощування у відкритих водоймах:

- попереднє підрощування молоді в контрольованих умовах перед запуском у стави;
- зменшення щільності посадки (при цьому знижується загальний обсяг продукції);
- встановлення укриттів у водоймах, що збільшують корисну площу для росту;
- селективне вилучення найбільших особин у процесі вирощування, що стимулює пришвидшення росту тих, що залишилися.

Збільшення врожайності також можливе за рахунок формування одностатевих популяцій. Зокрема, групи, що складаються виключно з самців, демонструють вищу продуктивність порівняно зі змішаними групами або групами, що включають тільки самок (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Результати вирощування креветки в залежності від статевого складу

Показники вирощування	Лише самці	Лише самки	Самці і самки
Середня початкова маса, г	2,7	1,8	2,6
Середня кінцева маса, г	56,5	41,7	49,6
Кількість особин крупніших 45 г, %	90	36	64
Вживання, %	85	90	90
Врожайність, кг/га	600	471	554

Оскільки креветки ведуть переважно донний спосіб життя, при вирощуванні їх у монокультурі водна товща залишається майже не задіяною. Це обґрунтовує доцільність їх сумісного вирощування з іншими видами риб. До гідробіонтів, які на практиці довели ефективність спільного культивування з креветками, належать: короп, тилапія, каналний сом, білий амур, товстолобик та прісноводні раки.

Для підвищення природної продуктивності водойм застосовують мінеральне й органічне удобрення.

Рівень врожайності гігантської прісноводної креветки залежить від кліматичних умов, ступеня інтенсифікації виробництва, використовуваних кормів та інших факторів. Дані для тропічної зони в умовах монокультури такі:

- Бразилія – 800–1200 кг/га
- Домініканська Республіка – 1500 кг/га
- Гваделупа – 1200–2500 кг/га
- Індія – 2000–2500 кг/га
- Малайзія – 900–3500 кг/га
- Полінезія – 1286 кг/га
- Тайвань – 2000 кг/га
- Таїланд – 1500 кг/га; до 3100 кг/га при інтенсивному вирощуванні з аерацією
- В'єтнам – 600–750 кг/га

У тропічній полікультурі та при інтегрованому вирощуванні (наприклад, на рисових полях) показники такі:

- Бангладеш – 200–300 кг/га
- Індія – 200–500 кг/га
- В'єтнам – 200–300 кг/га
- В умовах помірного клімату врожайність наступна:
- Центральний і північний Китай – 2250–3000 кг/га в монокультурі; 1200–1800 кг/га в полікультурі з коропом
- США – 1200 кг/га (монокультура без субстратів); до 3000 кг/га з використанням субстратів
- Ізраїль – 3725 кг/га в експериментах (монокультура), 1200–1500 кг/га у виробництві, 200–970 кг/га в полікультурі з коропом, тиліпією та рослиноїдними видами

У водах із підігрівом та водоймах-охолоджувачах ГЕС і ТЕЦ врожайність у Новій Зеландії становить 2500–3000 кг/га.

Корми і годівля

Креветки є поліфагами, тобто всеїдними організмами. У системах екстенсивного вирощування, коли культивування до товарної маси відбувається у відкритих водоймах, використовують широкий спектр кормів місцевого походження. До таких кормів належать: насіння зернових культур, водорості, дрібні молюски, циклопи, ікра риб, побічні продукти переробки риби, свіже та пресоване листя, коров'яча селезінка, м'якоть апельсинів і морожені банани, морква та інші доступні харчові ресурси. Як правило, корм вносять один раз на добу.

Для напівінтенсивного та інтенсивного вирощування використовують мікрокапсульовані корми й спеціалізовані гранули, призначені для годівлі креветок. Залежно від регіону, склад таких комбікормів відрізняється. Зокрема, на Гаваях вміст білка у таких кормах становить 24–38%, у Таїланді – 22–30% (жирів – 6–9%), на Тайвані – 28–36% (жири – 2–4%), а у Французькій Гвіані – 25–30% (з вмістом жирів 5–8%).

Оскільки в Україні спеціалізовані корми для креветок не виробляються, у практиці вирощування застосовують рибний фарш з додаванням м'яса кальмара, комбікорм для коропа, побічні продукти рибопереробки та птахофабрик, водну рослинність тощо. На основі кормів, призначених для риб, запропоновано наступний склад кормової суміші для *Macrobrachium rosenbergii*: рибне борошно – 16%, борошно з голів креветок – 15%, кальмарове борошно – 5%, соєве борошно – 30,8%, зернові – 22–24%, риб'ячий жир – 4%, соєвий лецитин – 1%, холестерин – 0,2%, зв'язувальні речовини – 1–3%, дикальційфосфат – 2,3%, вітамінна добавка – 0,5 мг/кг, мінеральний премікс – 0,05 мг/кг.

Рекомендується годувати плідників гігантської прісноводної креветки гранульованим кормом, призначеним для форелі (лосося), із вмістом білка до 40%.

Таблиця 4.2

Склад кормів для прісноводних креветок в залежності від віку

Вік	Білки, %	Жири, %	Зола, %	Волога, %
Личинки (4–15 діб)	> 37	> 5	< 3	< 10
Молодь	> 30	> 4	< 5	< 12
Молодь (5–12 г)	> 25	> 3	< 6	< 12
Дорослі особини	> 25	> 3	< 6	< 12

Біотехнічні нормативи

Господарство з вирощування креветок у замкнутій системі водозабезпечення включає такі основні блоки:

1. блок утримання маточного стада;
2. блок вирощування личинок;
3. блок підрощування посадкового матеріалу;
4. блок товарного вирощування.

Перший, третій і четвертий блоки функціонують з використанням прісної води, тоді як другий блок працює на солоноватій воді. Кожен блок складається з кількох автономних модулів, обладнаних системами аерації, терморегуляції та очищення води (включаючи механічні й біологічні фільтри). Особливо високий рівень очищення потрібен на етапі вирощування личинок.

На всіх етапах культивування підтримуються такі параметри водного середовища: концентрація розчиненого кисню не менше 5 мг/л, рН у межах 7,0–8,0, вміст нітритів – не більше 0,1 мг/л, нітратів – до 20 мг/л. Регулярне часткове оновлення води є обов'язковим: у блоці вирощування личинок – один раз на три дні, в інших блоках – раз на тиждень.

Утримання маточного стада. Плідників тримають за щільності не більше 5 особин на квадратний метр при співвідношенні одна самка на кожного третього або четвертого самця. Для зниження рівня канібалізму у ємностях встановлюють вертикальні та горизонтальні субстрати-укриття. Оптимальна глибина води в лотках становить 40–50 см. Корм для плідників повинен містити щонайменше 30% білка. Після запліднення самок відсаджують в окремі ємності. Стан ембріонів контролюють за зміною кольору ікринок. За 2–3 дні до викльову самку переносять у ємність для вирощування личинок. Після завершення вилуплення личинок її повертають у маточне стадо.

Вирощування личинок здійснюють при температурі води 28–30 °С, солоності 12–14‰ та світловому режимі 4 години світла і 20 годин темряви. Морську воду готують із використанням штучної морської солі, призначеної для акваріумів (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3

Склад морської води

Компоненти	Од. виміру	Концентрація
Макрокомпоненти	<i>г/л</i>	
Хлористий натрій (NaCl)		27,6
Сульфат магнію (MgSO ₄ x 7H ₂ O)		6,9
Хлорид магнію (MgCl ₂ x 6H ₂ O)		5,4
Хлорид калію (KCl)		0,60
Хлорид кальція (CaCl ₂ x 2H ₂ O)		1,38
Бикарбонат натрію (NaHCO ₃)		0,21
Мікрокомпоненти	<i>г/л</i>	
Хлорид стронція (SrCl ₂ x 6H ₂ O)		0,0198
Сульфат марганцю (MgSO ₄ x H ₂ O)		0,0040
Хлорид літію (LiCl)		0,0010
Молибдат натрію (Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O)		0,0010
Тіосульфат натрію (Na ₂ S ₂ O ₃ x 5H ₂ O)		0,0010
Компоненти в невеликих кількостях	<i>мг/л</i>	
Йодистий калій (KI)		0,0893
Сульфат алюмінію (Al ₂ [SO ₄] ₃ x 18H ₂ O)		0,8598
Бромід калію (KBr)		26,875
Хлорне залізо (FeCl ₃ x 6H ₂ O)		0,57
Сульфат кобальту (CoSO ₄ x 7H ₂ O)		0,0893
Хлорид рубидію (RbCl)		0,1488
Сульфат міді (CuSO ₄ x 5H ₂ O)		0,0099
Сульфат цинку (ZnSO ₄ x 7H ₂ O)		0,0959

Годівлю личинок починають на другу добу після викльову за диференційованою схемою, яка змінюється залежно від віку. Після завершення метаморфозу для 80% личинок протягом 10–12 годин проводять розпріснення води.

Вирощування постличинок (молоді). Ключовим фактором успішного вирощування постличинок є наявність укриттів або субстрату. У процесі росту щільність посадки поступово зменшують шляхом сортування особин за розміром. Добовий кормовий раціон регулюється віковими особливостями та змінюється від 100% до 50% маси тіла. Посадковий матеріал із масою не менше 1 грама може бути спрямований як на вирощування у відкритих ставках із використанням теплої води з водойм-охолоджувачів ГЕС або ТЕЦ, так і на подальше утримання в умовах інтенсивного культивування – у системах із замкнутим водообігом.

Вирощування до товарної маси. У період товарного вирощування креветок особливу увагу приділяють початковій масі посадкового матеріалу та його розмірній однорідності. Щоб забезпечити максимально швидкі темпи росту, на етапі посадки в басейни, а також у процесі подальшого утримання, регулярно проводять сортування за розміром.

Результати власних експериментів та аналіз літературних джерел щодо культивування *Macrobrachium rosenbergii* у замкнутих системах подані у відповідній таблиці (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Біотехнічні нормативи для установок з замкнутим типом водозабезпечення

№ п/п	Найменування біонормативів	Одиниця виміру	Значення показників
1	2	3	4
Плідники, ембріони			
1.	Маса самок, самців	г	20–30, 40–80
2.	Співвідношення статі	самці: самок	1:4
3.	Щільність посадки	екз./м ²	2–5
4.	Басейни, лотки, акваріуми (пластикові, бетонні або скляні)	м ³	0,5–2,0
5.	Водообмін	раз/час	5
6.	Температура води	°С	26–28
7.	Освітленість	лк	500–1000
8.	Фоторежим, світло/темрява	годин	12:12
9.	Добовий раціон плідників	% від маси	1–3
10.	Тривалість ембріонального періоду	діб	18–20
11.	Вживання ембріонів	%	90–95
12.	Вживання самок	%	75–90
Личинки			
13.	Щільність посадки личинок	екз./л	80–120
14.	Об'єм ємкості	м ³	0,2–0,5
15.	Тривалість личинкового періоду	діб	30–36
16.	Добовий раціон: – науплія артемії//ячна суміш: II стадія III–V стадія VI–VIII стадія	екз./лич. // мг/лич.	50//–100 // 0,5–2,5 150 // 2,5–4,5 200 // 4,5–2,0

Продовження таблиці 4.4.

1	2	3	4
17.	Частота годівлі	раз/добу	4–5
18.	Температура води	°С	28–31
19.	Солоність	%	12–14
20.	Освітленність	ЛК	500–2000
21.	Фоторежим, світло/темрява	годин	12:12
22.	Витрати води	л/год./1000 екз.	7–10
23.	Вживання	%	45–60
Постличинки			
24.	Тривалість адаптивного розпріснення води	годин	10–12
25.	Щільність посадки:	екз./м ²	
	– перший тиждень		5000
	– другий тиждень		2000
	– третій тиждень		500
	– після 45 діб вирощування до 75 діб		200
26.	Об'єм ємкості	м ³	0,2–2,0
27.	Тривалість постличинкового періоду	діб	45–75
28.	Добовий раціон:	% від маси	
	– перший тиждень;		100
	– другий тиждень;		80
	– третій тиждень;		50
	– після 45 діб вирощування до 75 діб		25–15
29.	Частота годівлі	раз/добу	5–2
30.	Температура води	°С	28–30
31.	Освітленність	лк	500–2000
32.	Фоторежим, світло/темрява	годин	12:12
33.	Витрати води	л/год. x 1000 екз.	9,6–19,2
34.	Вживання:	%	78
	– 45 діб після метаморфозу;		
	– 75 діб після метаморфозу		64
Вирощування до товарних розмірів			
35.	Щільність посадки без субстрата	екз./м ²	5–10, 50–55
36.	Розмір ємкості:	м ³ , м	1–20
	– об'єм;		
	– глибина		0,5
37.	Тривалість вирощування	діб	90–120
38.	Добовий раціон (рибний фарш, комбікорм)	% від маси	2–15
39.	Частота годівлі	раз/добу	2

Перетримування товарних креветок перед продажем

Одним з обов'язкових технологічних етапів у вирощуванні гігантської прісноводної креветки є передпродажне перетримування особин, які досягли товарної маси. Якщо під час основного вирощування акцент робиться на швидкість росту і розвиток, то при перетримуванні ключовим показником є саме висока виживаність. Єдина вимога щодо росту під час короткотривалої перетримки – його стабільність, без негативної динаміки.

З метою визначення оптимальних біотехнологічних умов (щільності посадки, площі укриттів та температури води) було проведено експеримент з перетримуванням *Macrobrachium rosenbergii* масою 30–50 г протягом 30 днів.

Щільність посадки. При утриманні без укриттів виживаність становила близько 80% за щільності 8–10 екз./м², але при її збільшенні різко знижувалася. Встановлення укриттів дозволяло підвищити щільність посадки до 55 екз./м² з виживаністю понад 70%. За щільності 65 екз./м² виживаність знижувалася до 58%, а при 90 екз./м² – до 25%. Розрахунки щільності посадки з урахуванням площі укриттів показали, що при перевищенні 28 екз./м² показник виживаності падає нижче 80%.

Площа укриттів. Оптимальною виявилась питома площа укриттів 10–22,5 м²/м³. За таких умов протягом місяця виживаність становила приблизно 80%. Зменшення площі до 5 м²/м³ або збільшення до 42,5 м²/м³ призводило до зниження виживаності нижче 70%. Причини смертності при зменшеній площі укриттів потребують подальших досліджень.

Температурний режим. У серії експериментів без використання укриттів за щільності 10 екз./м² найвищу виживаність (93%) зафіксували при температурі 23,5 °С. У межах 21–26 °С виживаність становила близько 80%. Позаяк температура виходила за ці межі, рівень смертності зростав. Підвищення температури викликало активнішу поведінку креветок, інтенсивний пошук корму, частішу линьку, що призводило до зростання канібалізму, а також до прискореного метаболізму, накопичення продуктів обміну і, відповідно, погіршення якості води.

При низьких температурах (17,5–19,5 °С) активність креветок знижувалася. Канібалізм спостерігався рідко, а головною причиною загибелі було порушення процесу линьки – креветки не могли повністю скинути старий панцир.

Біотехніка вирощування креветок з різною біологією

Загальна схема світової практики культивування креветок включає такі основні етапи:

- отримання кормових організмів для годівлі личинок;

- підбір відповідних штучних кормів для кожного виду та стадії розвитку креветок;
- підготовка умов для парування та забезпечення захисту особин, що линяють;
- дорощування личинок до життєздатної молоді;
- вирощування молоді до товарної маси;
- збут отриманої продукції.

Біотехніка вирощування пенеїдних і каридних креветок відрізняється залежно від біологічних особливостей виду. У пенеїдних креветок яйця викидаються в навколишнє середовище, тоді як у каридних (наприклад, *Macrobrachium rosenbergii*) ікра прикріплюється до плеоподів самки та виношується протягом тривалого періоду, іноді до 10 місяців у холодноводних видів. Це зумовлює суттєві відмінності у технологічних підходах до вирощування.

Біотехнологічна схема культивування пенеїдних креветок включає:

- вирощування або закупівлю плідників на спеціалізованих креветочних фермах чи у репродукційних центрах;
- організацію парування плідників;
- витримування запліднених самок у спеціальних нерестових ємностях до моменту виметування ікри;
- процес виметування ікри;
- вилучення самок, які завершили нерест, з нерестових ємностей;
- підрущування личинок у басейнах до стадії життєздатної молоді;
- вирощування молоді до товарного розміру в ставках, басейнах, лагунах або на спеціально відібраних ділянках природних водойм;
- вилов товарної креветки;
- подальша реалізація отриманої продукції.

Загальна схема світової практики культивування креветок включає такі основні етапи:

- отримання кормових організмів для годівлі личинок;
- підбір відповідних штучних кормів для кожного виду та стадії розвитку креветок;
- підготовка умов для парування та забезпечення захисту особин, що линяють;
- дорощування личинок до життєздатної молоді;
- вирощування молоді до товарної маси;
- збут отриманої продукції.

Біотехніка вирощування пенеїдних і каридних креветок відрізняється залежно від біологічних особливостей виду. У пенеїдних креветок яйця

викидаються в навколишнє середовище, тоді як у каридних (наприклад, *Macrobrachium rosenbergii*) ікра прикріплюється до плеоподів самки та виношується протягом тривалого періоду, іноді до 10 місяців у холодноводних видів. Це зумовлює суттєві відмінності у технологічних підходах до вирощування.

Біотехнологічна схема культивування пенеїдних креветок включає:

- вирощування або закупівлю плідників на спеціалізованих креветочних фермах чи у репродукційних центрах;
- організацію парування плідників;
- витримування запліднених самок у спеціальних нерестових ємностях до моменту виметування ікри;
- процес виметування ікри;
- вилучення самок, які завершили нерест, з нерестових ємностей;
- підрощування личинок у басейнах до стадії життєздатної молоді;
- вирощування молоді до товарного розміру в ставках, басейнах, лагунах або на спеціально відібраних ділянках природних водойм;
- вилов товарної креветки;
- подальша реалізація отриманої продукції.

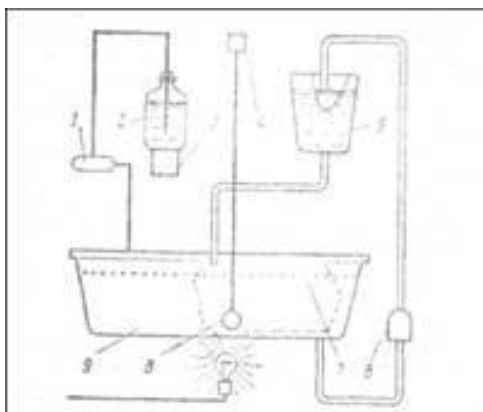


Рис. 4.3. Схема установки для вирощування пенеїдних креветок:

1 – насос; 5 – фільтр із подрібненого ракушняку; 2 – культиватор для діатомових водоростей; 6 – насос; 7 – екран для планктону; 3 – магнітний перемішувач; 8 – розпилювач; 4 – компресор; 9 – акваріум із органічного скла на 100 л

Молодих креветок транспортують у пластикових мішках об'ємом 20 літрів, які заповнюють 8 літрами морської води, попередньо насиченої киснем. Мішки поміщають у контейнери, що встановлюють у транспортні засоби, обладнані холодильними установками, й доставляють до вирощування ставів.

Площа ставів для вирощування креветок може коливатися від 0,15 до 8 гектарів. Дно ставів повинно бути піщаним. Щоб запобігти вистрибуванню креветок з води, вздовж дамб встановлюють огорожу з нейлонової сітки.

Водозабірні труби оснащують захисними фільтрами для запобігання потраплянню хижих організмів.

Заселення молоді у стави здійснюється у травні-червні з розрахунку 150–180 особин на квадратний метр. Частота годівлі залежить від типу корму: живий корм задають 2–5 разів на добу (до досягнення маси 1 г), а сухий гранульований – 4 рази на добу. Надалі молодь годують переважно в нічний час, оскільки вдень креветки перебувають в укриттях.

Кормовий коефіцієнт досить високий: для приросту 1 кг маси креветок потрібно 13–14 кг сирого або 2–3 кг сухого корму. При використанні молюсків у раціоні у ставках накопичуються залишки м'яса та черепашки, які необхідно періодично видаляти.

У літній період щільність посадки поступово знижують, підтримуючи на рівні 250 г/м². Зазвичай креветки з початковою масою 1–2 г досягають товарної ваги 20–25 г протягом 3–4 місяців. Середня виживаність у вирощених ставках становить 60%. Щоб підвищити вихід до 80–90%, у водойми висаджують підрощену молодь масою 1–6 г.

У регіонах із жарким кліматом важливим фактором є стабільність гідрохімічного режиму. У придонному шарі може накопичуватись аміак, нітрати, а під час спеки – й сірководень. У таких випадках посилюють аерацію або вносять до води оксид заліза, який перетворює токсичний сірководень на безпечне сірчане залізо.

У тепловодних умовах при щільності посадки молоді (1–2 г) на рівні 180 тис. екземплярів на гектар можливо отримати до 1,5 т товарної продукції з гектара.

Біотехнологія вирощування каридних креветок передбачає низку етапів, які мають характерні особливості, що відрізняють їх від технологій культивування пенеїдних креветок. До основних етапів належать:

- утримання плідників;
- вилуплення личинок;
- вирощування личинок до ювенільної стадії;
- вирощування молоді до товарної маси;
- однорічне вирощування молоді до ваги близько 60 г;
- дворічне вирощування до товарної маси приблизно 150 г.

У процесі культивування каридних креветок необхідно враховувати терміни та період виношування ікри на плеоподіях самок, рівень плодючості, тривалість інкубаційного періоду (від моменту відкладення ікри до виходу личинок), а також потенційні втрати ікри протягом цього періоду. Важливими є також частота і тривалість линьок, час переходу личинок на екзогенне

живлення та особливості умов утримання на різних стадіях метаморфоз і дозрівання.

Креветок виду *Macrobrachium rosenbergii* (довгопалих) успішно культивують у Південно-Східній Азії, країнах Латинської Америки та США, хоча їх розведення ускладнюється через агресивну поведінку самців, а також високі вимоги до об'єму води, параметрів газообміну та температурного режиму.

Розведення каридних креветок

Процес розведення починається з відбору плідників. Для однієї пари достатньо акваріума або лотка об'ємом 60 літрів. Дорослих самців утримують окремо як від самок, так і один від одного – по одному в кожному акваріумі. Спільне утримання не рекомендується, оскільки в разі линьки можливі прояви канібалізму. Самців, що полиняли, необхідно відсаджувати в окрему ємність на 2–3 години, поки не зміцніють хітинові покриви.

Самок, які щойно пройшли линьку, підсаджують до самця, де протягом доби відбувається спарювання і запліднення ікри. Після цього самок з ікрою переміщують у спеціальні акваріуми-нерестовики об'ємом 50–60 літрів. Самок *Macrobrachium rosenbergii*, у яких ікра досягла зрілості, витримують до моменту вилуплення личинок при температурі 28–30 °С, рН 7,5–8,0 та солоності 7–8‰. За деякими джерелами, на завершальній стадії інкубації солоність варто підвищити до 12‰. Яйця залишаються прикріпленими до плеоподів самки і розвиваються впродовж приблизно 19 діб при температурі 26–28 °С. На 12-й день розвитку колір ікри починає змінюватися, поступово набуваючи сірого (сталевого) відтінку – це сигналізує про наближення моменту вилуплення личинок.

Інкубація. Під час інкубації воду в нерестовику потрібно постійно аерувати. Щойно ікра змінить колір із помаранчевого на сірий, до акваріума додають 5% морської води, доводячи солоність до 12‰ – це сприяє кращому виведенню личинок.

Для подальшого вирощування личинок використовують садки розміром 0,5×0,7×2–3 м із легким нахилом дна в бік зливу або лотки із замкнутою системою водозабезпечення. Оптимальні параметри води: температура – 26–28 °С, рН – 7,0–8,0, солоність – 12–14‰. Воду слід постійно аерувати й частково оновлювати кожні 10 днів. Важливо, щоб вона не містила хлору.

Утримання личинок і молоді

Личинок *Macrobrachium rosenbergii* після вилуплення утримують у воді з температурою 28–30 °С і солоністю 12–14‰. У міру росту солоність поступово знижують до 2‰, переводячи молодь у слабосолону або прісну воду.

Личинки схильні до грибкових захворювань. Для профілактики застосовують шестигодинну обробку малахітовим зеленим у концентрації 0,2 мг/л. Через прояви канібалізму серед підростаючих креветок важливо забезпечити повноцінне і збалансоване харчування. Також необхідний постійний моніторинг якості водного середовища та дотримання профілактичних заходів.

Годівлю починають на 2–3-й день життя. У перші два тижні личинок годують тричі на день, надалі – чотири рази вдень і один раз уночі. У раціоні переважають планктонні ракоподібні та науплії артемії. Для 60 тис. личинок щодня протягом перших 3–4 днів дають по 1 ч. ложці декапсульованих яєць артемії, далі – по 1,5 ч. ложки на добу впродовж 30 днів. Як додаткові корми використовують варене рибне м'ясо, м'ясо ракоподібних, подрібнені яйця, яєчний паштет, ікру дрібних риб. Корм попередньо подрібнюють і протирають через сітку відповідного розміру. Денна норма корму становить близько 30% від маси тіла личинок.

Вирощування постличинок і молоді

Коли більшість личинок досягає метаморфозу, їх переводять у виросні стави. Перед цим проводиться 6–8-годинна акліматизація до прісної води. У ставках залишають мулисте дно та облаштовують цементовані стінки. Проточна вода з постійною аерацією – обов'язкова. Біля стінок дна розміщують гравій, мушлі – це створює укриття для креветок після линьки.

У ставку розміром 5×10×0,4 м вирощують до 10 тис. постличинок. У раціон входять дрібні олігохети, хірономіди, а також поданий корм. Удень годують двічі сухим кормом, уночі – живим. Рослинний корм задають раз на 2 дні. Через два місяці постличинки досягають довжини 5 см і готові до пересадки у виросні водойми.

Перед та після використання ставу проводять осушення ложа і дезінфекцію – це допомагає запобігти інфекційним та паразитарним захворюванням.

Для товарного вирощування використовують ставки, кар'єри, іригаційні канали площею близько 400 м² (глибина – 30 см) або 1000 м² (глибина – 1–1,5 м). Вхідні та вихідні споруди захищають сітками від проникнення хижаків. Воду у ставках регулярно оновлюють. Для стимуляції розвитку фітопланктону, зоопланктону та бентосу щомісяця вносять органічні добрива – 200 кг/га гною та 10 кг/га вапна.

Живлення товарної креветки

У великих вирощувальних ставках як корми використовують:

- тваринні – м'ясо риб, молюсків, дощових черв'яків, м'ясні й рибні відходи, комах, лялечки шовкопряда;

- рослинні – подрібнений рис, фруктови відходи.

Добовий раціон складається на 75% з штучного корму і на 25% з природного. Загальний обсяг корму – 50% від загальної маси креветок. Корм розподіляють порівну: вранці та після обіду, подаючи його у годівниці з обох боків ставка. У місцях линьки креветок створюють укриття з черепиці, мушель тощо.

Через чутливість креветок до розчиненого у воді кисню слід регулярно контролювати його концентрацію.

За оптимальних умов молодь довжиною 5 см і масою 1–2 г досягає товарної маси 100 г за 5–6 місяців, що дозволяє в тропічних умовах отримувати два врожаї на рік. Товарних креветок також вирощують на рисових полях (чеках).

При використанні інтенсивних методів виділяють такі етапи:

- утримання плідників та їх нерест;
- інкубація ікри, отримання личинок (жовтень–травень);
- вирощування личинок у вирослих ємностях при солоності 7–8‰ і температурі 28–30 °С (травень–лютий);
- дорощування постличинок до маси 2,9 г при щільності 500 екз./м² (лютий–травень);
- товарне вирощування у ставках (травень-жовтень), продуктивність яких становить 1–1,5 т/га.

У відкритих ставках вирощування відбувається при температурі води 25–28 °С. Можливе вирощування у монокультурі або полікультурі з такими видами: строкатий товстолобик, білий товстолобик, тиліяпія, білий амур, гурамі. У солонуватій воді креветок можна вирощувати разом із кефаллю.

На завершальному етапі важливо здійснити вилов креветок раніше, ніж риби, за температури не нижче 15 °С. Застосовують пастки (раколовки) або спеціальні сітки.

Для вирощування креветок старших вікових груп використовують штучні корми з високим вмістом білка – 40–60%. Джерелами білка є: м'ясо кальмара, соєве борошно, креветочне борошно, рибне борошно. Склад білка має задовольняти потреби креветок у незамінних амінокислотах: фенілаланін, лізин, гістидин, аспарагінова кислота, треонін, валін, метіонін, ізолейцин, лейцин, триптофан.

У раціоні обов'язковою є наявність незамінних жирних кислот, особливо ліноленової групи. Креветки краще засвоюють складні вуглеводи, як-от крохмаль, ніж прості цукри. До складу корму має входити близько 0,5% стеролів, які креветки не синтезують самостійно. Їх дефіцит або надлишок може затримувати ріст. Також необхідні вітаміни, мікроелементи та мінеральні

компоненти. За відсутності артемії на ранніх стадіях розвитку можна використовувати морських коловерток як живий корм.

У водах Чорного та Азовського морів поширені креветки видів *Adspersus* і *Elegans*, які мають дворічний цикл розвитку. Вони досягають довжини 5–8 см і маси 1,5–2 г. Ці креветки є евригалінними та евритермними, добре пристосовані до сезонних коливань температури в діапазоні від 0 до 30 °С та солоності – від 3 до 30‰.

Протягом літа самки відкладають ікру 3–4 рази при температурі 15–20 °С та солоності 9–25‰. Якщо солоність опускається нижче зазначеного порогу, активна осморегуляція в організмі креветок замінюється пасивною, що знижує їхню життєздатність. При температурі води близько 0,5 °С креветки стають нерухомими, припиняють живлення, а їх споживання кисню падає до 0,05–0,07 мл/г·год.

Із підвищенням температури від 9 до 25 °С зростає як інтенсивність дихання, так і апетит. За температури 19–22 °С креветки споживають близько 0,32 мл/г·год кисню, а їхній добовий раціон становить приблизно 16% від маси тіла. При подальшому підвищенні температури до 27–30 °С спостерігаються порушення фізіологічних функцій: активність різко зростає, споживання кисню досягає 0,47–0,5 мл/г·год, але процес живлення припиняється. За температури 30–32 °С відбувається загибель організмів. Критичним для виживання є рівень розчиненого у воді кисню нижче 40% насичення.

Особливу увагу для перспективного культивування в Україні привертають холодноводні види креветок, що мешкають у прибережних водах Далекого Сходу. Найціннішим серед них є трав'яний шримс, або чілім (*Pandalus latirostris*) – представник ряду десятиногих ракоподібних з інфраряду креветок.



Рис. 4.4. Трав'яний шримс – *Pandalus latirostris*

Цей вид креветок характеризується протандричним гермафродитизмом – усі особини, що вилупилися з ікри, спочатку є самцями, а з досягненням певного віку та розмірів поступово трансформуються в самок. Живуть трав'яні чіліми (*Pandalus latirostris*) близько чотирьох років.

Ареал їхнього природного поширення охоплює акваторію від Татарської протоки до Південної Кореї вздовж материкового узбережжя, а також – від затоки Терпіння до Токійської затоки та Нагасакі. Приблизно в 1959 році цей вид був інтродукований у Чорне море.

Це типово морська креветка, яка може вирости до 18 см у довжину та досягати маси до 16 г. Вона витримує широкий діапазон солоності – від 11 до 50‰, однак розмноження можливе лише за солоності в межах 24–34‰. Вид також демонструє відносну термостійкість: при поступовому зниженні температури до -2,5 °C активність різко знижується, тоді як у межах 10–23 °C всі фізіологічні процеси проходять без відхилень.

Найкращі умови для живлення та росту – температура води 18–23 °C і солоність 24–35‰. У таких умовах креветки активно розвиваються та досягають статевої зрілості у віці 6–12 місяців.

Трав'яні чіліми дуже чутливі до нестачі кисню. При температурі 16–17 °C критичним є насичення киснем на рівні 42–47%, а пороговим – 21%.

За умови утримання дорослих плідників у спеціалізованих розплідниках, а вирощування молоді – в осолонених лиманах або садках, креветки досягають товарної маси 5–8 г за два літні сезони та одну зиму.

Подібно до інших промислових видів, *Pandalus latirostris* активно виловлюється, а розвинена мускулатура черевця слугує цінним харчовим продуктом.

Питання для самоперевірки

1. Які умови необхідні для вдалого вирощування гігантської прісноводної креветки?
2. Які морфотипи самців *Macrobrachium rosenbergii* ви знаєте?
3. Які є технологічні рішення для боротьби з канібалізмом у вирощувальних системах?
4. Як здійснюється контроль щільності посадки у вирощуванні ракоподібних?
5. Які види креветок найчастіше використовуються у світовій аквакультурі?
6. У чому полягає різниця між морськими та прісноводними креветками в умовах культивування?
7. Які основні етапи вирощування креветок у промислових умовах?

5. КУЛЬТИВУВАННЯ ПРІСНОВОДНИХ РАКІВ

Прісноводні раки є представниками класу ракоподібних, які населяють переважно прісні водойми – річки, озера, ставки, струмки. Вони відіграють важливу роль в екосистемах, беручи участь у процесах самоочищення води, колообігу речовин, а також є цінним об'єктом промислу та аквакультури. Завдяки своїй всеїдності, здатності до адаптації та відносно високій стійкості до змін довкілля, прісноводні раки здобули широке поширення в природних та штучних водоймах.

Вивчення біології, поведінки та умов існування прісноводних раків має велике значення як для охорони природних популяцій, так і для ефективного їх розведення у господарських цілях. У сучасних умовах, коли природні запаси раків зменшуються через забруднення водойм та хвороби, актуальним стає культивування раків у контрольованих умовах – у ставках, басейнах та рециркуляційних системах.

5.1. Біологічні особливості прісноводних раків

Прісноводні раки – це безхребетні водні тварини, які належать до типу членистоногих, класу ракоподібних, ряду десятиногих. Вони мешкають у різноманітних прісних водоймах – річках, озерах, ставках, струмках – і є важливою складовою екосистем, виконуючи роль як санітарів, так і об'єкта живлення для інших тварин.

Будова тіла рака добре пристосована до життя у водному середовищі. Тіло поділяється на дві основні частини: головогруди (цефалоторакс) і черевце (абдомен). Головогруди вкриті твердим панциром, який виконує захисну функцію. До головогрудей прикріплені п'ять пар ходильних ніг, з яких перша пара має великі клешні. Клешні використовуються для захисту та полювання. Черевце має шість сегментів і закінчується хвостовим плавцем, що дозволяє ракам швидко плавати заднім ходом у разі небезпеки.

Очі у рака фасеткові, розташовані на рухомих стебельцях, що дає змогу краще орієнтуватися у просторі. Антени і антенули – це парні вусики, що виконують функції дотику, нюху, а також балансу у воді.

Дихання відбувається за допомогою зябер, які розміщені в особливій порожнині під панциром. Через рух води в цій порожнині кисень надходить до зябер, де й відбувається газообмін.

Живлення у прісноводних раків переважно всеїдне. Вони споживають водорості, частини рослин, дрібних тварин, а також падаль. Раки можуть поїдати мертву рибу, рештки інших водних організмів, очищаючи водойму від

органічних залишків. Активність у живленні вища вночі, коли раки залишають свої укриття у пошуках їжі.

Ріст у раків супроводжується линянням – процесом скидання старого панциря. Це необхідно тому, що твердий екзоскелет не здатен розтягуватися. Молоді раки линяють кілька разів на рік, дорослі – рідше. Після линьки панцир м'який, і рак стає беззахисним перед хижаками, тому він ховається до моменту, поки новий панцир не затвердне.

Прісноводні раки роздільностатеві. Самці зазвичай більші та агресивніші. Розмноження відбувається восени або на початку зими. Після спарювання самка відкладає ікру, яку прикріплює до черевних ніжок. Вона носить ікру на собі кілька тижнів або місяців, захищаючи її від ворогів та очищаючи від бруду. Після виходу з ікри молоді рачки залишаються на черевці самки деякий час, а згодом починають самостійне життя.

Раки ведуть донний спосіб життя, надаючи перевагу чистим, прозорим водоймам із твердим або глинистим дном, де можуть викопувати нори або ховатися серед каміння, корчів і під берегами. Вони уникають забруднених водойм з нестачею кисню, бо чутливі до рівня забруднення та змін температури.

Відомі своєю територіальністю: кожен рак займає певну ділянку дна, де облаштовує схованку. У разі загрози раки швидко тікають назад або застосовують клешні для захисту. Часто між особинами виникають сутички за територію чи самок.

Серед природних ворогів прісноводних раків – риби (окунь, сом, щука), водяні птахи (чаплі, лелеки), видри, а також людина. Люди здавна ловлять раків для вживання в їжу – як делікатесний продукт.

Завдяки здатності пристосовуватися до різних умов, раки можуть жити до 15–20 років, однак у природі цей вік рідко досягається через численні небезпеки. Їхня присутність у водоймі часто свідчить про її екологічну чистоту.

5.2. Культивування прісноводних раків

Культивування прісноводних раків – це процес штучного розведення та вирощування раків у спеціально створених або контрольованих умовах з метою отримання товарної продукції, зариблення природних водойм або відновлення популяцій. Цей напрям є перспективним в аквакультурі, оскільки рак вважається цінним делікатесним продуктом, а також важливою частиною водних екосистем.

У господарствах найчастіше вирощують такі види прісноводних раків: рак річковий (*Astacus astacus*), рак вузькопалий (*Astacus leptodactylus*), а також

інтродуковані американські види, які вирізняються швидким ростом і витривалістю, але можуть витіснити місцевих раків.

Для успішного вирощування раків необхідно створити умови, максимально наближені до природних. Раки потребують чистої води з достатнім вмістом кисню, температурою від 18 до 24 градусів за Цельсієм, твердого або глинистого дна, великої кількості укриттів – нір, каміння, корчів або штучних конструкцій. Вони чутливі до забруднення води та нестачі кисню, тому постійний моніторинг якості води є обов'язковим.

Культивування може здійснюватися у відкритих водоймах (ставках, озерах), штучних каналах, спеціальних бетонних або пластикових басейнах. Існують також інтенсивні технології з використанням замкнених рециркуляційних систем, які дозволяють контролювати всі параметри середовища і вирощувати раків у закритих приміщеннях.

Годівля раків у неволі відбувається комбіновано: вони споживають рослинні залишки, варені овочі, зернові, а також білкову їжу – шматочки риби, м'яса чи спеціалізовані комбікорми. Важливо дотримуватися балансу, не перегодовувати тварин і не допускати загнивання кормів у воді.

Розмноження раків у штучних умовах відбувається переважно природним шляхом. Статевозрілість настає у віці 2–3 років. Парування відбувається восени, самка відкладає від 100 до 400 ікринок, які прикріплюються до її черевних ніжок. Вона носить ікру всю зиму до моменту виходу молоді. Молоді рачки певний час залишаються на тілі самки, після чого переходять до самостійного способу життя. У великих господарствах можуть застосовуватися інкубаційні установки для вирощування личинок окремо від дорослих особин.

Існує кілька форм вирощування: екстенсивна (у природних або напівприродних умовах), інтенсивна (в рециркуляційних системах) та комбінована. У деяких випадках раків вирощують спільно з рибою, але це вимагає ретельного планування через можливу конкуренцію за корм і територію.

Важливою умовою успішного розведення є захист раків від хижаків (риби, птахи, видри), захворювань (особливо ракової чуми), а також контроль над щільністю посадки, щоб уникнути канібалізму.

Виллов товарних раків зазвичай відбувається через 2–3 роки після початку культивування. Їх збирають вручну або за допомогою спеціальних раколовок. Збут здійснюється у свіжому вигляді (живі раки), вареному, замороженому або консервованому. Основними споживачами є ресторани, супермаркети, гуртові покупці та експортери.

Таким чином, культивування прісноводних раків є вигідним і екологічно доцільним видом діяльності за умови дотримання технологічних вимог, контролю якості води та належного догляду за тваринами.

Біотехніка вирощування молоді раків

Біотехніка передбачає отримання життєздатної молоді в умовах спеціалізованого виробництва з подальшим вселенням її у водойми для нагулу. Технологічний процес включає кілька основних етапів: відбір плідників, інкубація ікри на живих самках, вирощування личинок до життєстійкої стадії, випуск молоді у водойми, вирощування товарної продукції та облов.

Розплідник

Для промислового виробництва посадкового матеріалу раків необхідне створення спеціалізованого розплідника, який може бути структурною одиницею рибоводного заводу або самостійним раковим господарством. До його складу входять інкубаційний цех та ділянка для вирощування живих кормів. Розплідник має бути оснащений автотранспортом і повним комплектом необхідного обладнання для забезпечення безперервного біотехнічного процесу.

Інкубація проводиться у спеціальному приміщенні, обладнаному відстійником для видалення завислих часток з води, що подається у цех, а також системами водозабору, водопостачання та збору води, підключеними до електроживлення для забезпечення роботи інкубаційного обладнання.

Для інкубації ікри використовуються установки із замкнутим водообігом, які дозволяють створити оптимальні умови для розвитку ікри та отримання життєстійкої молоді. Модульна конструкція установок дає змогу збільшувати потужність інкубаційного цеху за рахунок додаткових модулів без порушення вже функціонуючого виробництва. Такий підхід має кілька переваг:

- дозволяє ізолювати можливі осередки інфекції в межах окремого модуля;
- забезпечує контроль і регулювання абіотичних параметрів середовища (температури, течії, освітлення, рН, вмісту кисню, CO₂, азотистих сполук).

Оскільки раки є чутливими до якості води, всі конструктивні елементи виготовляються з корозійностійких матеріалів – пластику, нержавіючої сталі або інших інертних сполук. Металеві елементи покриваються водостійкими матеріалами, наприклад латексом або спеціальною фарбою, щоб мінімізувати їх контакт з водою. Насоси мають бути герметичними, щоб уникнути потрапляння мастил у систему трубопроводів.

Основні елементи системи замкнутого водообігу:

- чотири пластикові басейни ПЦА-2 загальним об'ємом 8000 літрів, встановлені на підставках висотою 25 см;

- блоки механічного та біологічного очищення води;
- системи водозабору, водопостачання, аерації, підігріву води, водопідготовки та автоматичного контролю рівня.

У секції регенерації вода проходить відстійник, де осідають великі частки завислих речовин. Тут також утримуються двостулкові моллюски, які фільтрують воду. Виділений ними слиз сприяє агрегації частинок осаду, запобігаючи його розмиванню й вторинному забрудненню води.

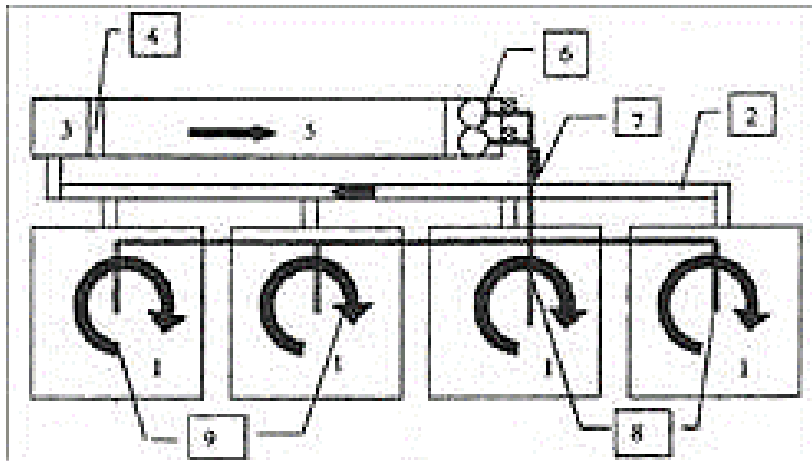


Рис. 5.1. Схема установки замкнутої циркуляції води:

- 1 – рибоводні басейни; 2 – скидний колектор; 3 – відстійник; 4 – механічний фільтр;
5 – блок генерації; 6 – насоси; 7 – водоподаючий трубопровід; 8 – флейти;
9 – напрямок течії

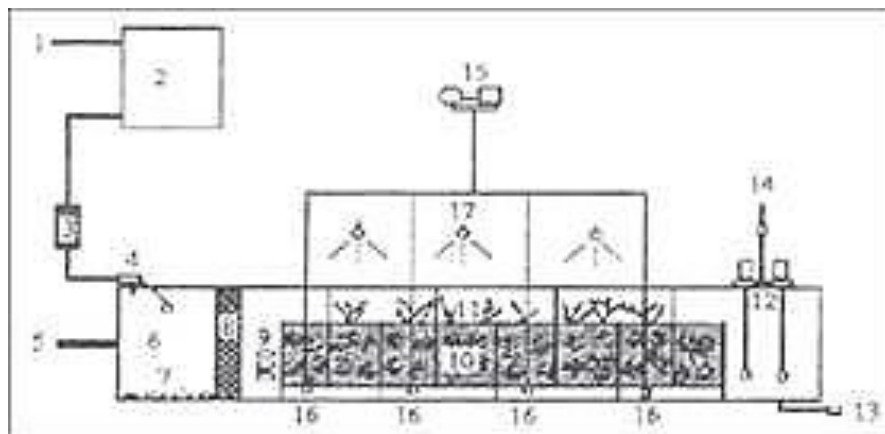


Рис. 5.2. Блок водопідготовки і регенерації:

- 1 – мережа водопостачання; 2 – відстійник; 3 – хімічний фільтр; 4 – регулятор рівня;
5 – магістральний скидний колектор; 6 – відстійник блоку регенерації;
7 – моллюски-фільтратори; 8 – механічний фільтр; 9 – тени; 10 – наповнювач біофільтру;
11 – водорості; 12 – насоси; 13 – водоскид блоку регенерації;
14 – водоподача в басейни; 15 – повітряний компресор; 16 – розпилювач повітря;
17 – світильники

Дрібні частинки завислих речовин видаляються за допомогою механічного фільтра, який являє собою контейнер, наповнений поліетиленовим моноволокном. У міру забруднення фільтрувальний елемент витягують, промивають струменем води, споліскують і повертають назад у контейнер, що встановлюється у блок регенерації за допомогою спеціальних напрямних.

Біологічне очищення відбувається у фільтрі зануреного типу. Як наповнювач застосовують керамзит із гранулами різного розміру. Для збільшення площі фільтрації і запобігання застійним зонам встановлюються вертикальні перегородки, які чергуються за відкритістю в нижній або верхній частині. Це забезпечує зміну напрямку руху води у кожній наступній секції на протилежний.

Установки із замкнутим водообігом мають обмежений термін безперервної експлуатації, оскільки нітрифікуюча мікрофлора в біофільтрі з часом втрачає активність, а субстрат поступово забивається детритом, що знижує фільтраційну здатність. Розподіл біофільтра на секції дає змогу поступово замінювати окремі частини, продовжуючи загальний термін роботи установки. Після заміни однієї секції рівень мінералізації органічних азотовмісних речовин тимчасово знижується лише на 20%, а повне відновлення ефективності настає протягом 14 діб.

Підігрів води перед її надходженням до блоку біоочищення дозволяє підвищити ефективність роботи біофільтра у 1,5–2 рази та скоротити тривалість регенерації. Для підтримки активності фільтра також передбачено аерацію субстрату.

Переміщення води здійснюється за допомогою двох центробіжних насосів, які оснащені датчиками контролю верхнього і нижнього рівнів та інтегровані в єдину систему. Це дозволяє керувати насосами як синхронно, так і незалежно один від одного.

Скидання води відбувається через зливні отвори, розміщені по центру дна басейнів. Вони обладнані захисними сітками, виготовленими з нержавіючого дроту, що запобігають втраті гідробіонтів.

Система терморегуляції включає електроконтактні термометри, термореле та електронагрівачі (ТЕНи) із сумарною потужністю до 12 кВт. Усі нагрівальні елементи розміщені у секції регенерації, перед блоком біологічного очищення.

Рівень води в установці підтримується автоматично. У разі зниження рівня спрацьовує система з поплавковим регулятором, яка забезпечує подачу потрібного об'єму води з водопроводу.

Принцип дії системи замкнутого водообігу полягає в наступному: вода, яка забруднена продуктами життєдіяльності раків, самопливом надходить із

басейнів до блоку регенерації через закриту систему колекторів. У цьому блоці здійснюється очищення води від домішок та шкідливих речовин, а також її нагрів до заданої температури. Після очищення вода подається назад у басейни через флейтову систему за допомогою насосів. Загальний об'єм води у всій системі складає 9500 літрів.

Протягом чотирьох років ця система використовується для вирощування посадкового матеріалу, утримання плідників та проведення експериментальних робіт. За біологічного навантаження 126 г/л вона продемонструє стабільну ефективність. Результатом є можливість штучного відтворення раків із різних екосистем у таких умовах, за умови створення оптимального середовища та належного харчування.

Нагульні водойми

Раки мають широку екологічну толерантність, що дозволяє їм заселяти водойми різного типу. Проте щільність, структура популяції та її продуктивність залежать від конкретних умов середовища. За рівнем природної продуктивності водойми поділяються на три категорії:

- Високопродуктивні водойми – мілководні (1,0–1,5 м) заплавні ділянки, річки зі слабкою течією і замуленим дном. Заростання вищою водною рослинністю незначне (до 10%), дно багате на детрит, прозорість води нижче 0,2 м. Температура води влітку – 25–30 °С, нейтральне або слабколужне середовище. Іхтіофауна представлена карасем, лином, краснопіркою, окунем, щукою. Ракопродуктивність перевищує 100 кг/га.
- Середньопродуктивні водойми – повільні річки з течією до 0,2 м/с, прозора вода (понад 1 м), висока зарослість макрофітами (до 40%), дно – піщане або глинисте з мулом, глибина 1,5–3,5 м. Іхтіофауна більш різноманітна (судак, сазан, сом, карась, щука, окунь тощо). Продуктивність становить 4090 кг/га.
- Низькопродуктивні водойми – руслові ділянки з швидкою течією, щільним дном. Продуктивність – лише 10–30 кг/га.

До непридатних для культивування відносяться водойми з тонким рідким мулом, що піддаються заморам, мають низьку прозорість або забруднені агро- чи промисловими стоками. До зони ризику потрапляють річки глибиною менше 1 м, які можуть промерзати взимку або пересихати в спеку.

Молодь, отриману в результаті штучного розведення, варто вселяти передусім у високопродуктивні водойми, де через інтенсивний промисел природне відтворення не компенсує вилучення біомаси, але кормова база залишається достатньою.

Доцільним є також зариблення водойм, які втратили ракопродуктивність через короткострокові несприятливі події (наприклад, разовий скид органіки

або перевищення доз мінеральних добрив), але не мають довготривалих деградаційних процесів.

Можна вселяти раків і в середньопродуктивні водойми з добре розвиненою кормовою базою, якщо низька чисельність популяції пояснюється несприятливими умовами для розмноження (нестабільна гідрологія, брак нерестових ділянок, недостатня кількість корму для личинок).

Натомість вселення у малопродуктивні водойми є недоцільним: конкуренція, несприятливі умови і повільний ріст призводять до формування біологічно маловартісної популяції. Виключення – екологічні проекти з реінтродукції.

Ставове розведення раків має переваги перед природними водоймами, зокрема:

- контроль за середовищем і процесом вирощування;
- ефективніша годівля;
- відсутність природних хижаків.

Підходять як неспускні, так і частково спускні водойми. Рационально проводити вирощування в полікультурі з рибами – коропом, білим і строкатим товстолобиком, білим амуром.

У таблиці 5.1 містяться вимоги до хімічного складу води для ефективного ставового культивування раків.

Таблиця 5.1

Хімічний склад води в ставах для вирощування раків

Назва	Концентрація, мг/л
Важкі метали	менше 0,01
Нафтопродукти	менше 0,05
Феноли	менше 0,005
Таніни	менше 10
Ціаніди	менше 0,005
Амоніак	менше 0,05
Залізо	менше 0,5
Смоли	менше 2,0
Амоній	менше 0,5
Карбонати	менше 10,0
Нітрати	менше 1,0
Фосфати	менше 0,3
Хлориди	менше 10
Сульфати	менше 10
Жорсткість води	6,0–9,0 мг/екв
pH	6,5–8,5 од.
Кисень	більше 5,0

Перед запуском поголів'я у штучні водойми окрім підготовки дна проводиться низка додаткових заходів. Зокрема, навколо ставка облаштовують захисний вал, а по зовнішньому периметру – дренажну канаву. Це необхідно для запобігання потраплянню дощових стоків і сміття у воду. По береговій лінії рекомендується висаджувати дерева, наприклад, плакучу вербу, яка забезпечуватиме затінення.

Глибина водойми має варіюватися: у прибережній зоні – близько 0,4 м, а в центрі – до 3 м. Щільність посадки не повинна перевищувати п'ять дорослих особин на кожен квадратний метр площі.

Перед зарибленням ставок наповнюють водою і дають їй відстоятись не менше двох тижнів, а краще – до одного місяця. За правильної підготовки ставка раки можуть обходитись без додаткової годівлі, оскільки в природному середовищі достатньо кормових об'єктів: планктону, водоростей та личинок. Для стимуляції росту можна вводити прикорм: овочеві залишки, комбікорми, відходи м'яса і риби, а також замочені крупи.

Суворе дотримання рекомендацій спеціалістів і використання комплексу обладнання для підтримання сприятливих умов дозволяє досягти високих результатів у короткі строки.

Раки здебільшого активні вночі, однак при наявності корму можуть виходити з укриттів у будь-який час доби. Цікаво, що самки завжди перебувають у норах поодиночі, тоді як самці під час зимівлі можуть утворювати скупчення та зариваються в мул. Самці зазвичай у 2–3 рази більші за самок.

Період парування та ікрометання у річкових раків варіюється залежно від кліматичних умов і може припадати як на осінь (жовтень–листопад), так і на кінець зими – початок весни (лютий–березень). Осіннє спарювання супроводжується інкубацією ікри, що триває 6–7 місяців, тоді як весняне – близько 4 місяців.

Парування триває приблизно 2–3 тижні. Запліднення – зовнішнє: самці прикріплюють сперматофори на черевну частину самки, які виглядають як біла пляма. У випадку пізнього парування або низьких температур, процес запліднення може розтягнутись на кілька діб.

Ікру самка відкладає вночі, в умовах тиші, зазвичай за 2–3 години. Вона формує виводкову камеру, підгинаючи черевце до головогрудей, у яку вивільняє речовину, що розчиняє сперматофори. Під час проходження ікринок через сім'яний розчин відбувається запліднення, після чого вони прикріплюються до черевних ніжок або панцира. У середньому самка несе від 110 до 480 ікринок.

Ікринки постійно омиваються завдяки рухам грудних і черевних ніжок. У період інкубації самки ведуть потайний спосіб життя, не покидають укриттів без крайньої потреби, виходячи лише в пошуках їжі.

Ембріональний розвиток в ікрі триває близько 7–8 тижнів. Вилуплення личинок зазвичай припадає на третю декаду травня – першу декаду червня, коли температура води становить 21–24 °С. У перші 2–3 доби після вилуплення рачки залишаються прикріпленими до матері завдяки гіаліновим ниткам. Після їх обривання вони чіпляються гачкоподібними клешнями до оболонок яєць. У такому стані вони перебувають ще 5–8 днів, живлячись виключно жовтковими запасами, що знаходяться під карапаксом.

Близько десятого дня відбувається перша линька, після якої личинки набувають форми, подібної до дорослих раків. Їх довжина сягає 1,1–1,2 см, а маса – 21–30 мг. Після цього вони починають самостійно житися, хоча за несприятливих умов можуть ховатися під черевце самки.

На 13–20 день розвитку проходить друга линька, після якої молоді раки стають повністю незалежними. Упродовж життя рак линяє багаторазово: у перший рік – до 8 разів, у другий – 4–5 разів, у третій – 3–4 рази.

Знання особливостей онтогенезу й формування популяцій дозволяє здійснювати промисел раків без загрози для їх чисельності.\

Вилів плідників із природних водойм, для подальшого розмноження у маточних ставках, зазвичай проводиться з кінця березня до травня, коли встановлюється стабільна позитивна температура повітря. У цей період самки носять запліднену ікру, прикріплену до плеопод за допомогою тонкої гіалінової нитки.

Процедура відлову має певні особливості, зумовлені біологічними особливостями та поведінкою раків у різних типах водойм. Для відлову використовують раколовки або волокуші. Рекомендується проводити заготівлю у водоймах із подібним гідрологічним та хімічним режимом до тих, у які планується випуск молоді.

Навесні самки зосереджуються на мілководдях, що добре прогріваються, ховаючись у природних укриттях або риючи нори. Тому знаряддя лову розміщують у прибережній зоні на глибинах 0,5–1,0 м. Найефективніший лов – у сутінках або вночі. Як приманку найкраще використовувати свіжу рибу.

Упійманих самок необхідно ретельно сортувати: відбирають тільки здорових особин без ознак травм або захворювань, які мають велику кількість ікри на плеоподах.

Життєздатність раків оцінюють за допомогою простої перевірки: особину беруть з боку спини за середину головогрудей. Якщо рак активно піднімає клешні догори – він вважається придатним для розмноження. Ослаблених

особин, у яких клешні опущені, а в районі рота спостерігаються бульбашки піни, вибраковують.

Відібраних самок утримують у спеціальних садках із дельової сітки розмірами $1 \times 0,5 \times 0,5$ м, які встановлюють на кілках або на плавучих платформах. У кожен садок дозволяється поміщати не більше 10–12 кг раків.

Переміщення запліднених самок до місця інкубації можливе у дерев'яних або пластикових ящиках, якщо дорога займає не більше 3 годин. У цьому випадку раків укладають у декілька шарів, перекладаючи кожен шар зволоженою травою або мішковиною. Для транспортування на далекі відстані використовують поліетиленові пакети, наповнені водою і киснем, аналогічно до методів перевезення рибо-посадкового матеріалу.

Перед початком інкубації самок повторно оглядають і вибраковують травмованих, ослаблених або тих, хто втратив значну частину ікри під час транспортування. Після цього раків на 10–15 хвилин обприскують водою або занурюють у воду в сітчастих контейнерах для видалення повітряних бульбашок з зябрової порожнини. Це обов'язковий етап, оскільки бульбашки блокують доступ кисню до зябер, що може призвести до гіпоксії й загибелі.

Самок з ікрою поміщають в інкубаційні установки басейнового типу із замкнутою системою водопостачання. У басейнах попередньо розміщують касети, що містять індивідуальні укриття для кожної самки, що забезпечує оптимальні умови для інкубації та мінімізує ризик стресу чи агресивної поведінки.

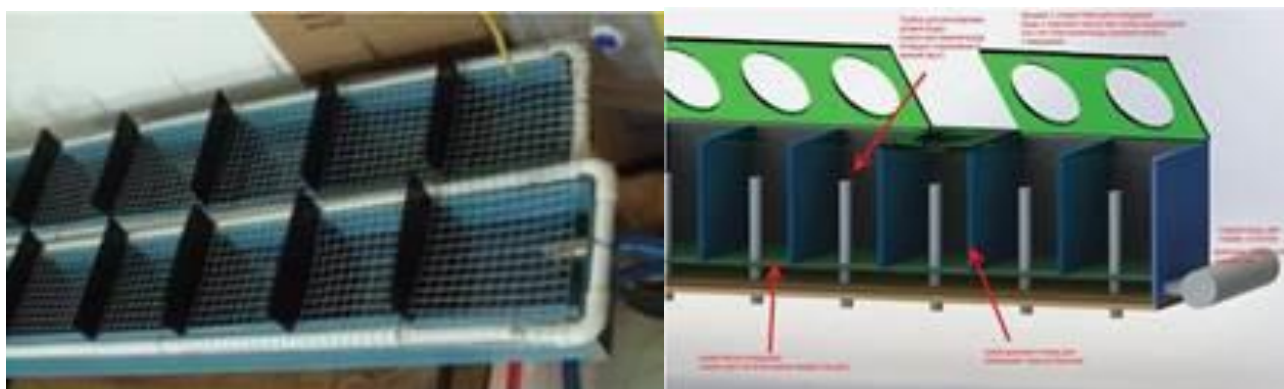


Рис. 5.3. Касета з індивідуальними прилистками для самок

Після того як усі басейни заповнені плідниками, вмикають систему підігріву води. Температуру підвищують поступово – на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на добу, доки вона не досягне $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Щодня проводять огляд самок, щоб стежити за їхнім станом і розвитком ікри. Ослаблених особин з опущеними клешнями або ознаками захворювання потрібно негайно вилучати з інкубаційних ємностей. Хоча самки зазвичай

самостійно доглядають за ікрою, іноді серед ікринок трапляються загиблі, які мають яскраво-жовтий колір і можуть бути уражені сапролегнією. Такі ікринки потрібно акуратно видаляти пінцетом.

Протягом усього інкубаційного періоду контролюють температурні показники та рівень розчиненого кисню. Недостатній вміст кисню можна визначити за поведінкою самок: у світлу пору доби вони виходять з укриттів, піднімаються на верхні поверхні касет і активно змахують плеоподами з ікрою, забезпечуючи її аерацію.

Годування здійснюється один раз на добу, ввечері. Для цього використовують шматочки свіжої або мороженої риби, а також м'ясо моллюсків. Корм розміщують між рядами схованок з відкритого боку.

Щоранку басейни необхідно очищувати сифоном від екскрементів, мертвих ікринок та залишків корму (рис. 5.4). На ніч освітлення в приміщенні, де встановлені інкубаційні установки, обов'язково вимикають.

Особливої обережності вимагає період, коли в ікринках формуються очні бульбашки. У цей час ікра дуже чутлива до механічних, температурних і інших подразників, тому самок не слід турбувати, а температурний режим води має бути стабільним.

За умови, що плідники походять з однієї водойми, а температурний режим дотриманий, викльов молоді триває 3–5 днів. Цей процес зазвичай відбувається в третій декаді травня – першій декаді червня.

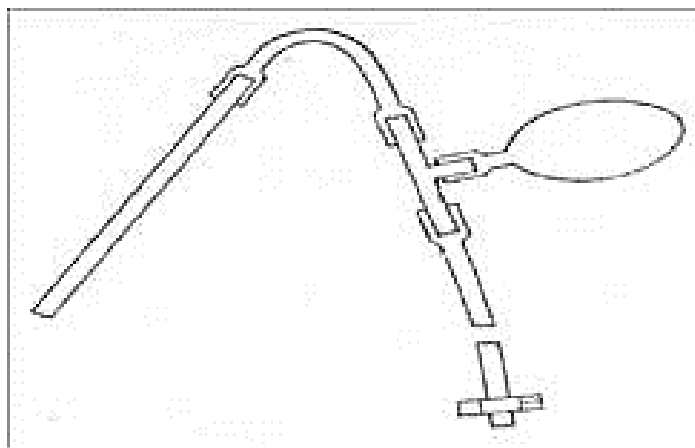


Рис. 5.4. Сифон для очищення басейнів

Після викльову личинки залишаються прикріпленими до плеопод самки під її абдоменом упродовж трьох діб (рис. 5.5).

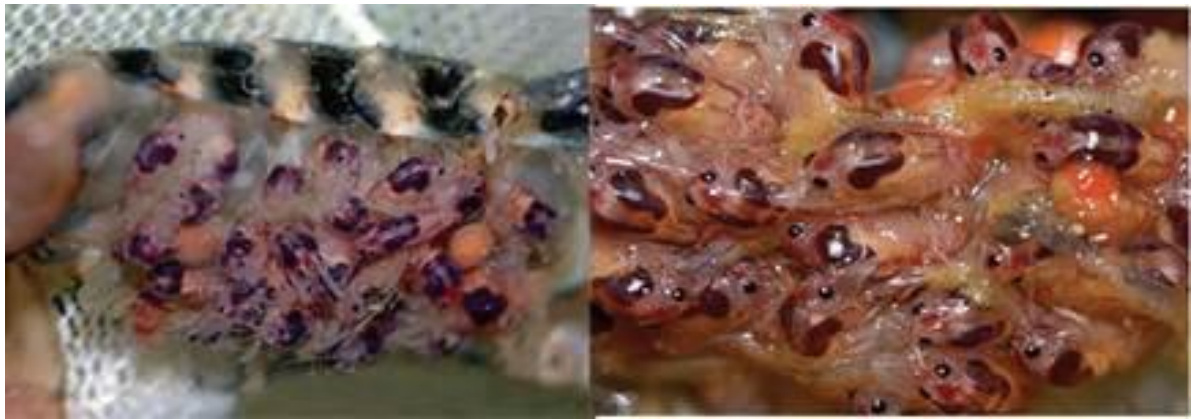


Рис. 5.5. Личинки, що виклюнулися, під абдоменом самки

У цей період личинки майже нерухомі й живляться за рахунок жовткового запасу, що знаходиться в порожнині тіла під карапаксом. Вони мають непропорційно великі головогруди, а абдомен знаходиться у зародковому стані та підвернутий під тіло. У цей час важливо не турбувати самок, уникати температурних коливань і ретельно контролювати рівень кисню у воді.

Після першої линьки, яка зазвичай завершується протягом тижня після викльову, личинки набувають зовнішніх ознак, схожих на дорослих раків. Характерною особливістю на цій стадії є форма тельсона – він округлий і представлений однією пластинкою (. рис. 5.6).

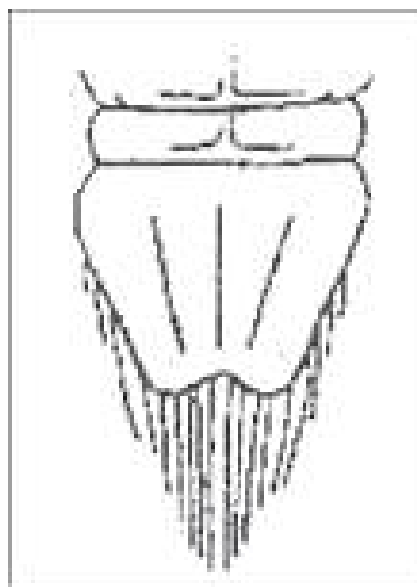


Рис. 5.6. Будова тельсона личинок після першої линьки

Після линьки личинки поступово покидають самок і розповзаються по дну басейнів, часто утворюючи скупчення. У цей період вони переходять на змішаний тип живлення, і їх починають підгодовувати дрібними зоопланктонними організмами, хірономідами, олігохетами, подрібненим

рибним фаршем і м'якими водяними рослинами (роголистником, харою, рдестом). Живий корм перед згодовуванням піддають зневодненню – його короткочасно заморожують або злегка підсушують.

Через три доби після завершення першої линьки самок видаляють із басейнів, при цьому їх ретельно оглядають і знімають залишки личинок. Одночасно прибирають касети зі штучними укриттями.

Годівлю личинок проводять тричі на день: о 7:00, 14:00 та 21:00. Під час внесення корму тимчасово зупиняють подачу води до басейнів через флейти.

Очищення басейнів проводять за допомогою сифона, дуже обережно, щоб не пошкодити личинок. Усі залишки корму, загиблі особини та осад збирають у відро зі спеціальним прорізом у стінці, закритим сіткою з газу № 7 (рис. 5.7).

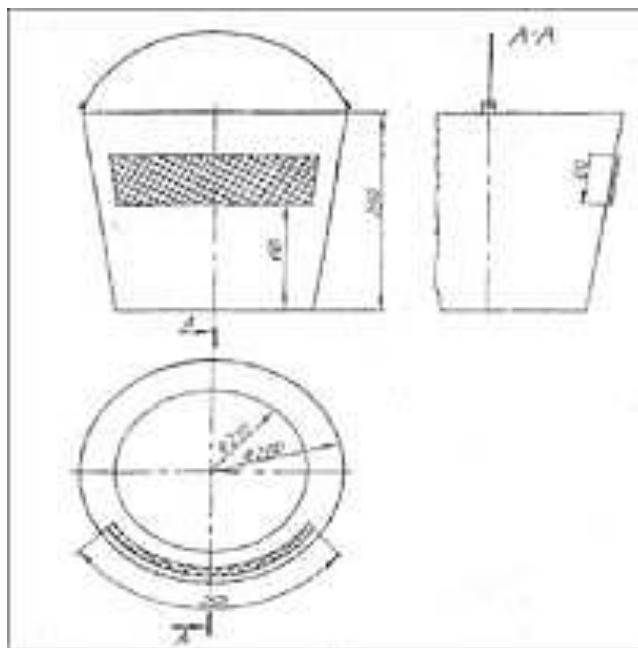


Рис. 5.7. Відро для видалення забруднень із басейнів

Після завершення процедури очищення вміст відра ретельно переглядають, і всіх живих личинок, які потрапили туди разом з водяним потоком, обережно відбирають.

Друга линька у личинок відбувається через 5–8 днів, після чого вони набувають зовнішнього вигляду повністю сформованих молодих раків. Їх можна легко впізнати за характерною формою тельсона, який уже складається з трьох пластинок, розташованих у вигляді віяла (рис. 5.8).

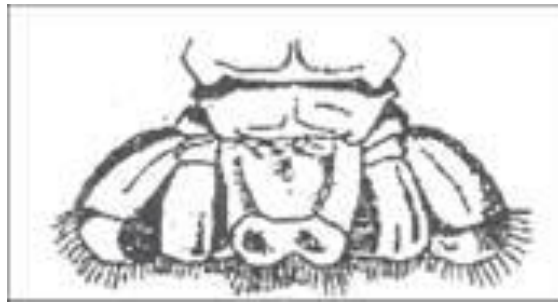


Рис. 5.8. Будова тельсона личинки після другої линьки

На цьому етапі розвитку личинки характеризуються високою активністю у пошуку їжі та виразною реакцією на подразники. Після линьки їх залишають у басейнах ще на дві доби для затвердіння панцирів, після чого пересаджують у водойми для нагулу.

Процес випуску молоді у водойми здійснюють шляхом відбору з басейнів за допомогою сифона, що знижує ризик пошкодження організмів. Поток води рачки потрапляють у приймальну ємність – найкраще використовувати пластиковий таз із прорізом у боковій стінці, закритим сіткою з газу № 5 або металевою сіткою з розміром вічка 2,0 мм (рис. 5.9).

Вода витікає крізь отвір, тоді як молодь залишається в ємності. Протягом усього часу, поки рачки перебувають у приймальній тарі, необхідно забезпечити постійний приплив свіжої води. Коли у ємності накопичується достатня кількість молоді, воду з неї зливають.

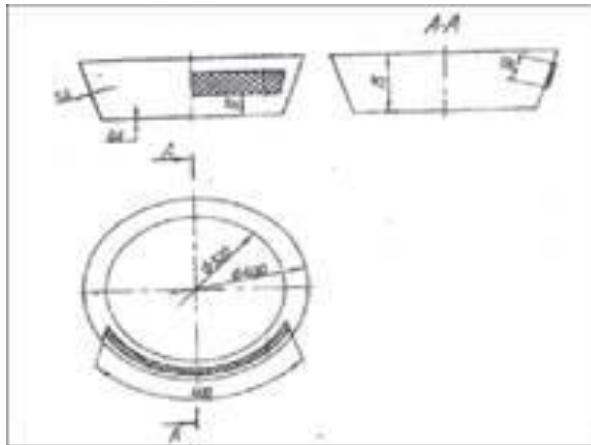


Рис. 5.9. Ємність для збору молоді із басейнів

Кількість молоді визначають за допомогою вагового методу: окремо зважують щонайменше 30 рачків, після чого обчислюють середню масу однієї особини. Далі проводять зважування всієї партії молоді. Поділивши загальну масу на масу одного рачка, отримують загальну кількість особин.

Перевезення здійснюють у контейнерах, обладнаних отворами для вентиляції (рис. 5.10).



Рис. 5.10 Контейнери для транспортування молоді

Молодих раків викладають шарами на дно, між якими прокладають вологу марлю у два шари або зволожену траву. Допускається формування не більше п'яти шарів. Під час транспортування важливо захищати контейнери від прямих сонячних променів і обвітрювання, щоб уникнути підсушування зябер у рачків. Якщо дорога займає понад 10 годин або температура повітря висока, перевезення здійснюється у рибоводних поліетиленових пакетах.

Після прибуття на місце призначення контейнери кілька разів занурюють у воду та відразу виймають на повітря. Якщо транспортування проводилося в поліетиленових пакетах, їх спочатку поміщають у водойму без розкриття, щоб температура води усередині й зовні вирівнялась. При випусканні молоді у водойму її рівномірно розподіляють по мілководних зонах із природними укриттями – заростями м'яких водяних рослин, шарами мушель тощо. Різниця між температурою водойми й тією, до якої адаптовані рачки, не повинна перевищувати 5 °С.

Вирощування товарних раків. Для нагулу раків можуть використовуватись як природні водойми, так і спеціально підготовлені ставки. У випадку використання природних водойм регулярне вселення підрощеної молоді дає змогу підтримувати стабільну чисельність популяції. Такий екстенсивний підхід до господарювання доцільний на початковому етапі створення ферми, особливо за умови усунення ризику заморів завдяки біотехнічним заходам – підкачуванню води, аерації тощо – і за наявності значних площ для нагулу. До товарних розмірів раки досягають переважно на третьому році життя. За достатньої кормової бази щорічний вихід продукції може становити 40–50 кг/га.

Перспективним напрямом у галузі є вирощування раків у ставкових господарствах у поєднанні з рибою. Раки як об'єкти полікультури мають чимало переваг. Вони є еврибіонтами, що підтверджується їхньою присутністю у водоймах із різними гідрологічними та гідрохімічними характеристиками.

Крім того, раки виконують санітарну функцію, поїдаючи залишки органічного походження та використовуючи корми, недоступні для риб. Основу раціону дорослих раків становить водна рослинність, зокрема кореневища й стебла жорстких видів. За результатами досліджень у цьоголітків, що вирощуються на природному кормі, у 92,9% шлунків знаходили рослинну їжу, а у 14,3% – тваринну.

Оскільки монокультурне вирощування раків вважається економічно недоцільним, більшість досліджень спрямовані на полікультурні системи. Випробування в Україні показали, що внесення раків до ставів дозволяє підвищити загальну продуктивність приблизно на 200 кг/га, навіть за умов високої щільності посадки риб. У дослідних ставках близько 30% особин досягали товарної маси вже на другому році життя.

Існує також думка, що при пасовищному типі вирощування, коли цьоголітків випускають навесні, а виловлюють через два роки, можна отримати до 400–450 кг/га товарної продукції.

Втім, сезонне вирощування у полікультурі з зимовим перепуском має суттєві труднощі: при спусканні ставку раки закопуються у мул, і зібрати їх практично неможливо. Частина молоді може загинути після осушення ложа. З огляду на це, доцільніше впроваджувати тривалий трирічний цикл вирощування або використовувати неосушувані водойми.

Годівля. При високій щільності посадки раків у водоймах необхідно забезпечувати додаткове підживлення. Як корм зазвичай використовують малозначущу рибу, м'ясні залишки, молюсків та інші продукти тваринного походження. Корм має бути свіжим і якісним – використання зіпсованих продуктів неприпустиме, оскільки це може негативно вплинути на епізоотичну ситуацію у водоймі. Рослинну їжу раки знаходять самостійно. Щоб уникнути забруднення залишками корму, його вносять на спеціальні кормові столики з бортиками висотою близько 4 см, які опускають на дно у вечірній час. Перевірку кормових столиків і заміну корму проводять раз на добу при температурі води нижче 20 °С і двічі на добу – при температурі вище 20 °С. Якщо корм залишається нез'їденим, об'єм годівлі слід зменшити. Кормові столики розміщують рівномірно по водоймі з інтервалом 150–200 м на глибинах 1,0–2,0 м. Годування починають навесні, коли температура води досягає 5–10 °С, і продовжують до замерзання водойми.

Добова кількість корму, яку споживає один рак, становить від 1 до 5% його маси. Самців годують раз на дві доби, самок – раз на три доби. За одне годування самка споживає в середньому 0,78 г корму, самець – 0,52 г.

Сезонна та добова активність живлення раків має велике значення для організації їх розведення. Пік активності припадає на періоди перед

розмноженням і линянням, а також відразу після линьки. Найменша активність спостерігається під час виношування ікри, появи потомства, а також у фазі линьки й твердіння нового панцира. Основним чинником, що визначає добовий ритм живлення довгопалих раків, є освітленість: у каламутній воді вони активні цілодобово, а в прозорій – лише у темний час доби.

Меліорація. Для забезпечення збереження раків у продуктивних, але мілких ільменях або озерах, що в посушливі роки можуть зазнавати зимових заморів, доцільно проводити меліоративні роботи – поглиблення окремих ділянок дна і створення зимувальних ям.

У невеликих ізольованих водоймах без притоку свіжої води взимку потрібно забезпечити додаткове насичення води киснем. Найпростішим методом є прорубування ополонки із вставленими в них пучками очерету чи хмизу. Ефективнішим і менш трудомістким варіантом є подача повітря або кисню через заморожені у лід форсунки зі знімними заглушками.

Для боротьби з надмірним заростанням водною рослинністю у нагульних водоймах навесні рекомендується запускати білого амура. Щільність посадки залежить від рівня заростання макрофітами.

Вороги раків. При культивуванні раків у водоймах важливо вживати заходів для зменшення кількості їх природних ворогів. Найбільшу загрозу становить окунь: в середньому у 9,1% проаналізованих шлунків цих риб виявляли залишки раків.

Оскільки вирощування раків передбачає високу щільність посадки, збитки від хижаків можуть бути істотними. У господарствах, що використовують пасовищний метод розведення, недоцільно зменшувати чисельність усіх хижих риб. Натомість, доцільно збільшувати популяції хижаків, які споживають окуня, зокрема щуки, судака, жереха та інших.

Хвороби раків. *Чума раків* – одне з найнебезпечніших захворювань, яке викликається паразитичним грибом. Ураження починається з кутикули в зоні анального отвору, на члениках ходильних ніг, а потім поширюється на нервову систему. Уражені раки виходять з укриттів навіть удень, пересуваються на витягнутих кінцівках, іноді перевертаються на спину. Очі у таких раків стають білястими через проростання міцелію. Загибель зазвичай настає протягом 1–2 тижнів. Хвороба швидко поширюється по водоймах завдяки наявності в циклі розвитку гриба двох видів спор – стійких нерухомих (ооспор) і рухомих (зооспор).

Інфекція може потрапити до нових водойм через птахів, рибальські знаряддя чи пересадку тварин. Специфічного лікування не існує.

Профілактичні заходи включають:

- заборону ввезення раків з інших регіонів;

- обов'язковий двотижневий карантин при штучному розведенні;
- дезінфекцію обладнання в 5%-му розчині мідного купоросу протягом 20 хвилин.

Іржаво-плямиста хвороба проявляється у вигляді темних, іржавих або чорних плям на хітиновому покриві. Часто в центрі плям утворюються виразки. Уражені раки мають непрезентабельний вигляд і часто гинуть при транспортуванні. Важкість захворювання залежить від якості водойми та стану популяції. Лікування не розроблено; запобігання – через ретельний добір здорових плідників.

Фарфорова хвороба викликається мікроспоридіями – паразитами, що вражають м'язову тканину. Ураження проявляється білим забарвленням м'язів черевця, при сильному зараженні – всього тіла. Такі раки не витримують транспортування. Захворювання досліджене недостатньо, засобів лікування не існує.

Облов нагульних водойм. Вилов товарних раків зазвичай розпочинають у липні і здійснюють у міру потреби. Найбільш оптимальним часом для збору вважається осінь, коли раки активніше потрапляють у пастки, мають привабливий вигляд і більшу масу.

Використовуються лише пасивні знаряддя лову, які не пошкоджують тварин. Серед типових пристроїв – раколовки різних конструкцій: бучі, вентері, верші, круги, хватки тощо.

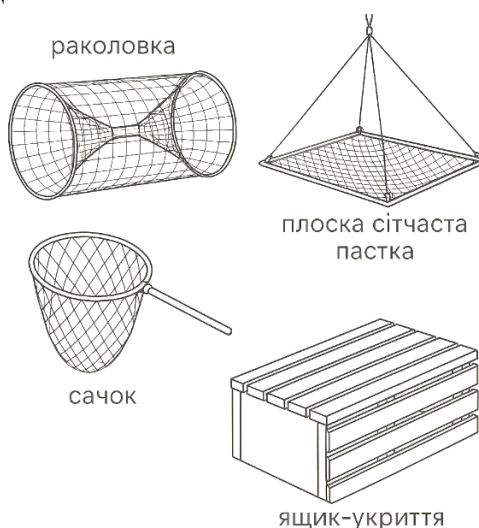


Рис. 5.12. Конструкції знарядь лову раків

Вибір знарядь лову залежить від умов промислу, характеристик водойми, наявності матеріалів для виготовлення раколовки і фінансових можливостей.

Як приманку використовують маловартісну рибу, м'ясні відходи або моллюсків без мушлі.

Обсяг потенційного вилову оцінюють за допомогою пробних обловів: розміщують 10 раколовок у різних частинах водойми на відстані 15–20 м одна від одної, на глибині приблизно 1,5 м. За результатами визначають середній вилов з однієї пастки, після чого, враховуючи площу водойми, розраховують потрібну кількість раколовок. Множенням цієї кількості на середній вилов отримують оцінку добового вилову.

Зниження добового вилову у невеликих річках і старицях становить $21,1 \pm 1,8\%$, в озерах – $12,5 \pm 1,3\%$, що дозволяє спрогнозувати загальну кількість товарної продукції.

Під час промислового лову. Раколовки встановлюють вздовж берегової лінії, дотримуючись відстані 15–20 м між ними і занурюючи на глибину 0,5–3 м. Перевіряють пастки двічі на добу – вранці та ввечері. При потребі стару приманку замінюють свіжою. Виловлених раків збирають у човен або у спеціальні ємності, після чого на березі проводять сортування. Особини, які не досягли товарного розміру, повертаються назад у водойму.

Зберігання та транспортування раків. Для накопичення необхідного обсягу товарних раків використовують садки розміром $2,0 \times 1,5 \times 0,5$ м, виготовлені з рейок, делі, сітки або іншого доступного матеріалу. Садки повинні мати належний водообмін, зверху закриватися деллю або мати кришку. Їх закріплюють на кілках чи поплавках на такій глибині, щоб від дна до садка залишалось 0,5 м.

Оптимальним середовищем для зберігання раків є незабруднена протічна річка або глибоке озеро з хорошими якісними показниками води. Щільність посадки визначається умовами: для забезпечення високої виживаності рекомендовано розміщувати раків в один шар, з розрахунку 200–300 особин на квадратний метр.

У садках дозволено підгодовування лише свіжими кормами, наприклад, свіжою або мороженою рибою – в такій кількості, щоб її спожили протягом доби. За добу до транспортування годівлю припиняють для очищення травної системи.

Після вилучення з води. Раки дихають атмосферним повітрям і залишаються живими, якщо зябра зберігають вологу. Завдяки панцирному захисту зябра довго не пересихають, якщо тварин тримати у прохолодному і затіненому місці. Під час транспортування їх слід захищати від прямих сонячних променів, протягів, високих температур і механічних травм.

Біонормативи вирощування довгопалих раків

Показники	Одиниця виміру	Параметри
Строки заготівлі плідників	місяць	квітень
Розмір самок	см	12–14
Маса самок	г	50
Робоча плодючість	ікринок	200–360
Норма посадки самок в інкубаційні басейни	шт. на м ²	50
Водообмін в басейнах	год	3
Температура інкубації	°С	25,0
Точність підтримання температури	°С	1,0
Частота годівлі	раз на добу	1
Раціон	компоненти	свіжа і морожена риба, моллюски
Норми годівлі самок	% від маси	0,5
Час годівлі	години	20–21
Чистка басейнів	раз на добу	1
Рівень води в басейнах	см	30
Водозабезпечення		замкнутий цикл
Витрати свіжої води	л/добу на модуль	120
Вміст O ₂	мг/л	7,5
Рівень рН		7,7–8,4
NH ₄	мг/л	0,12
NO ₂	мг/л	0,02
NO ₃	мг/л	0,5
CO ₂	мг/л	0,13
Відхід самок	%	1,5
Вихід личинок з ікри	%	70
Температура підросування личинок	°С	25,0–28,0
Частота годівлі личинок	на добу	3
Раціон		дафнії, рибний фарш, моллюски, комбікорм
Норми годівлі	% від маси	8–10
Час годівлі	години	7, 14, 21
Чистка басейнів	раз на добу	2
Вихід життєстійкої молоді від личинок	%	90
Спосіб транспортування		у вологому стані
Час транспортування	годин	до 6
Температура повітря	°С	20,0
Глибина нагульної водойми	м	1,5–3,0
Ступінь заростання рослинністю	%	менше 30
Щільність посадки	тис.. шт./га	26,5
Температурний режим водойми в літній період	°С	20,0–30,0
Вихід цьоголіток	%	25

Показники	Одиниця виміру	Параметри
дволіток	%	78
триліток	%	78
Розмір цьоголіток	см	4,3
дволіток	см	9,7
триліток	см	11,6
Продукція від однієї самки	кг	2,5

Транспортування. Раків упаковують у чисті дерев'яні, фанерні або пластикові ящики без сторонніх запахів. У стінках, дні та кришці роблять отвори для вентиляції. Раків укладають черевцем донизу, в декілька шарів, загальною висотою не більше 20 см. Найкращі результати транспортування досягаються при зниженій температурі: влітку – 10–15 °С, восени – приблизно 15 °С.

5.3. Технологія вирощування прісноводних раків у ставках

Вирощування прісноводних раків у ставках є одним з найпоширеніших способів культивування цієї тварини. Така технологія дозволяє наблизити умови до природного середовища існування раків і забезпечити стабільне отримання товарної продукції. Основною перевагою ставкового вирощування є порівняно низькі витрати на утримання та доступність необхідних ресурсів.

Для вирощування раків обирають ставки площею від 0,1 до кількох гектарів з глибиною 1,5–2 метри. Дно повинно бути глинистим або піщано-глинистим, з наявністю місць для укриття. Вода у ставку має бути чистою, прозорою, з достатнім вмістом кисню (не менше 5–6 мг/л) і температурою в межах 18–24 °С. Перед заселенням ставку рекомендується провести осушення, вапнування, очищення дна від мулу та рослинних залишків.

Заселення раками відбувається навесні або восени. Можна використовувати як статовозрілих особин, так і молодь. Оптимальне співвідношення статей – один самець на дві-три самки. Щільність посадки залежить від віку та розміру раків: для дорослих особин – 0,5–1 рак на квадратний метр, для молоді – до 3–5 раків на квадратний метр. У ставку обов'язково створюють укриття з каміння, гілок, труб або спеціальних конструкцій, які знижують рівень стресу та канібалізму серед раків.

Живлення раків у ставкових умовах може здійснюватися за рахунок природної кормової бази, але для підвищення приросту маси використовують додаткову підгодівлю. Згодовують варені овочі (морква, буряк, картопля), зернові (пшениця, кукурудза), залишки м'яса або риби. Годування здійснюють

2–3 рази на тиждень, залишки корму своєчасно видаляють, щоб уникнути забруднення води.

Розмноження у ставку відбувається природним шляхом. Самки восени відкладають ікру, яку носять на черевних ніжках до весни. Молоді раки після виходу з ікри деякий час залишаються з матір'ю, а потім починають самостійне життя. За потреби молодь відловлюють і пересаджують до інших водойм.

Упродовж усього сезону вирощування необхідно контролювати якість води, рівень кисню, температуру, стан дна, наявність водної рослинності. При необхідності проводять аерацію води, підпитку свіжою водою, очищення від зайвої рослинності. Також важливо вживати заходів захисту від хижаків – риб, птахів, видр.

Виллов раків здійснюється восени або вибірково впродовж сезону. Для цього використовують раколовки, сачки або ручний вилов. Оптимальна товарна маса рака – від 50 грамів. Після вилову раків тимчасово утримують у прохолодній воді, а потім реалізують живими або переробленими.

Технологія вирощування прісноводних раків у ставках є ефективною, екологічно безпечною та дозволяє отримувати стабільний дохід при правильній організації процесу.

Питання для самоперевірки

1. Які основні види прісноводних раків мають промислове значення в Україні?
2. У чому полягають переваги ставового методу вирощування раків порівняно з природними водоймами?
3. Які основні етапи включає біотехніка вирощування раків у ставках?
4. Як змінюється раціон годівлі раків у різні періоди їхнього розвитку?
5. Які особливості мають умови вирощування раків у установках замкнутого водопостачання (УЗВ)?
6. Які основні біологічні характеристики прісноводних раків, що впливають на технологію їх вирощування?
7. Які фактори впливають на тривалість інкубації ікри у раків?
8. Опишіть основні етапи інкубації ікри раків у штучних умовах.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Шекк, П. В., Бургаз, М. І. Аквакультура прісноводних і морських риб, моллюсків і безхребетних (відтворення і вирощування, світовий досвід): навчальний посібник. Ч. 1. Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2022. С. 177.
2. Шекк П. В., Бургаз М. І. Аквакультура прісноводних і морських риб, моллюсків і безхребетних (відтворення і вирощування, світовий досвід) : навчальний посібник. Ч. 2. Одеса : Одеський державний екологічний університет. 2023. С. 147.

Додаткова

1. Куновський Ю. В., Олешко О. А, Олешко В. П, Гейко Л. М., канд. с.- г. наук, Жорова А. В. асистент, Дідківська Г. П. лаборант. Культивування рибних об'єктів: методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт для студентів екологічного факультету за кредитно-модульною системою організації навчального процесу Ю. В. Куновський. Біла Церква. 2021. с. 57.
2. Практичні рекомендації щодо виробництва раків для створення додаткових порівняльних переваг на ринку. : Герасимчук В. В., Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М., Поплавська О. С. та ін. К.: АСТЕКС, 2019. 26 с.
3. Трофимчук А. М., Гриневич Н. Є., Присяжнюк Н. М., Хом'як О. А., Слюсаренко А. О., Михальський О. Р., Жарчинська В. С. Основи марикультури: методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» . Біла Церква, 2021. с. 80.

Навчальне видання

Бургаз Марина Іванівна
Сидорак Раїса Володимирівна

КУЛЬТИВУВАННЯ НЕРИБНИХ ОБ'ЄКТІВ

КУРС ЛЕКЦІЙ

для здобувачів спеціальності 207 Водні біоресурси та аквакультура

Електронне видання мережевого використання

В авторській редакції

Затв. авт. 25.07.2025. Шрифт Times New Roman.
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням
для читання файлів формату PDF.
Обсяг 2 МБ. Зам. № 2987.

Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
вул. Університетська, 12, м. Одеса, 65082, Україна
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua