

М.Б. Шилин
О.Л. Саранчова

ПОЛЯРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА



Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

М.Б. Шилин, О.Л. Саранчова

ПОЛЯРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

*Утверждено Редакционно-издательским советом
в качестве учебного пособия*



Санкт-Петербург
2005

УДК 574.62(211–17)

Шилин М.Б., Саранчова О.Л. Полярная аквакультура. – СПб, изд. РГГМУ, 2005. – 172 с.

ISBN 5-86813-146-2

Приведены подходы к развитию аквакультуры в северных акваториях. Описаны основные культивируемые виды и технологии их выращивания в условиях Севера. Анализируется опыт развития аквакультуры в Канаде, Норвегии и других северных странах, а также возможность его применения в Российской Федерации.

Книга рассчитана на студентов, специализирующихся по промышленной океанологии и охране природных вод, а также на специалистов, работающих в данных областях.

Рецензенты: Б.И. Сиренко, д-р биол. наук (Зоологический институт РАН),
Н.В. Максимович, д-р биол. наук (Санкт-Петербургский государственный университет)

Shilin, M.B., Saranchova, O.L. Polar aquaculture. A manual. St Petersburg, RSHU Publishers. – 172 pp.

The general approaches to aquaculture development in the northern regions are described. Basic cultivated species and technology of their cultivation in polar conditions are presented. Experience of the aquaculture in Canada, Norway and other polar countries is analyzed, and possibilities of using it in Russia are reviewed.

The manual is intended for senior students specializing in Fishery Oceanography and Natural Water Protection, as well as for experts working in these fields.

Книга издается при поддержке и участии:

Фонда Северных инициатив при Генеральном Консульстве Канады

Зоологического института РАН

Балтийского Фонда природы

Северного Форума

Фото 1, 31 представлены Р.Г. Чемякиным, фото 11, 12, 32, 33 – Н.Л. Плинком

ISBN 5-86813-146-2

© Шилин М.Б., Саранчова О.Л., 2005

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2005

Учебное издание

Шилин Михаил Борисович
Саранчова Ольга Леонидовна

ПОЛЯРНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

Учебное пособие

Редакторы: И.Г. Максимова, О.С. Крайнова

ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 24.02.05. Формат 60x90 1/16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ.л.9,4. Уч.-изд.л. 9,6. Тираж 200 экз. Заказ № 09
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «Лека», 195112, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 68.

*Нашим родителям,
которые всегда ждали нашего возвращения
с Дальних Северных морей, и всем тем замечательным людям,
которых мы в этих морях встретили и полюбили.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Когда в конце 1970-х гг. мы были студентами кафедры Гидробиологии Ленинградского государственного университета, нам казалось, что передовой край отечественной морской биологии проходит по линии «Мыс Картеш – о. Средний», являющей собой фактически вход в губу Чупа Кандалакшского залива Белого моря. На мысе Картеш, на Беломорской Биологической станции Зоологического института РАН Э.Е. Кулаковский, Б.И. Сиренко и Б.Л. Кунин как раз в это время начали работы по развитию марикультуры мидий в условиях Заполярья, опираясь на теоретические разработки в области изучения соленостных адаптаций морских организмов В.В. Хлебовича и В.Я. Бергера и теорию эволюции мидиевых поселений В.В. Луканина. Экспериментальная мидиевая ферма стала объектом водолазных исследований А.Н. Голикова. В это же время О.Ф. Иванченко был предложен способ инженерной поддержки размножения сельди-беломорки с помощью искусственных нерестилищ.

На о. же Среднем, где до Октябрьской революции размещался лесозавод купцов братьев Савиных, в опустевшем поселке, в деревянных избах – «лагутках» разместилась Морская биологическая станция Ленинградского университета. Усилиями сотрудников филиала лаборатории Зоологии беспозвоночных (ЗБП) В.В. Ошуркова, И.В. Оксова, А.И. Раилкина были проведены блестящие комплексные исследования сообществ обрастания. Идейным вдохновителем работ был заведующий лабораторией проф. Л.Н. Серавин. Возглавлял филиал ЗБП талантливый организатор, один из лучших менеджеров отечественной науки Ю.С. Миничев. Водолазная группа в составе «первых лагутчиков» А.Е. Анцулевича и Л.Ю. Бугрова проводила уникальные подводные наблюдения за гидробионтами в их естественной среде. Серию тонких лабораторных экспериментов провели Л.А. Евдонин и Н.П. Лутов.

В это же время сотрудники кафедры Гидробиологии Н.В. Максимович и С.М. Чивилев начали развивать продукционный подход в

изучении популяций моллюсков и полихет, опираясь на теоретические разработки А.Н. Голикова.

Сама губа Чупа была практически превращена в научно-исследовательский полигон для работ по Проекту «Белое море», руководителем которого был в то время директор Зоологического института О.А. Скарлато, а основными координаторами – А.П. Алексеев и В.Г. Кулачкова. Промышленность представляли ПО «Карелрыбпром», «Севрыба» и Беломорская база Гослова (руководители И.С. Киприянов, М.И. Каргин, Б.Г. Житный – в настоящее время министр рыбного и сельского хозяйства Карелии и др.). Интерес к событиям, происходившим в губе, был настолько велик, что режиссер студии «Леннаучфильм» И.З. Войтенко снял два «настоящих кино про науку» – «Операция МИДИЯ» и «Белое море – не белое пятно».

Нам посчастливилось знать этих замечательных людей не только по научным публикациям, но и работать с ними, сидеть за общим столом, петь с ними морские песни и учиться у них любви к Северу и людям Севера. Напряженную, тяжелую работу в море они умели сочетать с искрометными застольями, собиравшими в «лагутах» весь персонал биостанции. За круглым столом обсуждались не только научные вопросы, но и актуальные проблемы политики, философии и искусства. Керетский архипелаг, лежащий на линии «Мыс Картеш – о. Средний», был неформально переименован ими в Архипелаг Гуляк.

Изменения, прошедшие за последние четверть века в российском обществе, не могли не затронуть «лагутчиков». Андроповские сокращения персонала академических институтов, черненковско-сусловские идеологические гонения, горбачевская перестройка, распад всей системы советской науки проехали по северным биостанциям, как будто тяжелый асфальтоукладчик. Закрылся Проект «Белое море». Оставили науку многие исследователи, составлявшие в те годы ее гордость. Ушли из жизни ученые, которые когда-то представлялись нам, студентам, бессмертными: В.В. Ошурков, Ю.С. Миничев, Э.Е. Кулаковский. Уехала в Германию «хозяйка» гидробиологического филиала Алена Лутова.

Однако развитию аквакультуры был дан мощный толчок. Успешно развивается садковое товарное рыбоводство. Повсеместно на Беломорье в виде небольших фермерских хозяйств организуются плантации мидий и морской капусты.

Л.Ю. Бугров вместе с супругой Людмилой основал фирму «Садко – Шельф», занимающуюся проектированием, изготовлением и обслуживанием морских садковых комплексов для разведения рыбы.

С 1991 г. на кафедре Промысловой океанологии и охраны природных вод нами читается курс «Основы аквакультуры». Учитывая современную геополитическую ситуацию, основной уклон в курсе делается на изучение методов полярной аквакультуры, в развитии которой существует реальная необходимость. Практические занятия по курсу проводятся во время летней полевой практики на Белом море в губе Палкина на базе ПИНРО.

С 1996 г. в прибрежной зоне Кандалакшского залива (включающей губу Палкина) развивается пилотный проект ЮНЕСКО «Развитие стратегии планирования устойчивого развития прибрежной зоны северных морей России». Проект направлен на развитие методов Комплексного Управления Прибрежной Зоной (КУПЗ) на Севере России и уделяет основное внимание проблеме организации взаимодействия между различными берегопользователями.

Одним из важнейших берегопользователей рассматриваемого проектного района являются фермерские хозяйства по садковому выращиванию лососевых в прибрежной зоне. В ходе развития Проекта ЮНЕСКО, его мониторинга и оценки результатов накоплен уникальный опыт взаимодействия представителей аквакультуры с местным населением, властями и другими берегопользователями.

14–20 июня 2002 г. Комиссия Отдела Прибрежных Зон и Малых Островов ЮНЕСКО посетила район действия проекта. В программу работы Комиссии вошли посещение Кандалакшского рыбоводного завода (фото 1), Беломорской Базы ПИНРО – центра изучения морской среды, а также рыбоводной фермы "Ударник" (фото 2).

Комиссия сочла необходимым включить указанные предприятия и учреждения, связанные с развитием аквакультуры, в список приоритетных объектов прибрежной зоны Кандалакшского залива, учет деятельности которых важен для развития устойчивого подхода к планированию экологически грамотной эксплуатации биологических ресурсов.

Авторы выражают сердечную признательность Н.К. Воробьевой, Л. Бугрову и Л. Бугровой за регулярные консультации по практическим аспектам садкового рыбоводства, С.Е. Ключкову и А.Н. Шашек за компьютерную поддержку.

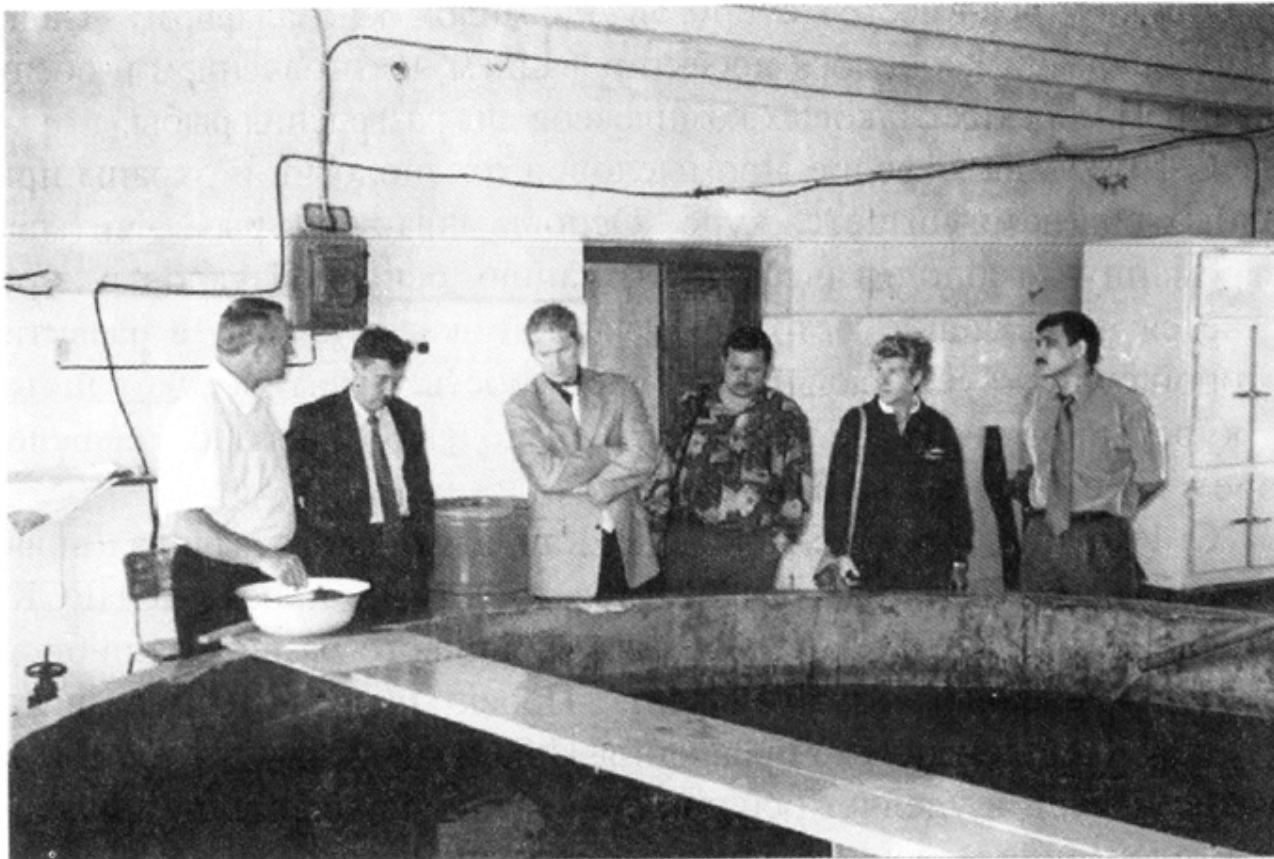


Фото 1. Комиссия ЮНЕСКО посещает Кандалакшский рыбоводный завод



Фото 2. Товарищеский ужин на рыбоводной ферме "Ударник"

Часть 1.

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ АКВАКУЛЬТУРЫ

1.1. Знакомство с аквакультурой

Увеличение антропогенного пресса на водоемы, перелов многих промысловых видов гидробионтов имеют своим следствием сокращение естественных ресурсов рыб и водных беспозвоночных. В полной мере это относится к полярным морям, где в последние десятилетия XX в. в неудовлетворительном состоянии оказались запасы основных видов промысловых рыб: сельди, трески, мойвы, атлантического лосося, большинства сиговых и др. В связи с кризисными явлениями в популяциях главных промысловых объектов усилилось давление промысловиков на «дополнительные» объекты промысла: пикшу, морского окуня, камбаловых рыб. В традиционных местах промысла резко сократилась площадь зарослей бурых водорослей. Кризисные явления охватили поселения моллюсков. В Белом море отмечаются случаи гибели мидиевых банок. Практически нерентабельным стал промысел гребешков.

Эффект снижения продукции рыб и морских беспозвоночных передается по пищевым цепям на верхние этажи экологической пирамиды и приводит к сокращению численности морских млекопитающих и птиц. Резко упала численность северной олуши (*Sula basana*), по словам Дж. Одюбона, одной из самых красивых морских птиц. Дело в том, что состояние популяций этой рыбацкой птицы главным образом зависит от запасов сельди и трески.

Символ Фарерских о-вов – кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*) – повсюду в своем ареале становится все более редок (рис.1). Эта милая пестрая птичка кормится в основном моллюсками, которых вытаскивает из мягкого ила и легко раскусывает своим длинным и крепким красным клювом. Сокращение численности моллюсков подрывает пищевую базу куличков, и через пару десятилетий они могут сохраниться только на кофейных чашечках в сувенирных лавках фарерского города Торсхавн.

Особенно острый кризис охватил популяции промысловых (или бывших когда-то промысловыми) видов китов и тюленей. Почти полностью истреблены человеком гренландский кит и нарвал, сократил площадь своего ареала морж. «Трагедией моря» называет канадский писатель-натуралист Фарли Моуэт полное ис-

требление стеллеровой морской коровы и бескрылой гагарки – видов, обладавших всеми потенциальными свойствами для того, чтобы быть одомашненными человеком.



Рис. 1. Кулик-сорока на берегу Белого моря.

Резкое сокращение биоресурсов обуславливает необходимость развития аквакультуры, под которой понимается получение биологической продукции путем культивирования (выращивания) водных организмов – гидробионтов. Деятельность по разведению промысловых водных организмов (водорослей, моллюсков, ракообразных, рыб и др.) в целом аналогична сельскому хозяйству, но осуществляется в водоемах: морях, эстуариях, озерах и т.д. Культивирование гидробионтов в морях и эстуариях составляет предмет марикультуры. Мы видим, что марикультура представляет собой часть аквакультуры.

По сравнению с рыболовством и промыслом, аквакультура представляет собой принципиально иной вид деятельности. Там усилия человека направлены на простое изъятие части биологических ресурсов (хотя и регулируемое установлением квоты, места, сроков добычи и размерного состава промысловых объектов). Аквакультура же предполагает управление объектом выращивания хотя бы на одной стадии его жизненного цикла непосредственно

или путем воздействия на среду обитания. Благодаря этому аквакультура ломает традиционное отношение природопользователей к гидросфере как к месту охоты и собирательства.

Аквафермы становятся зонами разработки новых, экологически обоснованных способов хозяйствования. Занятие аквакультурой подразумевает одновременное облагораживание, постоянную мелиорацию районов расположения акваферм. У водных фермеров развивается хозяйское, рачительное отношение к эксплуатируемой экосистеме, которая становится не только местом получения урожая, но и "малой родиной", домом для нескольких поколений лиц, вовлеченных в производственный процесс. Аквакультура является, таким образом, одним из важнейших элементов современного комплексного природопользования.

Преимуществами аквакультуры по сравнению с промыслом является приуроченность к определенному месту, предсказуемость урожая, круглогодичная занятость обслуживающего персонала, возможность выбора коммерчески наиболее выгодного объекта культивирования, т.е. большая управляемость процессов, направленных на достижение поставленной цели. Существенным же недостатком аквакультуры является значительная величина «точечной» (локальной) нагрузки на природные водные экосистемы. Данный недостаток может быть преодолен путем направленного формирования природно-технической системы (ПТС). Компонентами ПТС в данном случае будут: инженерно-техническое устройство для выращивания объекта культивирования (например, садок) и водная экосистема (гидроэкосистема), между которыми должен осуществляться устойчивый обмен энергией, веществом и информацией, контролируемой человеком.

Аквакультура – область человеческой деятельности, и в то же время, научная дисциплина. Она включает теоретическую составляющую, основанную на знании биологии культивируемых объектов и основных закономерностей функционирования живых систем, а также практические разработки и методы. Главной, «конечной» целью аквакультуры как научной дисциплины является создание устойчивой природно-технической системы (ПТС), которая обеспечит наиболее экологически безопасные взаимодействия природных и антропогенных объектов, а также будет способствовать получению стабильно высокого и предсказуемого урожая. Формирование устойчивой ПТС требует глубокого анализа экологической ситуации. При

этом должны быть рассмотрены все возможные формы взаимодействий антропогенных объектов и природной гидроэкосистемы.

Учитывая геополитическую и экологическую обстановку, оптимальный район для аквахозяйств в настоящее время – район северо-запада России, включающий пресные акватории Карельского перешейка, переходящие в морские Белого и Баренцева морей.

1.2. История аквакультуры

Аквакультура имеет давние традиции. Так, разведением карпа в пресноводных озерах и прудах в Китае занимаются по меньшей мере 4000 лет. Не менее 3,5 тыс. лет в Японии выращивают устриц на приливных участках морского берега. Аристотель упоминал о возможности их выращивания в древней Греции. В Риме устриц выращивали в садках. Лишь немногим короче история выращивания креветок в солоноватоводных прудах и небольших морских заливах Юго-Восточной Азии. Жители Вьетнама, Китая, Японии издавна употребляют в пищу морепродукты: бурую водоросль ламинарию, голотурию (трепанга) и др., а также используют их для приготовления лекарственных препаратов. При этом они осуществляют мелиорацию прибрежных экосистем, вносят в воду удобрения, отлавливают хищников, снижающих урожай, и т.п.

4000 лет назад по берегам Белого моря, только недавно освободившимся от ледника, охотники и собиратели неолита выкладывали из камней сложные лабиринты. Некоторые из этих сооружений дошли до наших дней (рис. 2). Хотя точное предназначение лабиринтов остается неизвестным, одна из гипотез предполагает, что это были примитивные ловушки-садки для рыбы [14]. Попавшая в лабиринт во время прилива рыба содержалась и подращивалась там. Так или иначе, водное фермерство является одним из древнейших занятий человека.

Однако серьезное внимание специалистов по получению пищевого белка эта отрасль человеческой деятельности стала привлекать лишь в последние 25–30 лет благодаря быстрому прогрессу технических средств, делающих возможным интенсивное хозяйствование в водоемах. Объем продукции, получаемой в условиях аквакультуры, ежегодно возрастает. Если в 1980-х гг. доля аквакультуры составляла 5% мирового урожая, а в 1990-х – 15%, то в 2000 г. доля аквакультуры в мировом объеме культивирования превысила 20%. В абсолютном выражении это около 25 млн. т съедобной биомассы. Объективной предпосылкой этого показателя является исключительно высокая про-

дуктивность отдельных хозяйств. Например, плантации двустворчатого моллюска мидии способны давать до 300 т, морской капусты ламинарии – 100–200 т биомассы на 1 га. Продукция высокоэффективных креветочных хозяйств составляет в среднем 3 т на 1 га.



Рис 2. Лабиринт в районе г. Кандалакша

Наиболее успешно прогрессирующими областями аквакультуры являются: в морских водах – лососеводство; в эстуарных – выращивание креветок; в пресных – карповодство. Как видно из рис. 3, урожай аквакультуры, выраженный в тоннах, составляют в основном рыбы (52,7%), водоросли (23,5%), моллюски (18,7%) и ракообразные (4,9%). В денежном отношении доля культивируемых организмов составила: для рыбы – 56,9%, для водорослей – 13,7%, для моллюсков – 10,8%, для ракообразных – 18,5%.

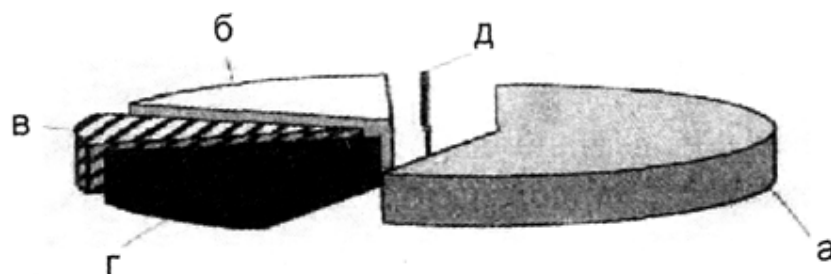


Рис. 3. Продукция аквакультуры в тоннах: а– рыбы, б – водоросли, в – моллюски, г – ракообразные, д – прочие (данные за 1991 г.)

Более подробное представление о наиболее значимых объектах собственно аквакультуры можно получить из рис. 4.

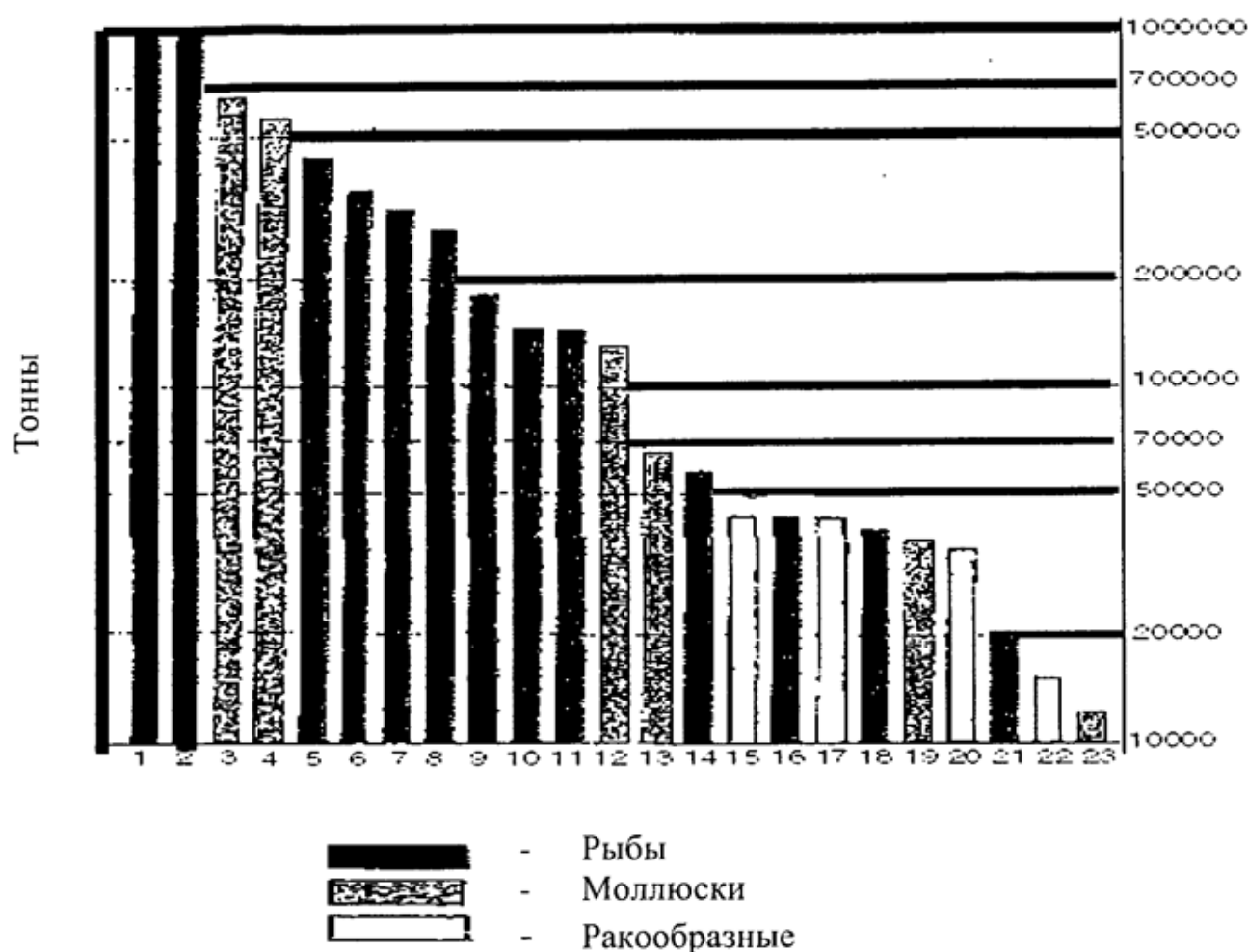


Рис. 4. Продукция массовых видов аквакультуры, тонны [42].

На рис. 4 отражены показатели объема вылова 23 важнейших культивируемых видов. Наибольшие значения отмечаются для серебристого и мраморного карпов, за ними следуют тихоокеанская устрица, мидия и сазан. Далее отмечены различные виды рыб, в середине списка представлены американская устрица и средиземноморская мидия. В последней трети списка наряду с рыбами и моллюсками можно отметить ракообразных – широкопалого рака и три вида креветок.

1.3. Распределение аквакультуры по географическим регионам

Представляет интерес анализ распределения зон аквакультуры по различным районам мира. Здесь традиционно лидируют страны Азии и Океании (свыше 80% от мирового объема вылова), что обусловлено их географическим положением (хорошей прогреваемостью водоемов и, соответственно, высокой скоростью роста водных организмов), протяженностью и изрезанностью береговой линии, большим числом внутренних водоемов, историческими и культурными особенностями, а также сложившимся в течение многих столетий экономическим укладом, ориентированным на аквакультуру. Хотя основным направлением аквакультуры в этих странах остается пищевое, объекты культивирования использовались и как техническое сырье, традиционно применяемое в быту живших там народностей. Главным образом, использовались раковины моллюсков – как для создания украшений и добычи жемчуга, перламутра и пурпура, так и для изготовления оружия (крючки, стрелы, топоры, пилы, ножи и т.д.), и даже музыкальных инструментов. В странах Океании раковины-каури выполняли роль денег. 300 лет назад 2–3 пригоршни каури составляли цену одного невольника. Раковины культивируемых моллюсков до сих пор используют как строительный и балластный материал, перемалывают на муку для домашней птицы. В ряде стран Азии они служили удобрениями наряду с добываемыми на литорали бурыми водорослями, такими, как фукус и аскофиллум.

Мы видим, что в странах с теплым климатом аквакультура традиционно играет существенную роль. В северных же странах эксплуатация водных ресурсов, напротив, осуществлялась главным образом путем охоты и собирательства. Промысел "морского зверя" – китообразных и ластоногих морских млекопитающих – неотъемлемый компонент культуры всех северных приморских народов. Охота на китов, моржей, белух и нарвалов нашла отражение в многочисленных произведениях искусства. Это и резьба по "кости" – моржовому бивню, и вышивка бисером, и вышедшие из охотничьих рассказов легенды и сказания. Не меньшей сноровки и знаний требовал, очевидно, и промысел рыб, из которых наибольшее значение имели проходные, ловившиеся во время захода на нерест в реку.

Природные популяции беспозвоночных животных также подвергались эксплуатации. Об интенсивном использовании запасов двусторчатых моллюсков говорят обнаруженные в местах стоянок первобытных людей кучи пустых раковин съедобных мидий. Перламутровый слой раковин использовался для инкрустаций, украшения одежды и оружия. По берегам крупных рек велся промысел речного северного жемчуга, которым особенно славилось русское Беломорье. В реках Варзуга, Кереть, Кемь ловкие ныряльщики добывали идеально круглый "покатный", или «скатный» жемчуг, которым украшались и без того яркие северные иконы. Однако ни один из ключевых промысловых видов не выращивался на Севере в условиях аквакультуры.

Успешный опыт культивирования гидробионтов в теплых странах объясняется благоприятными условиями для получения хорошего урожая в короткий промежуток времени. При высокой температуре воды гидробионты быстро набирают вес и достигают товарного размера гораздо скорее, чем в холодных водах арктических морей. Кроме того, в связи с высоким уровнем биологического разнообразия в субтропических и тропических водоемах список культивируемых и потенциально пригодных для культивирования видов здесь очень широк. Вернувшись к рис.4, мы увидим, что основную массу видов, представляющих интерес для аквакультуры, составляют выходцы из теплых морей.

Вместе с тем, в традиционных для аквакультуры субтропических и тропических регионах экологический потенциал эксплуатируемых водоемов практически исчерпан. Все экосистемы, сколько-нибудь пригодные для аквакультуры, уже эксплуатируются. Не случайно взоры экспертов все чаще обращаются к новым, малоосвоенным акваториям. Развитие полярной марикультуры представляется в этой связи чрезвычайно перспективным направлением. Определенные успехи здесь уже достигнуты. Например, разработанные в последние десятилетия XX в. биотехнологии выращивания лососевых рыб в холодной воде позволили сделать настоящий прорыв в области садкового лососеводства. Объем получаемой продукции оказался столь велик, что цены на мясо лосося повсеместно в Европе существенно снизились: рынок оказался насыщен деликатесным продуктом. "Ноу-хау" разработанных в Канаде и на севере Европы технологий освоены также в Австралии, Новой Зеландии,

Чили, Аргентине – т.е. во всех странах, обладающих достаточно длинной береговой полосой и лежащих хотя бы частично в зоне умеренного и холодного климата (лосось – холодолюбивая рыба!). Налицо не просто успех, а экспансия полярной марикультуры, а ведь это только ее первые шаги! Мы видим, что несмотря на очевидные преимущества теплых стран, перспективность полярных регионов для развития марикультуры нельзя недооценивать.

1.4. Перспективы полярной аквакультуры, ее объекты и задачи

Ожидается, что в XXI в. гидросфера станет местом наиболее активной человеческой деятельности и благодаря аквакультуре, использующей опыт многих поколений, будет давать людям неизмеримо больший урожай, чем сегодня. Основными факторами, определяющими прогресс и перспективы развития аквакультуры в XXI в., являются:

- разнообразие гидроэкосистем, пригодных для аквакультуры;
- широкий список потенциальных объектов культивирования;
- возможность направленного формирования и облагораживания прибрежных биоценозов;
- отсутствие затрат на транспорт (по сравнению с промыслом).

Все эти факторы в полной мере действуют и в полярных условиях. Кроме того, здесь проявляются дополнительные преимущества, специфические для северных экосистем. Основными преимуществами культивирования гидробионтов в условиях полярной аквакультуры являются:

- относительная незагрязненность северных водоемов (объясняемая главным образом низкой плотностью населения в береговой зоне);
- значительный запас естественных биотопов (изолированных от волнового воздействия фиордов, заливов и бухт), пригодных для размещения акваферм;
- высокая рыночная стоимость продукции, относящейся к категории деликатесов (лосось, форель, камчатский краб, ламинария сахаристая и др.);
- наличие квалифицированной рабочей силы.

Нельзя не отметить, что водные животные, по сравнению с наземными, в принципе, обладают рядом преимуществ для разведения.

1. Плотность их тела примерно равна плотности воды, благодаря чему они избавлены от необходимости тратить энергию на поддержание тела в пространстве и расходуют ее исключительно на рост.

2. Рыбы и водные беспозвоночные не тратят энергию на терморегуляцию, так как являются холодноводными организмами, что еще больше увеличивает потенциальную скорость роста (например, у карпа использование пищи на рост на единицу потребленного корма происходит в 1,5 раза быстрее, чем у свиней и кур, и в 2 раза быстрее, чем у крупного рогатого скота и овец). В связи с этим уместно вспомнить шутку Вальтера Нернста – первооткрывателя основных начал термодинамики. Известный физик утверждал, что разводить теплокровных животных – это значит, за свой счет нагревать пространство. С этой точки зрения аквакультура энергетически гораздо менее расточительна, чем сельское хозяйство (в особенности – животноводство).

3. Водная среда позволяет выращивать организмы в трехмерном пространстве. Рекордные урожаи в аквакультуре получены при использовании именно трехмерных выростных систем. Инженерные устройства, применяемые, например, для выращивания водорослей или моллюсков в водной толще, позволяют полностью использовать весь занимаемый объем воды для получения биопродукции.

4. Водная среда отличается большей стабильностью (консервативностью) по сравнению с наземной, что позволяет с более высокой степенью вероятности прогнозировать урожай.

При выборе объекта аквакультуры необходимо иметь в виду, что культивируемые гидробионты имеют общие биологические особенности, делающие рентабельными их выращивание. Таковыми являются следующие признаки.

1. Крупные размеры.
2. Высокая общая численность в природе.
3. Способность образовывать скопления и существовать в условиях скученности (повышенной плотности поселения).

Сложились два принципиально различных подхода к использованию культивируемых объектов, решающих задачи использования как получаемых из них продуктов, так и самих живых организмов.

Использование продукции аквакультуры

Продукцию аквакультуры можно подразделить на пищевую, кормовую и техническую [28].

Пищевая аквакультура

Продукты из морских организмов отличаются высокими вкусовыми качествами, низкой калорийностью и благоприятным для здоровья человека химическим составом. Водоросли содержат также необходимый для организма человека набор минеральных веществ и витаминов, продукты из них являются эффективными сорбентами токсических металлов и радионуклидов. Многие организмы употребляются в пищу сырыми или при минимальной кулинарной обработке.

Среди продуктов пищевой аквакультуры лидируют рыбы, за ними следуют моллюски, в первую очередь – двустворчатые. Это уже упомянутые устрицы и мидии, а также гребешки, петушки, сердцевидки и прочие, культивируемые практически во всем мире. Культивируют также брюхоногих моллюсков родов литторина, морское ушко, ковчег, турбо и др. Головоногие моллюски – осьминоги, кальмары и каракатицы являются в большей степени объектами промысла, нежели культивирования. В условиях полярной марикультуры ключевым видом может стать съедобная мидия (*Mytilus edulis*).

Среди ракообразных разные виды креветок – излюбленные объекты культивирования в целом ряде стран. Культивируются также речные раки, омары и лангусты, экспериментально выращиваются крабы. Для целей полярной марикультуры потенциально перспективным объектом является омар, однако только в умеренно холодных водах, например, в Баренцевом море (куда заходят последние веточки теплого течения Гольфстрим). Ключевым же видом в настоящее время является камчатский краб (*Paralithodes camtschatica*), успешная акклиматизация которого на Мурмане может быть расценена как первый, начальный этап марикультуры (подробнее см. ниже).

Из других беспозвоночных следует упомянуть иглокожих. Это прежде всего голотурии родов стихопус и кукумария, или трепанги. Не вызывает сомнения, что разведение голотурий, или «морских

огурцов», как их называют в приморских странах, может стать важным направлением полярной марикультуры. Вареные «морские огурцы» употребляются в пищу в свежем и консервированном виде, а по рецептам китайской кухни высушиваются на солнце. У других иглокожих – морских ежей родов эхинус, стронгилоцентротус и других в пищу употребляют икру в свежепросоленном виде. Заготовка икры морских ежей в настоящее время ведется на Мурманском побережье Баренцева моря, откуда она переправляется в Москву и Санкт-Петербург в сеть китайских, японских и корейских ресторанов. Опыты по выращиванию морских ежей в условиях полярной марикультуры начаты в самое последнее время. Обычно растительноядных ежей подсаживают в садки к выращиваемой рыбе, где они соскабливают водорослевый налет с сетки, производя таким образом дополнительную санитарную работу, выполняя роль чистильщиков.

В 1960–70-е гг. перспективным объектом пищевой аквакультуры считалась одноклеточная водоросль хлорелла. Производимый ею белок предполагалось использовать в качестве добавок в пищу космонавтов во время длительных космических полетов. В настоящее время эксперименты в данном направлении прекращены, возможно, в связи со сворачиванием большинства программ по освоению космоса.

Кормовая аквакультура

Кормовые гидробионты – это микроводоросли, коловратки и моллюски, культивируемые в качестве пищи для рыбопосадочного материала – молоди ранних стадий развития. В некоторых случаях кормовых гидробионтов выпускают в рыбоводные пруды, озера, отгороженные фиорды, что по сути напоминает кормление рыб в аквариуме живым кормом.

Многие гидробионты используются в качестве корма в животноводстве, птицеводстве и рыбоводстве. Водоросли и морские беспозвоночные поступают в пищу домашним животным (крупному рогатому скоту) целиком или в виде кормовых добавок. Измельченные раковины моллюсков добавляются в корм для птиц на птицефермах.

Моллюски, ракообразные, черви часто применяются в качестве приманки при спортивном и коммерческом промысле – для наживления крючковых сетей и ловушек. Это может быть промысел как

хищных беспозвоночных (моллюски трубачи, кальмары), так и рыб. Жители поморских сел на Русском Севере издавна занимаются добычей морского червя – пескожила (*Arenicola marina*), являющегося превосходной наживкой при ловле рыбы. Закапывающийся в песок крупный червь промышляется на обсыхающей литоральной полосе во время отлива (рис. 5, 6).



Рис. 5. Промысел пескожила в куту Кандалакшского залива

Там же и с той же целью добывают песчаную ракушку (*Mya arenaria*). На поморском рыбацьем сленге мию называют "писун", так как эти моллюски способны с силой выбрасывать из выводного сифона струю воды. Наживкой при рыбной ловле служит обычно именно мягкий сифон мии. Наконец, рыбаки запасаются впрок таким видом наживки, как nereis – крупным многощетинковым червем. Это *Nereis pelagica*, которого легко собрать на мидиевой банке или среди обрастаний, и *Nereis virens*, поднимающийся к поверхности в период нереста.

Техническая аквакультура

Техническая аквакультура – это выращивание гидробионтов для решения инженерно-технических вопросов, и прежде всего –

для получения технического сырья самого различного назначения. Получаемые из гидробионтов химические соединения используются в пищевой, текстильной, кожевенной, лакокрасочной и многих других областях промышленности.



Рис. 6. Червь-пескожил – отличная наживка для ловли рыбы.

Основными заказчиками такого сырья выступают кондитерская и медицинская отрасли промышленности, практически в неограниченном количестве потребляющие агар и альгинаты водорослей, гидролизат мидий и т.д. (данные виды сырья с наибольшим успехом получаются именно в условиях полярной аквакультуры). Продукты из морских организмов вводятся в оздоравливающие диеты. Кроме того, осуществляется добыча из них специальных препаратов, находящихся применение в медицине и ветеринарии.

Кроме того, раковины культивируемых моллюсков часто применяются в качестве строительного или балластного материала (например, в составе дорожного покрытия), а также перемалываются на кормовую муку для использования на птицефермах. В ряде северных стран для изготовления кормовой муки для домашней птицы употребляются морские звезды рода астериас (*Asterias*), которых вылавливают вдоль мидиевых и устричных банок, где наблюдаются массовые скопления этого хищника, привлекаемого обилием дос-

тупных для питания моллюсков (рис. 7). Объекты аквакультуры не выращиваются специально для получения удобрений, для этого в приморских странах традиционно используют отходы переработки гидробионтов и штормовые выбросы водорослей.

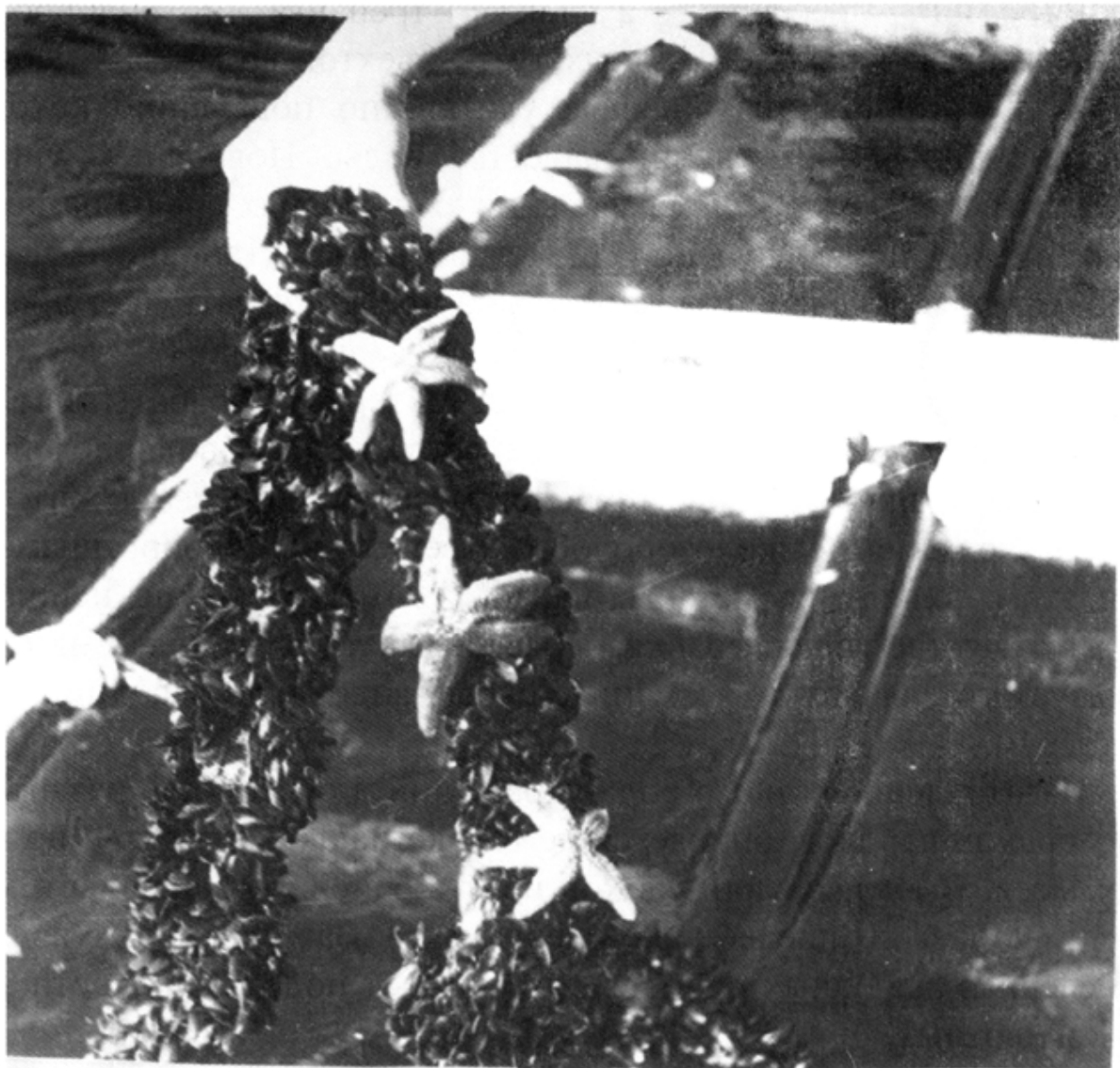


Рис. 7. «Нашествие» морских звезд на мидиевую ферму.

Далее, в последние годы чрезвычайное развитие получило культивирование гидробионтов – эффективных поглотителей загрязняющих веществ в системе очистки вод. К ним относятся одноклеточные водоросли, составляющие основу "активного ила" в биологическом звене очистных сооружений. Кроме того, в качестве "живых насосов" по поглощению из воды загрязняющих веществ перспективно использовать крупные водные растения – макрофиты (камыш, тростник).

Наконец, интересным направлением развития технической аквакультуры является культивирование гидробионтов, используемых в качестве тест-объектов при экологической экспертизе качества воды, например, содержания тяжелых металлов в тканях моллюсков (мидии, мии, гресбешка), а также трепанга и водорослей-макрофитов. В качестве удобных тест-объектов во многих лабораториях культивируются водяные улитки, по поведению которых можно судить об изменении качества воды. Поведение улиток-береговушек рода *Littorina* в меняющихся условиях среды на Белом и Баренцевом морях изучено В.Б. Погребовым. Установлено, что по изменениям в поведении улиток можно предсказывать наступление периодов штормовой погоды, выпадение осадков и др.

В настоящее время представляет интерес разрабатываемая в более теплых морях технология переработки бурых водорослей для целей энергетики. В основе технологического процесса лежит процесс разложения целлюлозоподобных веществ микроорганизмами. При этом получается метан ("биогаз"), который можно использовать в качестве горючего или перерабатывать в этанол. Виды, используемые для этого, – крупные бурые водоросли макроцистис и саргассум.

Изготовление разного рода украшений и сувениров, развитое у приморских народов, опирается не только на аквакультуру, но и на промысел. В южных морях в ход идут в основном кораллы и моллюски, производящие жемчуг и перламутр). Важную роль в изделиях северных народных промыслов занимают поделки из кости морских животных.

Использование живых организмов

Океанариумы, дельфинарии, научные лаборатории

Живые организмы используются, как правило, в учебных или научных целях в разного рода океанариумах или научных лабораториях. Происходит постоянное пополнение существующих в различных странах больших коммерческих морских аквариумов, а также частных любительских аквариумов и аквариумов школ и различных исследовательских лабораторий. Некоторые морские беспозвоночные представляют собой уникальные объекты таких исследований. Например, кальмары и головожаберные моллюски обладают

гигантскими нейронами, не заменимыми в экспериментах по электрофизиологии. Развивающиеся яйца морских ежей – ценнейший объект биологии развития и молекулярной биологии. Не случайно среди эмбриологов популярно двустишие:

Без морского без ежа
Всю науку съела б ржа!

Что касается коммерческих аквариумов, то такие аквариумы, или океанариумы имеются сейчас практически в каждом европейском городке, расположенном на берегу моря. В нашей стране примером океанариума, успешно работающего в Заполярье, является Мурманский океанариум. Его особенностью является наличие в числе демонстрируемых животных типичных обитателей морей Северного Ледовитого океана – нескольких видов тюленей, а также полярных дельфинов – белух. Белухи вообще хорошо живут в океанариумах. В нашей стране они демонстрируются в океанариумах ПИНРО (г. Мурманск), ТИНРО (г. Владивосток), а также в Утришском дельфинарии Санкт-Петербурга, где белуха Михей по команде прыгает из воды одновременно с дельфинами, вступает в диалог с дрессировщиком и фотографируется с детьми (рис. 8).

Белухи чрезвычайно общительны, легко идут на контакт с человеком, пытаются "разговаривать" с посетителями океанариумов. За большой набор звуковых голосовых сигналов белуху прозвали "морской канарейкой". Из истории водных цирковых программ известно, что еще в 1861–1862 гг. в "Аквариан Гардэн" (Нью-Йорк) белуха в упряжке водила экипаж (Вуд, 1979). В специальном помещении Дуйсбургского зоопарка – "валярии" (от "вал" – "кит") более 10 лет развлекает публику огромная белуха Фердинанд (рис. 9).

Производители для искусственного разведения

В аквакультуре часто производителей необходимо отбирать в естественных популяциях – либо всех, согласно схеме культивирования, либо частично, для возобновления родительского поголовья, утраченного в результате естественной смертности. Это касается как водных беспозвоночных, так и рыб. В частности, на Белом море все лососевые заводы для получения икры используют производителей, отловленных в естественных популяциях.



Рис. 8. Белуха Михей – звезда дельфинария (Санкт-Петербург)

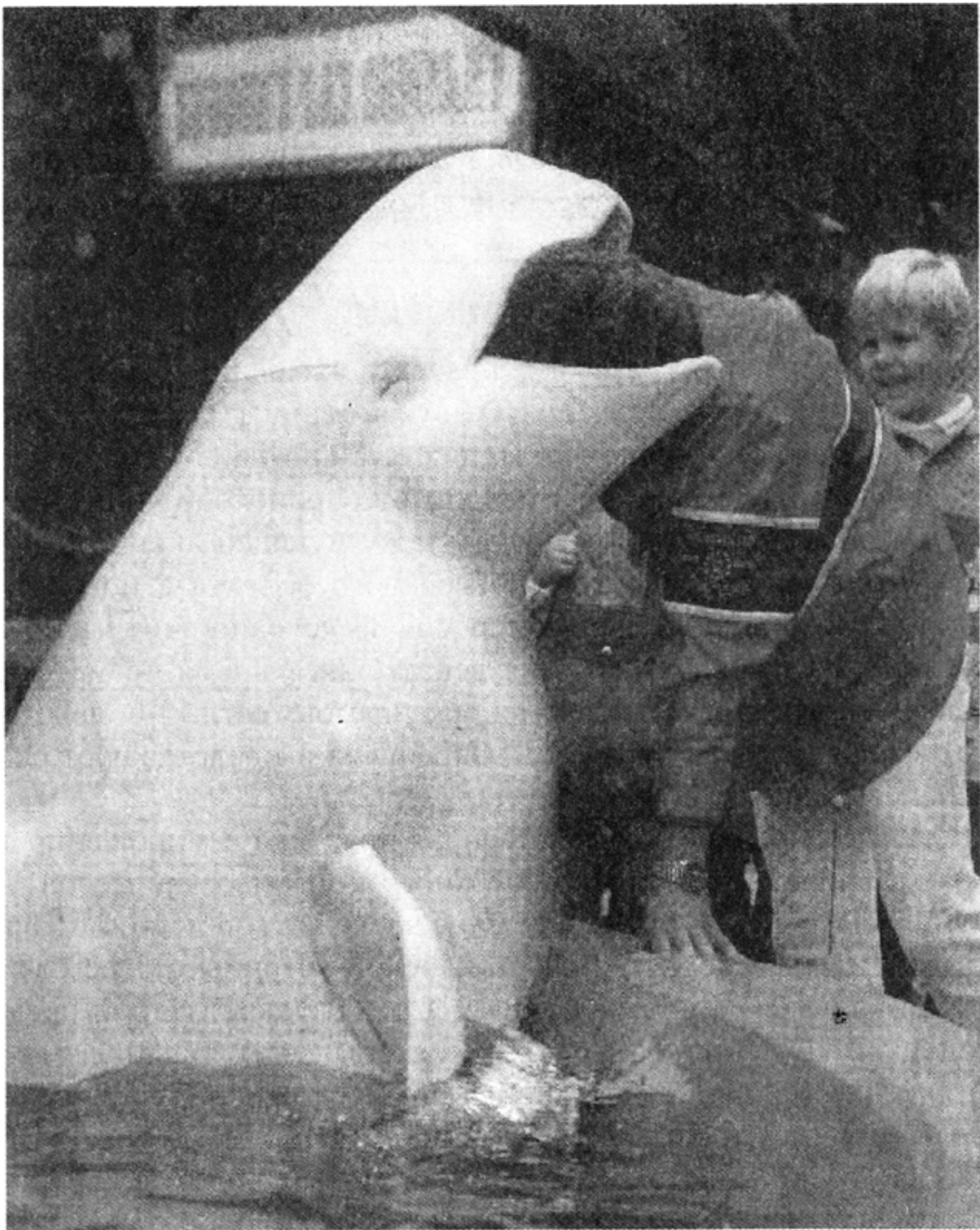


Рис. 9. Огромная белуха Фердинанд – любимец детей
(Зоопарк г. Дуйсбург, Германия)

Объекты спортивного промысла

Спортивный промысел ведется главным образом не для использования объекта в пищевых целях, а ради самого процесса вылова, что и составляет главную цель и смысл этого занятия. Лов рыбы при этом ведется на спиннинг, нахлыстом (с использованием

искусственной наживки). Искусственную наживку рыба заглатывает неглубоко, и при снятии с крючка ей не наносятся травмы. Это позволяет осуществлять рыбалку по принципу "поймал – отпусти": спортсмен ловит рыбу, фотографируется с ней и выпускает обратно. В Заполярье ключевыми объектами такого лова являются лососевые рыбы.

1.5. Формы и методы аквакультуры

Фермер может по-разному управлять жизненным циклом морских организмов в условиях аквакультуры. Иногда он контролирует их развитие на всех стадиях этого цикла, а иногда его вмешательство носит эпизодический характер, как это происходит, например, в случае трансплантации (переноса) и последующей акклиматизации какого-либо перспективного промыслового объекта в новой среде обитания. Подобную интродукцию можно условно считать начальной формой аквакультуры, хотя в настоящее время такие формы управления жизнедеятельностью организмов, согласно действующим международным правилам, запрещены и представляют скорее исторический интерес.

Отечественная рыбохозяйственная практика и мировая практика культивирования насчитывают много подобных примеров. Достаточно вспомнить хотя бы успешное вселение горбуши с Дальнего Востока на Белое море или тихоокеанской устрицы с берегов Японии на французское побережье в 1972 г. Государственной премией Российской Федерации 1999 г. отмечены упоминавшиеся выше многолетние усилия по внедрению камчатского краба в Баренцево море. После десятилетнего периода наблюдений, в 1999 г., камчатский краб официально объявлен промысловым видом в баренцево-морском регионе.

Что касается собственно аквакультуры, то основные ее формы существенно различаются применяемыми подходами и используемыми технологиями. Рассмотрим их подробнее, объединив известные классификации, используемые другими авторами [21, 28], и дополнив их некоторыми собственными положениями.

1. *Получение жизнестойкой молоди рыб в искусственных условиях – в питомниках – для выпуска в естественную среду обитания.* Существует два варианта выпуска молоди рыб в естественные биотопы: с целью пополнения природных популяций и в интересах

спортивного рыболовства. Примером первого варианта могут служить заводы по разведению семги на Белом море, когда полученных из икры мальков выпускают в северные реки. Данные заводы были построены в качестве компенсационных мер для снижения негативного воздействия гидротехнического строительства на природные популяции семги. Известно, что после зарегулирования основных семужных рек Кольского п-ова (в частности, строительства каскада гидроэлектростанций на реках Тулома, Нива и Кемь) лососевые рыбы потеряли доступ к местам нереста. Несмотря на совершенные во время строительства ошибки, лососевые заводы все же способствовали некоторой стабилизации поголовья семги. В настоящее время оборудование на большинстве из них устарело и нуждается в срочной замене.

Второй вариант данного направления аквакультуры используется для поддержания спортивного рыболовства. В странах Скандинавии, Канаде, а главным образом – на Аляске (США) таким способом осуществляется пополнение мальками форелевых речек. Спортивное рыболовство такого рода направлено на получение крупных хищных видов рыб (представляющих собой желанные трофеи!), завершающих пищевые цепи из нескольких звеньев, и поэтому является достаточно дорогостоящим видом вмешательства в экосистему. Его распространение в основном в странах с развитой экономикой не случайно.

2. *Культивирование растительноядных, или детритядных видов рыб в пищевых целях.* Такой тип культивирования базируется на модели экосистемы, совершенно отличной от модели, используемой в первом случае. В этом случае используется короткая пищевая цепь, поддерживаемая путем ввода в небольшие продуктивные пруды большого количества удобрений, корма, порой – дополнительной энергии. Типичный пример – культивирование карпа в прудах, иногда – с использованием отработанной нагретой воды гидроэлектростанций. На Русском Севере данный вид культивирования применялся некогда в рыбоводных прудах Соловецкого монастыря.

3. *Получение молоди от диких производителей и выращивание ее до товарных размеров.* Например, при разведении креветок в Японии молодь, полученную от диких особей, выращивают в искусственных условиях до товарных размеров. В США распространен отлов молодых омаров с их последующим культивированием.

4. *Культивирование рыб и беспозвоночных в специально огороженных участках – ранчирование* (от североамериканского "ранчо" – "ферма"). Примером этому могут послужить нагул рыб в отгороженных участках фиордов (Норвегия) или выращивание мидий "за забором" на грунте. Воздействие человека сводится в последнем случае к эпизодическому устранению хищников (морских звезд) механическим путем и сбору урожая на надлежащей стадии развития мидиевого сообщества.

5. *Культивирование беспозвоночных и рыб в измененных естественных биотопах с использованием искусственных конструкций – гидробиотехнических сооружений (ГБТС): нерестилищ, рифов, садков, плотов и т.д., применяемых на протяжении одной или нескольких стадий жизненного цикла.* Примером может служить использование искусственных нерестилищ из капроновой сети в качестве субстратов, на которые помещается выметанная икра беломорской сельди (рис. 10). Их разработка и применение на одной лишь стадии онтогенеза сельди оказались крайне полезными: данные искусственные устройства заменили утраченные естественные нерестилища – заросли морской травы зостеры, погибшей в Белом море в начале 1960-х гг.

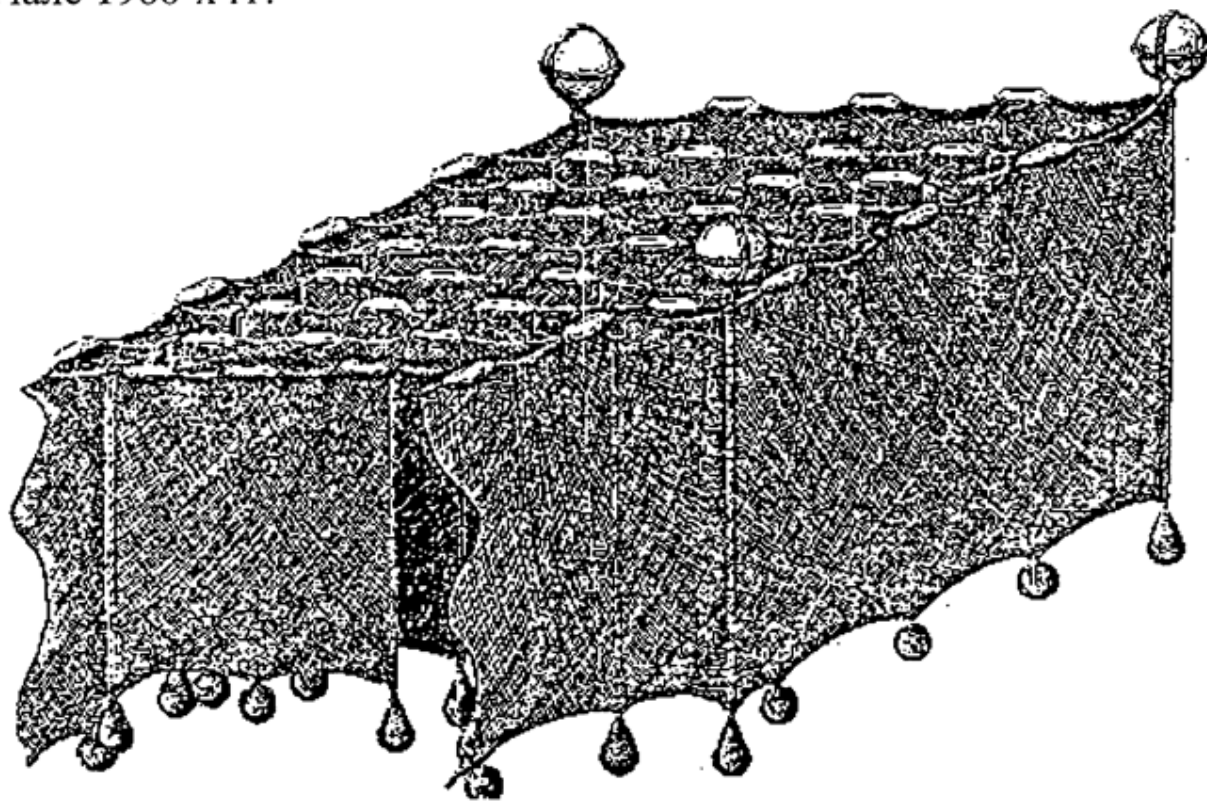


Рис. 10. Искусственное нерестилище сельди, модель О.Ф. Иванченко [29].

Подвесные конструкции для культивирования двустворчатых моллюсков (устриц и мидий) являются сооружениями, обеспечивающими протекание всего жизненного цикла этих организмов – от оседающей личинки до взрослой товарной особи.

6. *Полноцикличный тип хозяйства*, где все стадии находятся под контролем человека, обычно, в условиях завода, на котором осуществляются и получение молоди, и ее выращивание до товарных размеров (например, полный цикл выращивания семги в Норвегии).

Возможна классификация предприятий аквакультуры по степени близости получаемой продукции к ее конечному виду: *питомники* производят посадочный материал, *товарные фермы* его выращивают, а в *полноциклических хозяйствах* эти функции совмещаются.

В зависимости от степени управления процессом можно выделить следующие типы культивирования: *экстенсивный, интенсивный и смешанный*.

Технологию культивирования следует считать *экстенсивной*, если в системе культивирования отсутствует какая-либо регуляция потоков вещества и энергии. Например, по экстенсивной технологии в естественных водоемах, без внесения каких-либо питательных веществ, культивируются мидии, гребешки, устрицы... По экстенсивной технологии обычно осуществляется ранчирование.

Технологию считают *интенсивной*, если потоки вещества и энергии регулируются человеком. Например, интенсивные технологии применяются при заводском полноциклическом выращивании форели. Когда все стадии развития организма находятся под контролем, аквакультура считается наиболее интенсивной. Примером может служить разработанная в Японии технология культивирования креветок, когда молодь получают в управляемых условиях и выращивают далее в бассейнах или прудах. В Заполярье в настоящее время максимально интенсифицируется садковое рыбоводство.

Процессы культивирования, сочетающие элементы интенсивной и экстенсивной биотехнологий, относятся к *смешанному типу*. Примеры смешанного культивирования весьма многочисленны. Так, например, к "полуинтенсивному" смешанному типу относятся процессы культивирования макроводорослей, в частности, ламинарии в двухгодичном цикле: рассаду получают в заводских условиях, регулируя минеральный состав, температуру и освещенность, затем ее выращивают в экстенсивном режиме на плантации, где регуляция ограничивается лишь перемещением объекта на оптимальный горизонт и прореживанием.

В других случаях возможен экстенсивный способ получения посадочного материала путем отлова в естественных условиях с его дальнейшим выращиванием в интенсивном режиме. Такой тип культивирования реализуется при выращивании омаров в США и креветок в Японии. При этом молодь помещают в искусственные водоемы с регулируемым водообменом, куда вносится корм. В Заполярье в таких водоемах перспективно оказалось использовать нагретые сбросовые воды электростанций.

Объектом аквакультуры является популяция, или группа особей одного вида. С позиций аквакультуры можно разделить все популяции на 3 типа: 1) естественные природные, 2) антропогенно поддерживаемые природные и 3) искусственные индустриальные [28].

Естественные природные – это популяции, сформировавшиеся без антропогенного влияния (например, мидиевые банки, заросли ламинарии или красных водорослей). В аквакультуре они являются источником посадочного материала, а при интенсивном культивировании – и источником селекционного материала.

Антропогенно-поддерживаемые природные – населяют естественные водоемы, размещаясь частично на естественных, а частично – на искусственных субстратах. Их создание на этапе получения и выпуска молоди в естественные водоемы проходит под контролем человека (например, полученная заводским способом популяция лососевых рыб, или популяция двустворчатых моллюсков на отгороженном участке дна водоема). Без антропогенной поддержки такая популяция не может устойчиво существовать. Например, все природные популяции осетровых рыб в Каспийском море (белуга, осетр, стерлядь) воспроизводятся заводским способом, т.е. являются антропогенно-поддерживаемыми.

Искусственные индустриальные популяции характерны для интенсивного культивирования. В условиях интенсивной аквакультуры популяция создается человеком, контролируется им на протяжении всего периода культивирования и затем изымается в качестве урожая. Такая популяция в течение всего периода своего существования изолирована от контактов с природными популяциями. Примером искусственных популяций могут быть рыбы, выращиваемые в садковых устройствах.

До сих пор мы говорили о *монокультуре*, т.е. о культивировании одного биологического вида. В некоторых случаях культивирование организмов осуществляется по принципу *би- и поликультуры* – совме-

стного культивирования двух и более видов морских организмов. На Белом море опытно-промышленное культивирование мидии и ламинарии послужило удачным примером бикультуры [27]. При этом моллюски в изобилии выделяют в воду растворенные органические вещества (РОВ), что стимулирует развитие водорослей-макрофитов и фитопланктона. Макрофиты, в свою очередь, выделяют в воду кислород и другие РОВ, которые потребляются моллюсками. Превращению такой бикультуры в поликультуру могло бы послужить прибавление к ней морского ежа (*Strongylocentrotus droebachiensis*) и голотурии (*Cucumaria frondosa*) [11]. Еж питается ламинарией и детритом, кукумария – фитопланктоном и взвешенной органикой. Таким образом, дополнительные трофические ресурсы, создаваемые ламинарией и мидией, могли бы при этом использоваться более полно.

Интересные эксперименты, направленные на развитие бикультуры, проведены по совместному выращиванию мидии (на плотках в подвесной культуре) и морских червей – нереисов (на отгороженных участках дна под мидиевыми плотками). По аналогичному принципу может быть организована бикультура гребешка и трепанга.

Рассмотрим *размерные особенности* экосистем аквакультуры. Для интенсивного культивирования характерны *микроекосистемы*; количество трофических уровней и видов здесь невелико. Они просты по своей структуре и лучше поддаются контролю человека, однако весьма нестабильны. Основная задача в этом случае сводится к поддержанию необходимой устойчивости такой экосистемы. Примером микроекосистем могут служить небольшие рыбоводные пруды.

Мезоекосистемы свойственны экстенсивным формам аквакультуры. Примеры мезоекосистем мы находим на мидиевых и водорослевых фермах. На начальном этапе своего развития они характеризуются высоким показателем уровня видового разнообразия, включая виды, принадлежащие к разным трофическим уровням. Как правило, культивируемый объект на более позднем этапе развития такого биоценоза приобретает доминирующее положение, что сопровождается перераспределением потоков вещества и энергии. В этом случае требуется поддерживать оптимальную скорость протекания этих потоков через культивируемый объект (выбор места с интенсивным водообменом и оптимальными гидрологическими параметрами, механическое устранение хищников с плантаций). Мы видим, что в мезоекосистемах человек «помогает» культивируемому объекту занять доминирующее положение.

Макросистемы морей и океанов лишь с большой долей условности могут рассматриваться в качестве объекта управления в аквакультуре ввиду того, что это требовало бы колоссальных затрат энергии. Системы такого рода – морские заливы, эстуарии, лиманы – не поддаются управлению в прямом смысле этого слова, осуществляемому путем воздействия на экологические факторы среды. Управление такими системами производится путем возможно более полного учета факторов среды, например, обеспечения персонала садковых хозяйств гидрометеорологической информацией.

Завершая раздел, в котором предпринята попытка кратко систематизировать основные формы и типы аквакультуры, следует еще раз отметить, что речь идет не только об отрасли хозяйственной деятельности человека, но и о целой области знаний. Аквакультура, как междисциплинарная наука, содержит: 1) биологическую, 2) инженерно-техническую, 3) технологическую, 4) средовую и 5) социально-экономическую составляющие.

1. *Биологическая составляющая* – реализация биологического потенциала культивируемых объектов, создание более продуктивных и жизнестойких рас и пород.

2. *Инженерно-техническая составляющая* – проектирование и строительство гидробиотехнических сооружений (ГБТС) для выращивания объектов в водоемах, а также заводских систем культивирования.

3. *Технологическая составляющая* – отработка операций по обеспечению жизненных процессов культивируемых организмов в условиях аквакультуры на основе интеграции биологических знаний и технических разработок.

4. *Средовая составляющая* – учет, прогнозирование и (по возможности) контроль факторов водной среды.

5. *Социально-экономическая составляющая* – изучение людских ресурсов, транспортной инфраструктуры, рынков реализации продукции, исторически сложившихся пищевых традиций, опыта культивирования, соответствующего уровня культуры производства и так далее.

В зависимости от систематической принадлежности объекта и типа получаемой продукции, в современной аквакультуре выделяются:

- альгокультура – выращивание водорослей;
- культивирование водных беспозвоночных;
- рыбоводство – получение продукции рыб.

Часть 2. АЛЬГОКУЛЬТУРА

2.1. Формы, задачи и общие принципы культивирования водорослей

Альгокультура – единственная отрасль аквакультуры, занимающаяся выращиванием растений, т.е. получением первичной продукции. Эта продукция образуется в виде фитомассы водорослей. Все прочие отрасли аквакультуры заняты выращиванием животных – производством вторичной продукции.

Объектом альгокультуры являются морские, эстуарные и пресноводные водоросли. Культивирование водорослей – автотрофных организмов – характеризуется наличием ряда специфических особенностей по сравнению с гетеротрофными. Основное отличие заключается в том, что для водорослей крайне важным фактором внешней среды является свет – не менее важным, чем температура, соленость, минеральный режим и т.д. Как и все прочие автотрофы, водоросли путем фотосинтеза создают органическое вещество (белки, жиры, углеводы, витамины) из углекислого газа и воды в присутствии солнечного света. Изменяя глубину и плотность посадки водорослей при культивировании, можно регулировать их продуктивность.

Водоросли (*Algae*) – водные растения, не имеющие настоящих органов (корней, стеблей, листьев и цветков). Их называются поэтому «низшими». Водоросли бывают одноклеточными и многоклеточными. Соответственно объекту выращивания альгокультура подразделяется на два раздела: культивирование одноклеточных водорослей и культивирование многоклеточных водорослей. В первом случае выращиваются планктонные микроводоросли, во втором – конечным продуктом аквакультуры являются многоклеточные донные (бентосные) растения. Крупные донные водоросли называются макрофиты, что в дословном переводе означает «крупные растения».

Многоклеточные водоросли могут достигать больших размеров, а их тело, так называемый таллом, или слоевище бывает сложным образом расчленен и напоминает листву высших растений. Размножаются водоросли спорами, а не семенами, как высшие растения. Различают несколько типов водорослей, для каждого из которых характерна специфическая окраска таллома: отдел зеленые,

отдел бурые, отдел золотистые и т.д. Различия в окраске обусловлены преобладанием у разных типов тех или иных пигментов. В водоемах по мере возрастания глубины водоросли обычно распределяются по вертикали следующим образом: в верхнем слое, начиная от уреза воды, находятся зеленые водоросли, ниже располагаются бурые, еще ниже – красные водоросли.

Впитывая растворенные в воде соли всей поверхностью тела и не испытывая недостатка во влаге, многоклеточные водоросли быстро растут, что делает их добычу очень экономной. С 1 га морского дна, не удобряемого и вообще не обрабатываемого, можно получить до 25 т их сырой массы, а с такой же площади луга – не более 4 т травы. При этом биомасса водорослей по содержанию питательных веществ превосходит пшеницу, мясо, картофель и белые грибы. Не случайно водоросли с глубокой древности употребляются человеком в пищу и упоминаются в качестве пищевого объекта почти во всех священных книгах (включая Библию), летописях и исторических хрониках.

Благодаря наличию в водорослях витаминов и биологически активных веществ их можно использовать в лечебном питании. Водоросли оказывают целебное и общеукрепляющее действие на организм, повышая его защитные функции.

Водорослевые добавки в комбикорма стимулируют жизнедеятельность сельскохозяйственных животных, обеспечивая увеличение удоев молока и прибавку в весе крупного рогатого скота, способствуя отложению жира у свиней, улучшению качества шерсти у овец, повышению на 10–12% яйценоскости кур.

Водорослевые удобрения улучшают физические свойства почвы и удерживают в ней влагу; при этом они являются самым дешевым из всех органических удобрений. Наконец, из водорослей получают ценные вещества для многих отраслей промышленности: пищевой, текстильной, парфюмерной, медицинской, фармакологической и др. Неудивительно, что промысел водорослей, возникнув как один из древнейших и примитивнейших видов собирательства, к настоящему времени почти повсеместно достиг в приморских странах столь высокой интенсивности, что привело к деградации естественных ресурсов промысловых видов. Например, за период с 1960 по 1990 г. запасы ламинарии в Белом море снизились с 800 до 500 тыс. т., т.е. почти в два раза! В связи с прекращением промыш-

ленной добычи ламинарии ее запасы в последнем десятилетии XX в. несколько стабилизировались.

При культивировании водорослей используются следующие подходы.

1. *Экстенсивный способ* получения посадочного материала и *экстенсивное культивирование* водорослей до момента сбора урожая применяются при культивировании ламинарии в двухгодичном цикле.

2. *Интенсивный способ* получения посадочного материала и *экстенсивное культивирование* водорослей до сбора урожая применяются при культивировании ламинарии в одногодичном цикле.

3. Сочетание *интенсивного способа* получения посадочного материала с *интенсивным процессом* культивирования до его окончания происходит при очистке сточных вод микроводорослями.

Культивирование водорослей имеет много преимуществ перед простым сбором их в естественных условиях.

1. Обеспечивается концентрация водорослей в строго определенных районах, удобных для природопользователей.

2. Ускоряется темп роста растений за счет применения специальных технологий (внесение удобрений, подбор оптимальных параметров и т.д.).

3. Облегчается заготовка водорослей.

4. Сбор водорослей с плантации исключает опасность подрыва природных запасов.

Морские плантации могут давать несколько урожаев в год, не требуя затрат на пахоту, боронование и увлажнение. Технологии культивирования водорослей сводятся обычно к нескольким основным операциям: сбору спор, выращиванию рассады, получению товарной продукции и снятию урожая. Для каждого конкретного вида в эту схему вводятся те или иные дополнительные операции.

Продолжительность выращивания водорослей на плантациях колеблется от 4–5 до 16–18 мес. в зависимости от биологии культивируемого вида, применяемой технологии и местных климатических особенностей. Выращиваемые водоросли должны обладать тремя основными качествами:

1. Промысловой ценностью.

2. Быстрым ростом.

3. Высокой продуктивностью.

2.2. Бурые водоросли как объект альгокультуры

Бурые водоросли (отдел *Phaeophyta*) по объему занимают первое место в мире среди культивируемых водных растений [25]. Это почти исключительно морские растения, населяющие по вертикали самые разные горизонты – от литорали до глубины 40–100 м, в отдельных случаях – до 200 м. Классическое размещение бурых водорослей по вертикали – ниже зеленых, но выше красных. Обычно они концентрируются на литорали и в верхней сублиторали. При этом во время отлива бурые водоросли выдерживают осушение до нескольких часов. Размеры бурых водорослей могут быть весьма значительны – до нескольких десятков метров.

Бурые водоросли – исключительно многоклеточные растения. Толстая оболочка клеток состоит из внутреннего целлюлозного слоя и наружного пектинового слоя, состоящего в основном из альгиновой кислоты и ее солей и соединений с белковыми веществами. Альгиновая кислота известна только у бурых водорослей. Это линейный гетерополисахарид, состоящий из связанных остатков D-маннуроновой и L-гулууроновой кислот. Запасные питательные вещества бурых водорослей – в основном ламинарин и маннит (сахароспирт) и в небольших количествах – жир.

Хлоропласты клеток содержат зеленые пигменты хлорофиллы "а", "с", желтые каротины и несколько бурых пигментов – ксантофиллы и фукоксантин. Подобная смесь пигментов придает слоевищу бурых водорослей характерный желто-коричневый цвет.

Слоевища бурых водорослей бывают самых разных размеров – от микроскопических до гигантских, длиной 50 и даже 100 м (макроцистис, пелагофикус). По форме они могут быть ните- или корковидными, шаро- или мешковидными, пластинчатыми, гладкими, ребристыми, кустистыми и др. [31]. Растут бурые водоросли прикрепленными к грунту или к другим водорослям. Плавающие формы не способны образовывать органы размножения. Слоевище состоит из трех частей: примыкающей к субстрату пяты (на которой формируются органы прикрепления – ризоиды), черешка и листовидной пластинки. Черешок является многолетней частью слоевища. Каждый год к нему прирастает новая мутовка ризоидов. По количеству мутовок можно определить возраст водоросли. Что касается листовидной пластинки, то она ежегодно отмирает. Вновь на-

растающая пластина бывает обычно шире прошлогодней. Рост пластины происходит очень быстро, со скоростью до 13,5 см в сутки.

Чрезвычайно характерно для бурых водорослей формирование на листовидной пластинке газовых пузырьков. Виды с особенно крупными пузырьками (род *Sargassum*) могут образовывать плавающие скопления, наиболее мощное из которых зарегистрировано в Саргассовом море. Имеющиеся на растениях плавающие пузыри напоминали португальским мореходам XV в. мелкий виноград «Salgazo»; отсюда – название этих водорослей. Общий вес плавающих в Саргассовом море бурых водорослей достигает 7 млн т. Во времена парусного флота плавание в Саргассовом море было сопряжено с определенным риском. Попав в скопление водорослей в безветренную погоду, корабли теряли ход и становились пленниками плавучих растений. Случалось, что люди погибали от голода и жажды, а корабли – «летучие голландцы» – продолжали свой неспешный дрейф...

В многорядных слоевищах бурых водорослей наблюдается специализация клеток с образованием тканей – интенсивно окрашенной коры и сердцевины. Коровой слой более сложно организованных ламинариевых и фукусовых достигает большой толщины. Ламинариевые, наиболее сложно анатомически устроенные среди бурых водорослей, имеют слизистые каналы с особыми секреторными клетками, своеобразные клеточные нити для транспортировки продуктов фотосинтеза.

Бурые водоросли довольно холодолюбивы. Наиболее крупные водоросли – ламинариевые, некоторые фукусовые развиваются в прибрежной части морей умеренных и приполярных зон, где температура воды не поднимается выше 20°, а содержание биогенов повышается в результате зимнего перемешивания. Очень велики запасы бурых водорослей в Баренцевом и Белом морях. Сплошной пояс они образуют вдоль Дальневосточного побережья Евразии, особенно разрастаясь у Курильских и Шантарских о-вов. Значительную фитомассу бурые водоросли развивают в таких суровых местах, как Антарктида и северные острова Канадского Арктического архипелага. Идеальным районом для бурых водорослей являются в Северном полушарии Командорские о-ва, а в Южном – берега Аргентины и Чили. Здесь, по словам известной ныряльщицы Д.Крайл, «их прочные, как веревки, талломы достигают 100 футов длины и представляют опас-

ность для неопытного пловца. Они способны обвить шею, руки и ноги с силой щупалец спрута». Чарлз Дарвин так описывает заросли бурой водоросли (*Macrocystis*) у берегов Южной Америки: «Эти огромные подводные леса Южного полушария я могу сравнить только с наземными лесами тропических областей. И все-таки, если в какой-нибудь стране уничтожить лес, то не думаю, чтобы при этом погибло хотя бы приблизительно такое количество видов животных, как с уничтожением этой водоросли» (Дарвин, 1976).

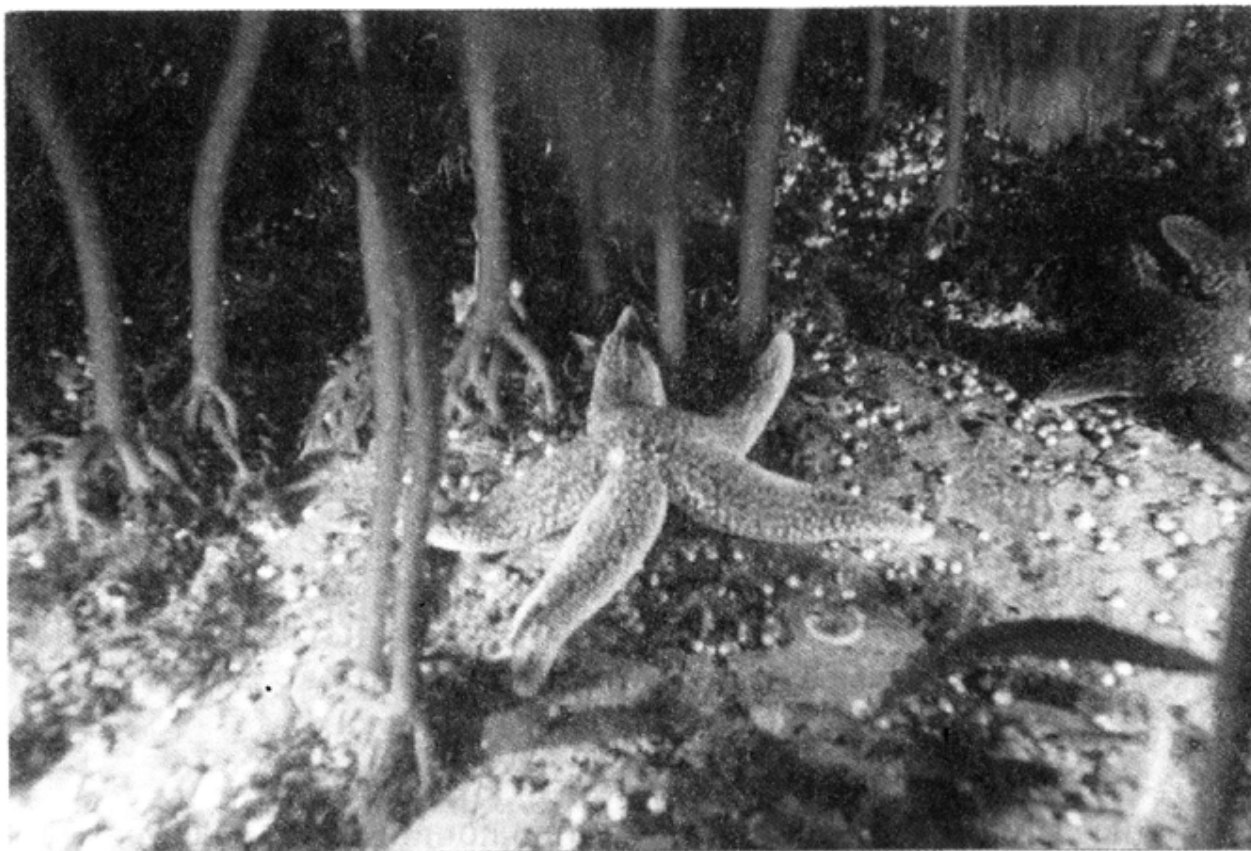


Рис. 11. Морская звезда в зарослях бурых водорослей (Белое море).

Бурые водоросли служат животным, обитающим в их зарослях, и укрытием, и местом размножения, и питанием (рис. 11).

В конце сезона развития вся образованная ими биомасса, исчисляемая десятками килограммов на квадратный метр, превращается в детрит и растворенную органику, которые интенсивно используются рыбами, моллюсками, рачками-бокоплавами и креветками. Необходимо, однако, отметить, что основная масса органического вещества, производимого бурыми водорослями, все же не находит своего потребителя. У берегов Южной Америки такого потребителя никогда не было, а вот на Командорских о-вах вплоть до XVIII в. фитомасса бурых водорослей выедалась растительноядной

морской коровой, впервые описанной Георгом Стеллером – судовым врачом экспедиции Витуса Беринга. Не случайно русские моряки называли стеллерову корову "капустницей"! После того как этот уникальный вид, бывший весьма перспективным в плане одомашнивания, истребили промысловики, монопольным сборщиком урожая бурых водорослей остался человек. Впрочем, имеются сообщения камчатских оленеводов, что дикие олени стадами спускаются с сопок к морским берегам, где поедают водоросли, обнажающиеся во время отлива или выбрасываемые на берег штормом.

2.3. Значение бурых водорослей

Человек использует бурые водоросли как в пищевых целях, так и в качестве сырья для получения различных высокоценных веществ. В приморских странах бурые водоросли традиционно использовались в качестве удобрения.

Бурые водоросли – это источник йода и микроэлементов. Из них получают кормовую муку для добавки в пищу сельскохозяйственным животным. Они используются также в медицине для создания заменителя крови, для предотвращения свертывания крови, для выведения радиации из организма. В Европе и Америке йод из бурых водорослей добывают с XIX в. В Европе сырьем для добычи йода служили ламинария и фукус, в Америке – саргассы. Россия организовала собственное производство йода во время первой мировой войны, вызвавшей повсеместно в Европе «йодный голод». Свой первый завод по переработке водорослей русские построили в Архангельске в 1914 г. (открыт в 1915 г.). В 1930-х гг. под руководством известного богослова и ученого П. А. Флоренского на Соловецких о-вах был усовершенствован способ обработки водорослей, разработан дешевый способ получения из них йода, намечены перспективы создания водорослевых ферм. В настоящее время в Архангельске функционирует Водорослевый комбинат, специалистами которого разработаны чрезвычайно эффективные и рентабельные технологии получения водорослевого йода.

Бурые водоросли являются единственным источником для получения альгинатов – солей альгиновой кислоты, отличающихся свойством поглощать воду в количестве, в 200–300 раз превышающем их вес. Эти соли могут быть растворимыми в воде (соли одновалентных металлов) или нерастворимыми (соли поливалентных металлов, кроме магния).

Наиболее широко применяется альгинат натрия. Он способен поглощать до 300 весовых единиц воды, поэтому его широко используют для стабилизации разнообразных растворов и суспензий. Последние необходимы при производстве пластмасс, синтетических волокон и пластификаторов, лакокрасочных покрытий и стройматериалов, смазочных материалов для машин. Применение альгинатов повышает качество печатания книг. В фармацевтической и парфюмерной промышленности альгинаты применяют как связующие вещества при изготовлении таблеток и оболочек для пилюль, а также мазей и паст. На основе альгинатов делаются растворимые хирургические нити. Их добавляют в зубные пасты, кремы, косметическое молоко, губные помады. Добавление альгинатов к мылу повышает его моющие свойства.

Наконец, огромное значение альгинаты имеют в пищевой промышленности. Добавление небольшого количества альгината повышает качество консервов, фруктовых соков, мороженого и др. Альгинаты предохраняют джемы и варенья от засахаривания, хлебобулочные изделия – от зачерствления, осветляют соки и пиво. Растворы с добавлением альгинатов не теряют своих качеств при замораживании и размораживании. Как источник альгинатов, бурые водоросли образуют ресурс стратегического значения.

Исключительную ценность представляет добываемый из бурых водорослей шестиатомный спирт маннит. Он применяется при консервации крови, в изготовлении таблеток, диабетических продуктов питания, в производстве синтетических смол, красок, бумаги, взрывчатых веществ, при выделке кожи.

2.4. Бурые водоросли, важные для промысла и культивирования на Севере

В условиях полярной марикультуры перспективными для промысла могут бурые водоросли порядков ламинариевые (*Laminariales*) и фукусовые (*Fucales*), к которым относятся 3 рода: ламинария, аскофиллум и фукус. Особенно важная роль отводится ламинарии – объекту не только промысла, но и культивирования.

Род *Laminaria* – весьма богат видами. Наибольшее промысловое значение имеют ламинария сахаристая (*Laminaria saccharina*), ламинария пальчаторассеченная (*L. digitata*), ламинария северная (*L. hyperborea*), ламинария узкая (*L. angustata*) и ламинария япон-

ская (*Laminaria japonica*). В последнее время культивированию ламинарии уделяется большое внимание не только в странах ее традиционного выращивания – Японии, Китае, Корее – но и в северных странах. В Канаде проводились опыты по культивированию *Laminaria saccharina*, *L.groenlandica*, *Cymathere triplicata* [6]. В Норвегии для производства альгинатов добывается и используется *L.hyperborea*.

Ламинария сахаристая – объект промысла и культивирования в Баренцевом море (губа Дальнезеленецкая) и в Белом море (Соловецкие о-ва). В естественных поселениях здесь она встречается у защищенных от прибоя берегов на глубинах от 0 до 10–15 м (рис. 12). Низкая температура воды, большая амплитуда приливов, хороший водообмен большинства губ с открытыми районами моря благоприятствуют развитию ламинарии. В полузащищенных и защищенных губах Мурманского побережья средняя биомасса ламинарии сахаристой может достигать 10 кг/м².



Рис. 12. Заросли ламинарии сахаристой в Баренцевом море.

Последний вид, ламинария японская – самый ценный среди бурых водорослей, обладающий наилучшими вкусовыми качествами. Рас-

пространен этот вид в Японском море. Заросли у некоторых островов Малой Курильской гряды дают наибольшую биомассу – 140 кг/м².

Важное промысловое значение имеют водоросли порядка фукусовые (*Fucales*). Водоросли рода *Fucus* применяются как источник альгинатов и других химических веществ, в качестве удобрений, как корм для скота, для производства кормовой муки и др. В российских морях встречается 5 видов этого рода: фукус зубчатый (*F. serratus*), фукус пузырчатый (*F. vesiculosus*), фукус спиральный (*F. spiralis*), фукус двусторонний (*F. distichus*) и фукус исчезающий (*F. evanescens*).

На берегах Белого моря фукус называют «морской горох» за наличие на его слоевище воздухоносных пузырьков размером с горошину. На мелководье заросли фукуса образуют значительные скопления, обнажающиеся во время отлива. Поморы называют такие заросли «руга».

Род *Ascophyllum* вида *A. nodosum* распространен на берегах Азии, Европы, Северной Америки. В Норвегии используется на корм животным, как и фукусы.

2.5. История культивирования

Ламинария, по-видимому, является первым морским растением, которое человек начал употреблять в пищу. Несколько тысячелетий назад китайцы уже называли ее «цей», что означает «морская капуста». Блюда из ламинарии были известны древним римлянам и британцам. Сегодня морскую капусту практически ежедневно можно видеть за обеденным столом в приморских районах стран Европы (Ирландия, Шотландия) и Юго-Восточной Азии. В Японии насчитывается более 300 наименований блюд из морской капусты. По количеству блюд с ламинарией может сравниться разве что картофель. Сухая морская капуста – «кобу» – важная статья экспорта Японии. Само слово «кобу» означает «радоваться», «веселиться».

В России промышленное производство продуктов питания из ламинарии было начато в начале XX в. предпринимателем из Владивостока Хорватом Божечко. Мармелад, конфеты, зефир и другие деликатесы из морской капусты в красивой упаковке завоевали такую популярность, что заказы на них стали поступать из других областей страны, а также из-за границы. В это же время по инициативе географа-путешественника В.К. Арсеньева в бухте Владимир

Японского моря из морской капусты стали готовить мармеладную массу, которую успешно продавали не только во Владивостоке, но и в лучших гастрономических магазинах Петербурга и Москвы. К сожалению, действовавшие предприятия пришлось закрыть почти сразу после революции 17-го года из-за трудностей военного времени. Сам В.К. Арсеньев в первые годы советской власти подвергался преследованиям как офицер царской армии, и все его начинания были "заморожены".

Несмотря на постоянно высокий спрос на продукцию водорослевых комбинатов на мировом рынке, эти производства в настоящее время повсеместно переживают спад, вызванный трудностями получения сырья. Нерациональная эксплуатация подводных полей, ежегодные заготовки в одних и тех же местах, интенсивное драгирование с помощью весьма примитивных устройств, мало модернизированных за последние 100 лет, привели к подрыву ресурсов бурых водорослей в традиционных местах промысла, например, в водах Скандинавии и в Белом море. Освоению новых водорослевых полей препятствуют природоохранные акции представителей зеленых движений и партий. В тех же районах, где имеется избыток бурых водорослей (например, на Командорских о-вах), строительство крупных водорослевых комбинатов оказывается нерентабельным из-за отсутствия инфраструктуры и высоких расходов на транспорт.

Марикультура бурых водорослей призвана удовлетворить запросы как производителей, так и зеленых активистов, наладив бесперебойное поступление на водорослевые комбинаты фитомассы, искусственно выращиваемой в специально отведенных для этого местах, удобных для сбора водорослей и их последующей транспортировки. При этом при незначительных финансовых затратах соблюдается принцип «и волки сыты, и овцы целы».

Ведущими странами по выращиванию бурых водорослей, несомненно, являются Япония, Китай, Южная и Северная Корея. В этих странах ламинарию выращивают в промышленных масштабах с применением различных видов мелиоративных работ: сбрасывание на дно районов культивирования камней, устройство террас, удобрение, пересадка, ярусное культивирование, установка запретных зон промысла, очистка дна и т.д.

Первые опыты по разведению ламинарии японской, случайно занесенной в 1920-х гг. в Желтое море, были начаты в Китае. В 1930-е гг.

из различных районов Японии в район порта Дальний были доставлены спороносящие маточные слоевища и прикреплены к камням (рис. 13, А). Зооспоры проросли, и через несколько лет в этих местах появились довольно густые заросли морской капусты. Целенаправленное разведение ламинарии в Китае начато только в 1942 г., но уже к 1944 г. были получены урожаи в 300 т. С 1955 г. выращивание ламинарии стало рентабельным, и к настоящему времени плантации расположены вдоль всего побережья страны, создавая своеобразный искусственный водорослевый пояс. В настоящее время в Китае с плантациями ежегодно добывается более 1.4 млн. т морской капусты.

С 1962 г. ламинарию начали культивировать в Северной Корее и весьма успешно: уже в 1970 г. урожай составил около 300 тыс. т.

В последнее время ламинарию также начали интенсивно культивировать в Японии, где до 1970 г. ее преимущественно добывали из естественных зарослей. В настоящее время практически все северное побережье Японии (у о. Хоккайдо и северной части о. Хонсю) используется для разведения ламинарии. Площадь ламинариевых плантаций в прибрежных водах о. Хоккайдо составляет более 1700 га. Активно выращивается ламинария по одногодичному циклу, для чего в бассейнах на берегу при оптимальных температуре, освещенности, подкормке за короткий срок получают рассаду и в море на плантации доводят ее до товарных размеров за 8–10 месяцев.

В Советском Союзе экспериментальное культивирование ламинарии японской было начато в 1950 – 1960-х гг. на о. Сахалин. Испытывались в основном два способа выращивания: на дне (на камнях) и у поверхности воды на “плавучих рейках” (рис. 13 А, В, С). Оба способа дали положительные результаты. Плантации начали закладывать начиная с 1972 г. Площадь первой плантации не превышала 1 га. К 1987 г. общая площадь ламинариевых плантаций в Приморье достигла 100 га. Средняя продуктивность при этом составляла около 70 т/га.

Возможность культивирования морской капусты в северных морях России была доказана еще в 1961 г. на базе Мурманского морского биологического института (ММБИ) Карельского филиала АН СССР, когда в Дальне-Зеленецкой губе Баренцева моря был вертикально установлен в воде квадратный стенд из сосновых бревен размером 2х2 м. Через 2 года экспозиции все сооружение обросло морской капустой, вес которой в течение летнего сезона колебался от 140 до 600 кг.

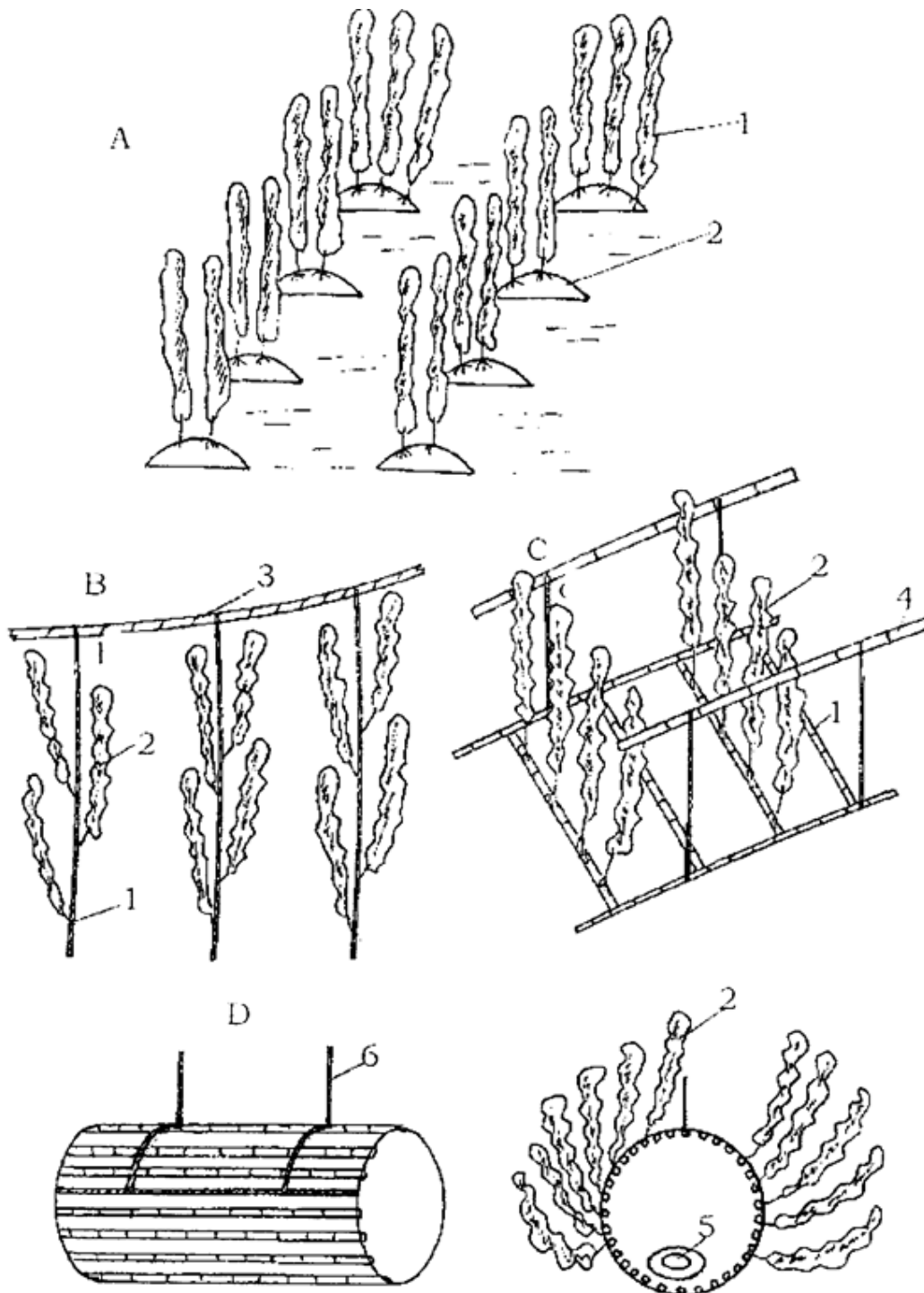


Рис. 13. Способы культивирования ламинарии :

Донные культивирование (А); культивирование в толще воды (В, С, D) на вертикальных веревках (В) , на бамбуковых рамах (С) , на бамбуковых корзинах (D) соответственно.

1-выростной субстрат , 2-ламинария , 3- несущий канат , 4-бамбуковые опоры , 5- горшок с удобрениями , 6 - подвесные канаты.

В конце 70-х – начале 80-х гг. в истории культивировании ламинарии в Белом и Баренцевом морях начался новый этап, отмеченный серьезными теоретическими и практическими разработками

и завершившийся созданием и внедрением технологии аквакультуры ламинарии в полярных условиях. Этот прорыв произошел благодаря деятельности лаборатории альгологии под руководством В.Н. Макарова – сначала сотрудников СевПИПРО, а затем Мурманского морского биологического института. В 1983–1986 гг. альгологи из ММБИ с применением сходных с описанными ниже гидробиотехнических сооружений (ГБТС) [35] получали в Баренцевом море 50–100 т сырой массы ламинарии с 1 га [24, 5]. Правда, на Севере России произрастает не *Laminaria japonica*, а *L. saccharina* – менее ценный в пищевом отношении вид морской капусты. Его листовые пластины тоньше и мельче, а клетки содержат слишком много вещества, напоминающего целлюлозу, из-за чего северная морская капуста при употреблении в пищу хрустит на зубах. Но все это ни в коей мере не умаляет ценности достигнутых результатов, ибо разработанная биотехнология уникальна и приоритетна для России – ведь ламинария сахаристая нигде в мире больше не культивируется. В странах, где традиционно сосредоточены водорослеводческие хозяйства, она не растет – там слишком тепло.

При разработке биотехнологии выращивания этого вида вертикальные посадочные веревки-поводцы, на которых растет рассада, оказались непригодными для размещения в местах, где образуется ледяной покров. Они истираются льдом, и урожай погибает. Чтобы избежать вмерзания в лед, приходится поднимать их из воды или, наоборот, заглублять, что заметно увеличивает продолжительность и стоимость работ и делает продукцию нерентабельной. Вдобавок, постоянные колебания глубины расположения ГБТС негативно сказываются на росте ламинарии. Стало очевидным, что для разведения морской капусты в ледовых условиях необходимо разработать льдоустойчивые ГБТС.

Подобные ГБТС были успешно апробированы в 1987–1989 гг. на Соловецких о-вах Белого моря, на экспериментальной плантации лаборатории альгологии ММБИ. Сами ГБТС практически не перенесли изменений, однако горизонтальные веревки стали играть на них роль одновременно и несущих, и выростных. Оптимальный горизонт их заглубления выбирается экспериментально.

Уместно упомянуть, что в свое время монахи Соловецких о-вов не только промышляли морскую капусту, но и успешно подращивали ее.

В настоящее время основным поставщиком ламинарии на российский рынок являются дальневосточные фирмы. В нашей стране из ламинарии традиционно изготавливались такие консервы, как «Морская капуста с овощами», «Морская капуста с яблоками», «Голубцы из морской капусты», «Сахалинский салат» и др. В последние годы их заменили салаты из ламинарии с луком, морковью и свеклой.

При использовании ламинарии в пищу увеличивается количество эритроцитов и гемоглобина в крови, улучшается кальциевый обмен (определяющий состояние зубов и волос), снижается риск возникновения опухолей. Употребление ламинарии полезно при заболеваниях почек, мочевого пузыря и желудочно-кишечного тракта. Установлено, что регулярно употребляющие морскую капусту никогда не страдают заболеваниями щитовидной железы и атеросклерозом сосудов. Очевидно, пропагандировать внедрение морской капусты в рацион человека особенно следует в северных прибрежных районах, где эти водоросли могут с успехом заменить овощи и служить важнейшим источником микроэлементов и витаминов.

Активным покупателем товарной продукции у морских плантаторов являются хозяйства, использующие морскую капусту в качестве добавок и комбикорма для скота и птиц, а также как обогащенные микроэлементами удобрения.

2.6. Размножение и цикл развития ламинариевых

У бурых водорослей встречаются все формы размножения: вегетативное, бесполое и половое. Большинство бурых водорослей встречается в виде двух самостоятельных форм развития – спорофита и гаметофита, которые у разных видов бывают как сходного размера и строения, так и различного. Иными словами, существуют изоморфная и гетероморфная смены форм развития. При гетероморфной смене форм развития одна из них бывает микроскопической, чаще всего это гаметофит. Так происходит, в частности, именно у ламинарии, где мы имеем дело с крупным многоклеточным спорофитом и невидимым невооруженным глазом гаметофитом.

Размножение осуществляется спорами. Спорофиты всех ламинариевых образуют одноклеточные одногнездные спорангии. Число зооспор в них колеблется в зависимости от вида и от внешних условий от 16 до 128. Образование зооспор сопровождается мейозом.

В настоящее время основным поставщиком ламинарии на российский рынок являются дальневосточные фирмы. В нашей стране из ламинарии традиционно изготавливались такие консервы, как «Морская капуста с овощами», «Морская капуста с яблоками», «Голубцы из морской капусты», «Сахалинский салат» и др. В последние годы их заменили салаты из ламинарии с луком, морковью и свеклой.

При использовании ламинарии в пищу увеличивается количество эритроцитов и гемоглобина в крови, улучшается кальциевый обмен (определяющий состояние зубов и волос), снижается риск возникновения опухолей. Употребление ламинарии полезно при заболеваниях почек, мочевого пузыря и желудочно-кишечного тракта. Установлено, что регулярно употребляющие морскую капусту никогда не страдают заболеваниями щитовидной железы и атеросклерозом сосудов. Очевидно, пропагандировать внедрение морской капусты в рацион человека особенно следует в северных прибрежных районах, где эти водоросли могут с успехом заменить овощи и служить важнейшим источником микроэлементов и витаминов.

Активным покупателем товарной продукции у морских плантаторов являются хозяйства, использующие морскую капусту в качестве добавок и комбикорма для скота и птиц, а также как обогащенные микроэлементами удобрения.

2.6. Размножение и цикл развития ламинариевых

У бурых водорослей встречаются все формы размножения: вегетативное, бесполое и половое. Большинство бурых водорослей встречается в виде двух самостоятельных форм развития – спорофита и гаметофита, которые у разных видов бывают как сходного размера и строения, так и различного. Иными словами, существуют изоморфная и гетероморфная смены форм развития. При гетероморфной смене форм развития одна из них бывает микроскопической, чаще всего это гаметофит. Так происходит, в частности, именно у ламинарии, где мы имеем дело с крупным многоклеточным спорофитом и невидимым невооруженным глазом гаметофитом.

Размножение осуществляется спорами. Спорофиты всех ламинариевых образуют одноклеточные одногнездные спорангии. Число зооспор в них колеблется в зависимости от вида и от внешних условий от 16 до 128. Образование зооспор сопровождается мейозом.

После созревания и выхода зооспор спороносные участки пластины разрушаются. Массовое развитие спорангиев происходит в конце лета – начале осени. Цикл годовой активности бурых водорослей обычно таков: весна – начало роста и развития; лето – «расцвет»; осень – замедление развития и отмирание листовидной пластинки; зима – покой.

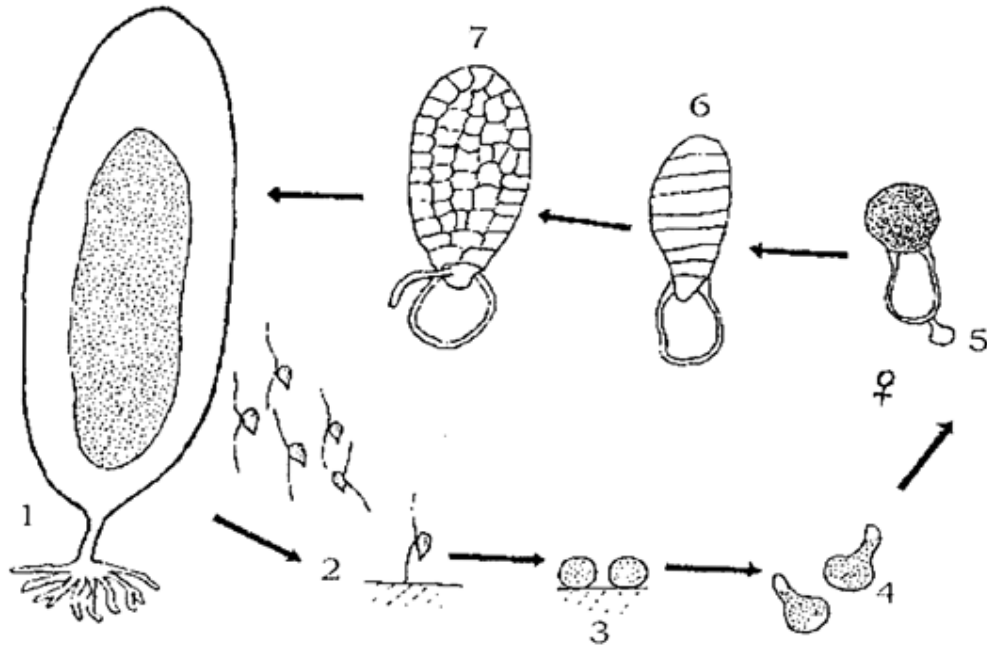


Рис. 14. Цикл развития ламинарии [15].

- 1 – зрелый спорофит с пятном спорангиев;
- 2 – зооспоры;
- 3 – эмбриоспоры;
- 4 – эмбриоспоры с проростковой трубкой;
- 5 – гаметофиты: справа – мужской, с вышедшим из антеридия антерозоидом; слева – одноклеточный женский после выхода яйцеклетки из оогония;
- 6–7 – развивающееся слоевище спорофита.
- 1, 6, 7 – макростадии; 2–5 – микростадии

Число спор у ламинарии огромно. Одно слоевище длиной 250 см и шириной 20 см может дать до 36 млн спор. Зооспоры грушевидные, длиной 5–10 мкм, с двумя жгутиками, отходящими сбоку, и одним хлоропластом внутри. Строение их типично для подвижных клеток бурых водорослей. Споры рассеиваются из зрелых талломов в окружающую воду, разносятся течениями и оседают на субстрат. При подходящих температурных условиях зооспоры способны к активному движению в течение 2 суток. Не найдя места для прикрепления, они погибают. Встретив твердую поверхность, зооспора

прикрепляется к ней передним жгутиком, который сокращается и подтягивает тело зооспоры к субстрату. Затем зооспора теряет жгутики и округляется, у нее появляется хорошо заметная оболочка, и она превращается в эмбриоспору [31].

В течение 1–2 суток эмбриоспора дает вырост – проростковую трубку, куда перетекает протоплазма, отделяющаяся затем перегородкой от опустевшей эмбриоспоры. Так образуется первая клетка гаметофита. Затем на гаметофитах будут созревать гаплоидные половые клетки, которые сольются в диплоидную зиготу, и уже из зиготы вырастет зрелое растение – спорофит (рис. 14). Оболочка эмбриоспоры еще долго сохраняется у гаметофита, даже тогда, когда на нем вырастает спорофит. Именно спора является той ключевой стадией, от которой в конечном счете зависит урожай водорослей, или многоклеточных спорофитов, ибо массовый выход спор крайне важен для их успешного прикрепления (в соответствующее время) и всего последующего развития культивируемых водорослей.

Микроскопические гаметофиты ламинариевых обычно представляют собой однорядные разветвленные стелющиеся нити. Мужские гаметофиты – многоклеточные, женские могут быть одноклеточными и многоклеточными, но и многоклеточные не превышают в диаметре 300 мкм [49]. Обычно они существуют не более 1–4 месяцев до созревания гаметангиев.

Половой процесс у ламинариевых – оогамия. Антеридии в виде мелких бесцветных клеток группами или по одной располагаются на поверхности вегетативных клеток. В антеридиях образуется по одному антерозоиду, после выхода которых мужские гаметофиты погибают. В случае многоклеточного женского гаметофита в оогонии обычно превращаются конечные клетки ветвей, в случае одноклеточного – единственные клетки [49]. На севере гаметофиты ламинарий зимуют на одноклеточной стадии и не растут из-за нехватки света, в Северном море созревают в феврале, причем женские гаметофиты остаются одноклеточными [49]. В каждом оогонии образуется по одной яйцеклетке, которая выходит через отверстие на вершине оогония, но не отделяется, а остается прикрепленной к стенкам отверстия. В таком положении происходит ее оплодотворение и рост спорофита. После выхода всех яйцеклеток гаметофит отмирает, и на месте одного многоклеточного женского гаметофита развивается несколько спорофитов. Женские гаметофиты не пре-

доставляют развивающимся спорофитам никаких питательных веществ, но они обеспечивают им место на грунте. Это важно, так как основная масса зачатков морских донных водорослей, спор и гамет погибает из-за того, что не попадает на твердую поверхность [39].

Оплодотворенная яйцеклетка вырабатывает оболочку и начинает расти, образуя вначале однорядную нить из 7 клеток. Затем, наряду с поперечными перегородками, появляются продольные и образуется однослойная пластинка спорофита. Из нижних клеток пластинки вырастают тонкие ризоиды. По мере роста пластинки увеличивается число слоев клеток, происходит их специализация, появляются ствол и многорядные ризоиды. На этом этапе спорофит представляет собой хорошо знакомое нам растение. Таким образом, важно помнить, что известные нам водоросли – это зрелые спорофиты, макроскопическая стадия жизненного цикла ламинариевых. Споры, гаметофиты и ювенильные спорофиты относятся к микроскопическим стадиям, не видимым невооруженным глазом.

Ламинариевым – крупным водорослям – для роста нужны условия, при которых обеспечивалось бы поступление питательных веществ к слоевищам. Поэтому они обычно растут в местах с сильным течением или прибоем, в водах, обогащенных питательными веществами.

2.7. Культивирование ламинарии на грунте

Как видно из изложенного выше, культивирование ламинарии сводится к двум основным типам: либо она выращивается на грунте, либо в толще воды с применением разнообразных плавающих устройств.

Донное культивирование широко распространено в Китае, где в качестве субстрата для растений используют камни весом порядка 15 кг. В летнее время в местах с обильным осаждением спор камни укладывают рядами на обсыхающей литорали, предварительно выкосив сорную донную растительность. Расстояние между камнями 5–10 см, а ряды располагаются в 2–2,5 м друг от друга. На 1 га размещается 4–4,5 тыс. камней.

В тех случаях, когда количество спор в воде оказывается невелико, их приходится завозить из других мест. Для этого в районах обильного произрастания ламинарии собирают крупные талломы с созревающими спорангиями. Собранные талломы размещают на

берегу в темном прохладном месте на несколько часов (иногда – до 2-х суток) и подсушивают, что стимулирует дружное высypание спор. Такой способ стимулирования называется «сухая темнота». Если теперь талломы погрузить в воду в районе плантаций, стенки спорангиев разрываются, а споры оказываются в толще воды (приобретающей в этот момент мутноватый оттенок) и прикрепляются к рассыпанным камням. Споры прорастают в гаметофиты, из которых быстро развиваются молодые растения. Далее рост растений на плантации происходит, как правило, без вмешательства человека. Плантации даже не требуют прополки, так как сорные нитчатые водоросли погибают во время осушки литорали. Зимой на камнях появляются ростки, а в начале лета водоросли, достигнув длины 2,5–3 м, становятся пригодными для сбора урожая. Урожай собирают во время отлива, погружая водоросли в тачки.

На участках с илистым дном вместо камней в качестве коллекторов для ламинарии применяют корзины из бамбуковых или ивовых прутьев. Диаметр корзин 50–70 см, высота 20–50 см. На одном гектаре рядами размещают до 480 корзин. Перед установкой корзин в них «высевают» споры ламинарии.

Донное выращивание ламинарии окупуется только в тех местах, которые хорошо защищены от волнения. Данный способ не требует больших капиталовложений, каких-либо специальных материалов и устройств, больших затрат труда, но и эффективность такого метода недостаточно высока. Создать крупное хозяйство, в котором использовалась бы технология выращивания ламинарии на дне, практически невозможно. По этой причине в годы советской власти данная технология ни в Приморье, ни на Севере не применялась. В настоящее время многие жители поморских сел на Белом море выращивают ламинарию таким способом на небольших плантациях по принципу "семейного подряда". В качестве семейного бизнеса данное направление альгокультуры, несомненно, имеет перспективы на Севере России.

2.8. Культивирование ламинарии в двухгодичном цикле

Урожайность водорослевых плантаций резко возрастает при выращивании ламинарии в толще воды.

Культивирование ламинарии в двухгодичном цикле первоначально было разработано в северных районах Японии, а затем ус-

пешно адаптировано в российском Приморье и, наконец, модифицировано для условий полярной марикультуры. Наиболее удобны для размещения плантаций полузакрытые бухты, ограниченные далеко выступающими в море мысами. Они имеют хороший водообмен, что обеспечивает постоянный подток биогенов, и прикрывают плантации от волнения, что необходимо для проведения работ. Для выращивания морской капусты применяются ГБТС двух типов.

1. Одиночные тросы в виде однопролетных П-образных установок или многопролетных «гребенчатых» установок с закреплением в промежуточных точках (рис. 15). Длина горизонтального каната 40 м. Якорные оттяжки закрепляются на грунте с помощью бетонных якорей-блоков весом 2 т. Посадочные веревки-поводцы крепятся к горизонтальному канату через 0.5 м. Подъемная сила плавучести меняется в зависимости от массы растущей ламинарии от 450 Н до 4.5 кН. Тросы виниловые диаметром 18–21 мм.

2. Перекрестные системы с опорными канатами (рис. 16) до 70 м длиной и 20 м шириной удерживаются бетонными якорями массой 1 т каждый. Диаметр якорных оттяжек-канатов 40 мм. Несущие канаты диаметром 25 мм заглублены на 1–2 м. Они поддерживаются на плаву пластмассовыми буйами диаметром 20 см. К несущим канатам с интервалом 5 м подвешены веревки диаметром 25 мм, а в них через каждые 30 см вплетены посадочные веревки-поводцы с рассадой.

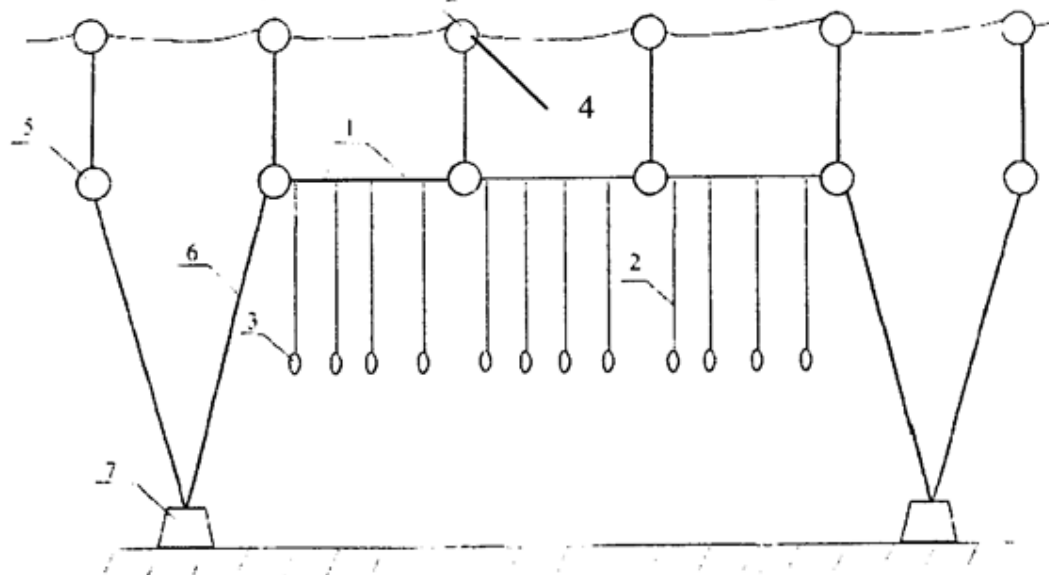


Рис. 15. «П-образная установка» для выращивания ламинарии

- | | |
|--|-------------------------|
| 1 – основной горизонтальный несущий канат; | 4 – буй; |
| 2 – вертикальный поводец; | 5 – поплавок (кухтыль); |
| 3 – грузик; | 6 – якорная оттяжка; |
| | 7 – якорь. |

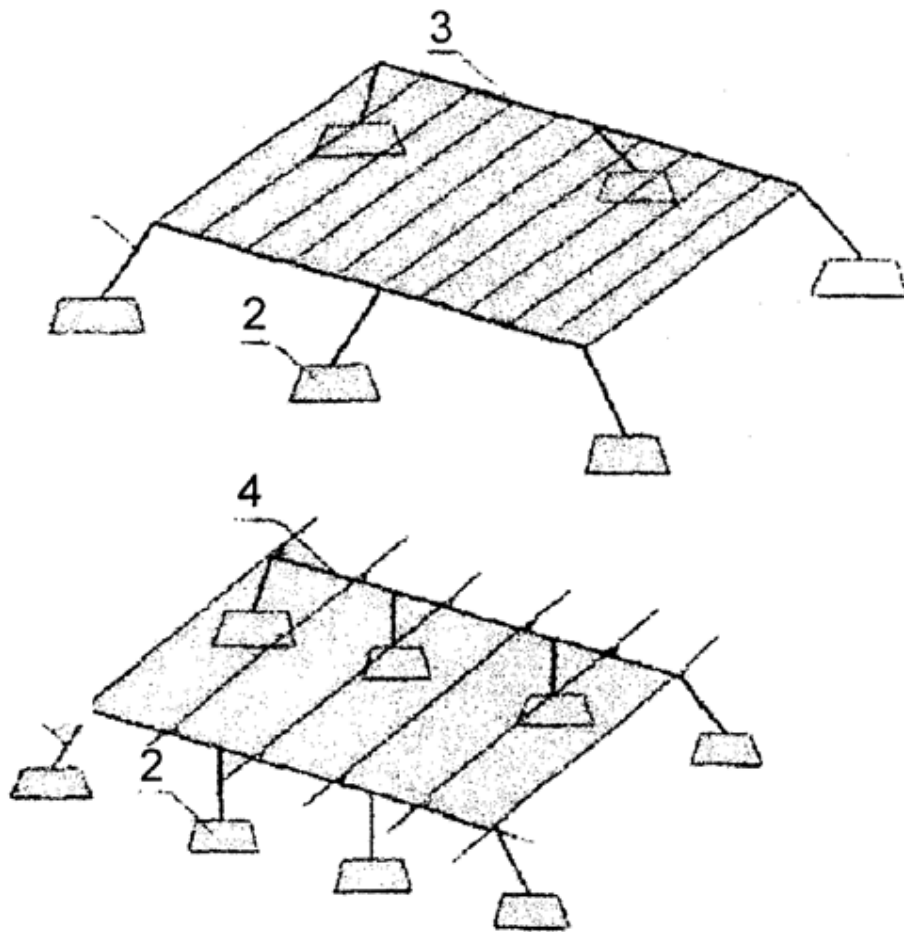


Рис. 16. Перекрестные системы с опорными канатами для выращивания ламинарии.

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1 – якорная оттяжка; | 3 – канатная рама; |
| 2 – якорь; | 4 – опорные канаты. |

Биотехнологическая схема выращивания ламинарии японской в двухгодичном цикле включает 5 основных этапов [28]:

- получение спор и оспоривание субстратов зооспорами зрелых маточных слоевищ;
- размещение рассады на посадочно-выростных субстратах в море и ее дальнейшее выращивание;
- прореживание и пересадка спорофитов на новые выростные субстраты;
- контроль за выращиванием ламинарии до товарных размеров;
- сбор урожая.

Каждый из этапов сопровождается уходом за плантацией и продуманной подготовкой к последующему этапу.

При двухгодичном цикле все этапы культивирования ламинарии – от сбора спор до получения товарной пищевой продукции – находятся в прямой зависимости от условий среды. Спорофиты достигают веге-

тативной зрелости на плантациях на втором году жизни, через 17–18 мес. после осаждения зооспор на искусственный субстрат.

При двухгодичном цикле для получения стабильной продуктивности необходимо ежегодно получать большое количество рассады. Количество спорофитов на субстратах зависит от качества отбора зрелых маточных слоевищ, правильно выбранных сроков "оспоривания", глубины размещения субстратов в море, освещенности, в северных морях – от ледовой обстановки и т.д.

Первый этап – заготовка зрелых маточных слоевищ. Осуществляется в естественных поселениях ламинарии. Для этого лучше всего подходят второгодние слоевища из естественных зарослей. Их собирают либо с помощью специальных приспособлений, либо силами водолазов, отбирая особи с площадью покрытия репродуктивной тканью 50–80%. Период сбора на Тихом океане – конец сентября, на Кольском п-ве – август.

Стимулирование маточных слоевищ происходит в специальных хорошо вентилируемых помещениях с навесами для защиты водорослей от прямого воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Собранные слоевища подсушивают при оптимальных условиях: температуре 14–18°C (Приморье) или 8–12°C (Кольский п-в) и влажности воздуха не более 80–85%. Это занимает 4–5 ч. При этом постоянно наблюдают за выходом спор из спорангиев, чтобы не пересушить водоросли. Каплю воды с поверхности пластин рассматривают под микроскопом (x120). Если в поле зрения находится менее 10 зооспор, подсушка продолжается, если 30–50 спор – маточные слоевища пригодны для оспоривания субстрата.

В качестве субстрата используется сеточник из капрона диаметром 5–6 мм и длиной 5 м. Перед посевом спор сеточник вымачивают 5–7 дней в морской воде, затем просушивают. Подготовленные субстраты кладут в емкости (баки, чаны), чередуя с подсушенными слоевищами, до 5–6 слоев, после чего туда подают воду. При попадании воды на высохшие спорангии они впитывают воду, поэтому из-за повышения тургорного давления стенки клеток разрываются и происходит выход зооспор.

Для прикрепления спор к субстрату требуется 8–9 ч. Если в поле зрения микроскопа на субстрате более 30–50 осевших спор, то оседание считается успешным.

Следующий, второй, этап – размещение оспоренных субстратов в море на плантации. Рано утром, чтобы избежать большого освещения, субстраты с прикрепившимися к ним за ночь спорами вывозят в море и развешивают на горизонтальных канатах на расстоянии 0.5 м друг от друга. После этого начинается основная работа – *уход за оспоренными субстратами.*

Главный элемент ухода – контроль за прорастанием зооспор и образованием женских и мужских гаметофитов. В течение 10–15 дней гаметофиты особенно чувствительны, поэтому оспоренные субстраты не трогают. В осенне-зимний период они сильно обрастают диатомовыми и нитчатыми водорослями, подавляющими рост гаметофитов и ювенильных стадий спорофитов. Поэтому субстраты чистят от диатомовых водорослей и илистых наносов, встряхивая их не реже 1–2 раз в месяц в период с ноября по февраль. Спорофиты размером 1–5 мм появляются во 2–3 декадах декабря, через 75–90 дней после осадения зооспор. На одном 5-метровом субстрате прорастает более 3–4 тыс. спорофитов. В более холодные годы их прорастание замедляется.

На третьем этапе выращивания для успешной борьбы с грибковыми заболеваниями в теплое время года молодые спорофиты размером 50–80 см разреживают. В Приморье эта операция происходит уже в марте–мае, но на Баренцевом море – обычно в июле–августе. При этом с субстратов через каждые 20 см удаляют лишние растения. Оставляют более мелкие – длиной 15–30 см, из расчета 140–150 экземпляров на субстрате, которые и будут расти до момента сбора урожая.

Снятую рассаду пересаживают на новые субстраты. При этом занято 2 человека: один раскручивает веревку, другой вставляет в пряди веревки ризоиды растения. По мере заполнения субстратов их заглубляют, так как оптимальная глубина 4–5 м. Пересадка рассады – наиболее трудоемкий ручной процесс.

Пересадка рассады на новые субстраты-поводцы заканчивается на Севере к 15 сентября. Ламинария остается в море на вторую зиму. Начинается четвертый этап, когда необходимо постоянно следить за качеством продукции. Чтобы оно было высоким, на втором году жизни требуется изменить световой режим. В октябре–ноябре на акваториях, свободных ото льда, канаты следует переводить ближе к поверхности на глубину 1–1.5 м, а в феврале–марте – на

глубину 0.5 м. При соблюдении этих условий в мае–июле двухлетние слоевища имеют наилучшие размерно-массовые показатели: длина 2–4.5 м (максимум 7 м); масса 700–1100 г (максимум 3000г); ширина 20–35 см (максимум 52 см); толщина 2.5–3.5 мм (максимум 5.5 мм). Подо льдом рост ламинарии замедляется.

И, наконец, на пятом этапе важно своевременно убрать урожай. На юге Приморья это – май–июнь, на Баренцевом море – июль–первая половина августа. В последующий период слоевища начинают разрушаться, а также покрываться обрастаниями. Среди обрастателей большой вред наносит спирорбис – полихета, живущая в известковой трубке. Ламинария после обрастания спирорбисами становится непригодной для пищевых целей.

Первичная обработка снятого урожая заключается в сушке, тюковании, заморозке, консервации и отправке потребителю.

2.9. Культивирование ламинарии в одногодичном цикле

Биотехнология культивирования ламинарии в одногодичном цикле состоит из: 1 – получения ранних зооспор стимулированием созревания спороносной ткани, 2 – выращивания рассады в цехе (а не в море, как при двухгодичном цикле) и 3 – выращивания товарной ламинарии на плантации.

Технологические приемы выращивания ламинарии в одногодичном цикле в каждой стране различны, поскольку разработаны с учетом особенностей местных климатических и прочих условий. В российском Приморье освоение выращивания ламинарии по одногодичному циклу на основе биотехнологии, применяемой в Японии, начато с 1979 г. В полярной марикультуре попытки выращивать ламинарию в одногодичном цикле означают интенсификацию одного из этапов, а именно – ускоренное выращивание жизнеспособной рассады в искусственных условиях.

Метод, разработанный в Японии, Китае и Корее, сводится в основном к тому, что зооспоры на слоевищах получают в более ранние сроки. Затем из них форсированным методом в специальных цехах выращивается рассада (с применением трофических, температурных и световых стимуляторов). Рассада вырастает к октябрю, что на 3–4 мес. раньше, чем в природе при двухгодичном культивировании. Товарная продукция, не уступающая по размеру и качественным характеристикам двухгодичной ламинарии, выращивается за 11–12

мес. В южных районах Японии весь цикл проводят за один год: стимулирование спор и осеменение субстратов – в сентябре–октябре; перенос в выростные бассейны – в ноябре–феврале; пересадка рассады в море – в марте–сентябре и уборка урожая – в сентябре–октябре. В северных районах Японии период выращивания ламинарии в море растянут, и весь цикл растягивается на 2 года. Морских хозяйств с полным циклом выращивания в Японии очень мало. Как правило, одни хозяева специализируются на получении рассады, а другие – покупают ее у питомников и подращивают в море.

Одногодичный цикл начинается с отбора слоевищ, способных к раннему спороношению, и стимулированию созревания спороносной ткани.

В январе на плантациях двухгодичного цикла производится подъем канатов со слоевищами с глубины 2 м на 1 м, в феврале – с 1 м на 0–0.5 м. Канаты поддерживаются в этом положении до июля. В марте с этих субстратов отбирают маточные слоевища. Путем анализа морфометрических признаков слоевищ (соотношения между длиной и шириной слоевищ и длиной черешка) отбираются слоевища, предрасположенные к раннему спороношению.

Эти слоевища растут на субстратах у поверхности, в слое воды, богатом биогенами, до конца июля. С середины мая до середины июня их подкармливают азот- и фосфорсодержащими смесями, на полчаса опуская субстрат в специальную емкость. Это необходимо, ибо репродуктивная зрелость наступает у водорослей при накоплении определенного запаса органических веществ. Затем слоевища затеняются световыми экранами для создания оптимального режима освещенности для спорообразования. Субстраты в море на 30–40 дней (до конца июля) помещают в специальные холщовые мешки.

Как мы видим, выращивание ламинарии в одногодичном цикле требует значительной интенсификации всего процесса. Это приводит к повышению затрат и росту себестоимости конечного продукта.

Как мы уже отметили, выращивание рассады можно проводить в цехе или на плантации.

При выращивании рассады в цехе предварительно производится подготовка субстратов – капроновых нитей, которые вымачиваются в морской воде, высушиваются и наматываются на рамки (июнь–июль). Затем слоевища с хорошо развитой спороносной тканью подвешиваются для подсушивания на вешала в помещении с

температурой 16–18°C и влажностью не более 70–80% сроком до 1 ч. После этого каждое слоевище заворачивают в бумагу, складывают в ящики и ставят в темное место на 12–24 ч. при той же температуре и влажности.

Затем слоевища освобождают от бумаги и помещают в емкости с чистой морской водой температурой 15–16°C на 30–60 мин. для вымета зооспор. Полученную суспензию процеживают и разбавляют до концентрации 5–10 зооспор в поле зрения микроскопа при 120-кратном увеличении. Затем в разбавленную суспензию помещают рамки с нитями.

Оседание зооспор на субстраты начинается через 1–2 ч. и продолжается до суток. Затем рамки размещают в бассейне для выращивания на расстоянии 20 см одна от другой. Далее важно не забыть ежедневно перевернуть их на 180° для более равномерного освещения. Стадия гаметофита наступает обычно при попадании рамок в бассейны и длится 5–12 дней.

Температура воды в бассейне постепенно снижается в течение 10 сут. – от 14–15 до 11–12°C. При таком режиме гаметофиты образуют минимум клеток, и на 10-е сутки выращивания происходит массовое оплодотворение и формирование первых клеток спорофитов. При этом подается свет от люминесцентных ламп над поверхностью воды, не менее 14 ч. в сутки (1500–2000 лк). Через 2 дня в бассейнах включается аэрация.

Стадия раннего спорофита начинается с момента деления зиготы и образования первых клеток спорофита. Ее длительность 3–7 дней до получения рассады 1–2 см. Если для стадии гаметофита главным было соблюдение неизменности нормативов температуры и освещенности, то для спорофита к этому добавляется необходимость поступления питательных веществ, важных для активного роста спорофита. Нормативы освещенности для спорофита увеличиваются до 4000–6000 лк. Возрастает также мощность аэрации, что необходимо для стимулирования роста ризоидов, иначе спорофиты после выноса в море будут смыты и унесены с нитями.

Питательная смесь состоит из трех составных растворов, которые смешивают перед употреблением и добавляют в морскую воду в соотношении 1:100 при выращивании гаметофита и 1:50 при выращивании спорофита. Регулярно вносимый питательный раствор строго сбалансирован и подобран таким образом, что включает соли

ряда металлов, не несущих трофических функций, но играющих роль мощных стимуляторов развития и роста гаметофита и спорофита. Вода в бассейне регулярно заменяется на 1/2 – 1/3 объема, с соблюдением температурного режима.

Адаптация рассады к условиям моря происходит при постепенном (в течение недели) повышении температуры воды в бассейне на 0,5°C в сутки (конец сентября на севере Приморья). Для уравнивания концентраций солей моря и бассейна вода в бассейне также постепенно заменяется на морскую. Затем нити с рассадой наматывают на более крупные рамы и на 7–10 дней выставляют в море.

При выращивании рассады на плантации очередность рабочих операций такова.

Нить с рассадой сматывают с рам и разрезают. Затем кусочки нити с рассадой вставляют по 1 штуке в пряди субстратов, расплетая канаты и вплетая туда кусочки нитей с рассадой с интервалом в 10–12 см. Сверху субстраты оставляют без рассады примерно на полметра – для привязывания их к горизонтальному канату.

К середине марта слоевища ламинарии достигают в среднем длины 100–200 см. Чтобы скорость их роста не уменьшалась из-за скученности, спорофиты прореживают и пересаживают на новые субстраты. В Японии и Корее это происходит в конце декабря – начале января, у нас из-за отрицательных температур воздуха в конце марта – начале апреля. К июлю биомасса пересаженных слоевищ не уступает биомассе оставшихся.

Перспективно проводить не весеннее, а осеннее прореживание и пересадку слоевищ, по китайской технологии. В связи с этим разработана стратегия получения рассады в цехе до середины сентября, чтобы вынести ее в море на рамках до середины октября, а затем в течение месяца пересадить на субстраты. При таком способе существенно удлиняется период вегетации слоевищ – с ноября, а не с марта, по июль–август.

К началу августа выращенные слоевища достигают средней биомассы 800 г, средней длины 400 см, ширины – 20 см, сухих веществ – 15–20%. Слоевища с верхних частей субстратов достигают наибольшей биомассы – до 1500 г в начале июля. Уборку урожая рекомендуется начинать в июле и заканчивать к концу августа – началу сентября.

Эксперименты по одногодичному выращиванию ламинарии осуществлялись в Приморье, на Сахалине и в Охотском море. Перспективность данной биотехнологии для условий Севера требует дополнительного изучения.

2.10. Значение и перспективы промысла и культивирования красных водорослей на Севере

Красные водоросли, или багрянки – самая обширная среди донных морских растений и очень своеобразная группа водорослей. Насчитывает более 600 родов и около 4000 видов.

Наряду с зелеными («а» и «б» хлорофиллами) пигментами, а также желтыми (двумя каротинами и несколькими ксантофиллами) они содержат специфические пигменты *билипротеины* – красный фикоэритрин и синий фикоцианин. Разное сочетание этих пигментов определяет окраску багрянок – от фиолетовой до кроваво-красной. Подавляющее большинство багрянок обитает в морях. Диапазон глубин, занимаемых багрянками, очень широк – гораздо шире, чем у бурых и зеленых водорослей. Благодаря красным пигментам, улавливающим солнечный свет на большой глубине, они могут достигать даже глубин 100–200 м. Обычно наиболее плотные заросли красные водоросли образуют на глубине 20–40 м. Здесь они доминируют в донной растительности, составляя основу кормовой базы фитофагов.

Внешне большинство багрянок – крупные растения: от нескольких сантиметров до одного метра (хотя встречаются и микроскопические формы). Слоевища красных водорослей по форме весьма разнообразны и даже причудливы. Это нитевидные, пластинчатые, цилиндрические, корковидные, пузыревидные, кораллоподобные, рассеченные и разветвленные формы. Багрянки разделяются на 2 класса: примитивные бангиевые и более высоко организованные флоридеевые. Одноклеточные формы встречаются лишь у представителей класса бангиевых, все представители класса флоридеевых – многоклеточные организмы. Процесс размножения красных водорослей крайне своеобразен, в сложном цикле развития отсутствуют подвижные стадии: споры и гаметы лишены жгутиков.

Красные водоросли издавна используются человеком и имеют большую практическую ценность. Их традиционно используют в пищу в виде водорослевой муки – на корм скоту и в качестве удобрений, а в последнее время – как источник уникальных химических

соединений. Из 160 известных видов съедобных макрофитов половина (81 вид) – это красные водоросли, содержащие много белка, а также витамины и микроэлементы. Наиболее важны виды рода *Porphyra*, в меньшей степени – родов *Palmaria*, *Gracilaria*, *Gelidium*, *Eucheuma*.

В мире багрянки активно употребляют в еду в самом разнообразном виде. Из них готовят салаты, приправы, гарниры к мясу и рыбе, варят супы, их едят сушеными или засахаренными. На первом месте в ряду съедобных водорослей находятся родимения и порфира. Красные водоросли хорошо усваиваются человеческим организмом (как правило, на 60–80%), т.е. так же, как огородная капуста. Они высококалорийны, содержат большое количество витаминов групп В и С и другие важные для человека вещества.

Промышленное использование красных водорослей основывается на присутствии в их оболочках фикоколлоидов – слизистых веществ из группы полисахаридов. Самый ценный продукт – агар, представляющий собой смесь слизистых веществ, извлекаемых из водорослей путем выварки. С виду агар напоминает студень белого или желтоватого цвета. После высушивания ему можно придать вид плиток, брусков, кубиков, лент или измельчить в порошок. В настоящее время его производят из большого числа видов; только в Японии используют около 30 видов агарофитов. В России сырьем для агара служит анфельция (*Ahnfeltia*). Его производство организовано на Дальнем Востоке и на Белом море. По данным Архангельского водорослевого комбината, на Белом море ежегодно заготавливается около 200 т сухих водорослей, из которых получают примерно 29–34 т агара. По своим физическим свойствам агар похож на животный желатин, но имеет совсем другое химическое строение. Его преимущество перед желатином в том, что он остается твердым при более высокой температуре.

Агар совершенно незаменим при культивировании микроорганизмов как в научно-исследовательских лабораториях, так и в микробиологических отраслях промышленности. Культуры микроорганизмов (например, штаммы бактерий или дрожжи) идеально развиваются на агаре, который служит для них и субстратом, и пищей. Дешевых заменителей агара на сегодняшний день не существует. Его применяют как лекарство при расстройствах кишечника, добавляют вместо крахмала в хлеб для больных диабетом. На агаре де-

лают капсулы и таблетки с антибиотиками, витаминами, сульфопрепаратами.

Агар широко применяется и в пищевой промышленности. На нем готовят желе, мармелад, мягкие конфеты, варенье, так как он предохраняет их от засахаривания. Его используют при приготовлении мясных и рыбных консервов и желе, для очистки вин, в виде добавок к сыру, мороженому и др. Другим потребителем агара является бумажная промышленность, где с его помощью бумаге придают плотность и глянец. Текстильщики применяют агар при отделке тканей.

Из других фикоколлоидов багрянок известны каррагинан и агароид. Каррагинан получают главным образом из хондруса (*Chondrus*) на побережье Атлантики. Первыми его начали использовать жители Северной Ирландии, поэтому он известен под названием “ирландский мох”. На Балтийском море разновидность каррагинанов – фурцелларан получают из фурцеллярии (*Furcellaria*). Россия потеряла теперь запасы этих водорослей, оказавшиеся в странах Балтии. Агароид добывают из черноморской водоросли филлофоры (*Phyllophora*). Опять же, ее скопления сегодня расположены на территории Украины. Получают его и в других странах.

Кроме того, красные водоросли содержат биологически активные вещества, обладающие антивирусной, антибактериальной и антигрибковой активностью. Это источник гемоагглютининов. Так, из *Ptilota plumosa* выделен гемагглютинин, специфичный к группе В крови человека. Это источник органических и неорганических соединений брома и иода, а также многих других химических соединений. Бромфенолы обнаружены в *Odonthalia dentata* и видах рода *Polysiphonia*, высокое содержание соединений иода – в *Phyllophora brodiaei* и *Ptilota plumosa* у побережья Кольского п-ва. В лечебных целях традиционно используют водоросли родов *Porphyra*, *Chondrus*, *Gelidium*, *Digenea*, *Corallina*.

Более половины добываемых в мире красных водорослей получают в результате культивирования. Основные районы культивирования красных водорослей – это страны с теплым климатом. У побережий Северной Атлантики водоросли добываются только из естественных зарослей, хотя экспериментальные исследования возможностей их культивирования проводятся во многих странах. Так, на Атлантическом побережье Канады и США проводятся эксперименты

по культивированию *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata*, *Gigartina stellata*, *Gracilaria tikvahiae*, *Furcellaria lumbricalis* [52, 51, 47, 50]. В Канаде разработана промышленная технология выращивания *Chondrus crispus* в бассейнах-культиваторах [44]. В Норвегии изучаются возможности культивирования водорослей родов *Halosaccion*, *Furcellaria*, *Gracilaria*, *Gelidium*, в Швеции – *Chondrus* и *Furcellaria*, во Франции – *Gracilaria*, *Solieria*, *Palmaria*, *Chondrus* [39].

В странах Европы красные водоросли не культивируют, импортируя агар и каррагинан из развивающихся стран с теплым климатом и дешевой рабочей силой. В нашей стране красные водоросли также не выращиваются: культивирование их на плантациях в море нерентабельно по причине низкой продуктивности, а разведение в бассейнах оказывается дорогостоящим. Успешным примером можно считать лишь эксперименты по культивированию теплолюбивой грацилярии в лагунах Дальнего Востока. В то же время очевидно, что сейчас наступил момент определения новой стратегии использования красных водорослей, основанной на концепции рационального природопользования. Это необходимо и потому, что Россия утратила запасы красных водорослей на Балтике и в Черном море и потому, что запасы водорослей неуклонно снижаются – во многом из-за нерационального промысла, как это происходит с анфельцией на Белом море. Поэтому сейчас важно оценить перспективы культивирования и промысла красных водорослей Баренцева и Белого морей.

Такие исследования проводятся. В первую очередь они касаются основного агарофита анфельции (*Ahnfeltia plicata*). Оказалось, что этот вид характеризуется низким темпом роста, сложным и длительным жизненным циклом [40] и его выращивание нерентабельно ни для экстенсивного, ни для интенсивного метода культивирования. Неудивительно, что неоднократные, начиная с 1960-х гг., попытки выращивания анфельции в Белом море не принесли ощутимых результатов, как и опыты по выращиванию *Ahnfeltia tobuchiensis* на Дальнем Востоке. В связи с этим не случайно в качестве основного направления использования анфельции предлагается рациональная разработка природных зарослей и мероприятия по восстановлению природных зарослей вида в районах промысла [39]. Это не потребует дополнительных исследований, так как на сегодня имеется много данных и предложений о рациональном использова-

нии анфельции [10, 16] и даже о возможном восстановлении ее зарослей путем “подсева” [7].

Кроме анфельции для Баренцева и Белого морей характерно присутствие целого ряда красных водорослей – ценного сырья для получения других фикоколлоидов: *Furcellaria fastigiata*, *Phyllophora brodiaei*, *Chondrus crispus*, *Gigartina stellata* и другие виды. Это – основные объекты промысла в странах Северной Атлантики. Из этих видов у нас на Севере наиболее перспективным для культивирования видом можно считать хондрус (*Chondrus crispus*). Через Белое и Баренцево моря проходит северо-восточная граница ареала вида. В тех губах, где он отмечен, хондрус образует ассоциации с *Fucus serratus*. Хондрус хорошо растет в садках [9], обладает средним темпом роста, хотя и растет несколько медленнее, чем виды родов *Gracilaria* и *Eucheuma*.

Часть 3.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

3.1. Общие подходы к марикультуре водных беспозвоночных

Среди беспозвоночных животных объектами марикультуры являются моллюски, ракообразные, иглокожие и губки. Все эти организмы имеют схожие жизненные циклы. Важнейшей особенностью их развития является наличие активной свободноплавающей личинки – основной расселительной стадии (рис. 17, 18).

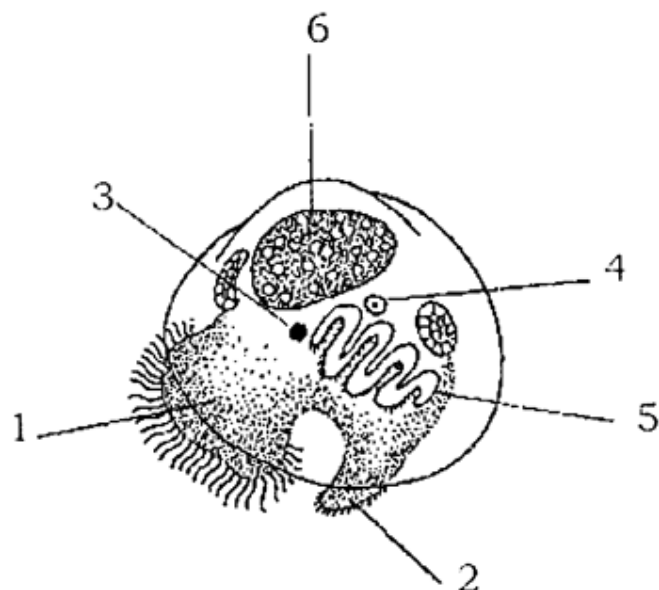


Рис. 17. Велигер («парусник») – личинка двустворчатых моллюсков на примере мидии *Mytilus edulis* (ориг.)

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 1 – парус (велум) с ресничками; | 4 – статоцисты; |
| 2 – нога; | 5 – жаберные петли; |
| 3 – пигментные глазки; | 6 – печень. |

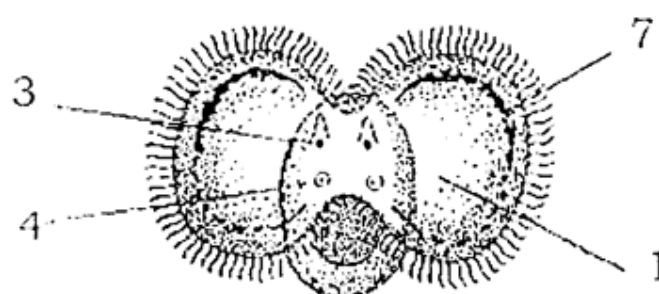


Рис. 18. Велигер брюхоногих моллюсков на примере литорины – *Littorina littorea* (ориг.).

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| 1 – парус (велум) с ресничками; | 4 – статоцисты; |
| 3 – пигментные глазки; | 7 – пигментные пятна. |

При полноциклическом культивировании все стадии развития находятся под контролем. При фрагментарном культивировании личинки изымаются из окружающей среды (или покупаются у другой фирмы, специально занимающейся их получением от диких производителей и подращиванием) и выращиваются до товарных размеров. Фрагментарным культивированием занимаются хозяйства двух типов: выростное и товарное.

Выростное хозяйство специализируется на получении и подращивании в промышленных масштабах жизнестойкой молодежи (посадочного материала). Товарное хозяйство выращивает посадочный материал до товарной стадии.

В свою очередь, товарные предприятия бывают двух основных типов. Одни выращивают гидробионтов в инкубаторных условиях (в садках, бассейнах, установках с замкнутым циклом водоиспользования) на специальных кормах, т.е. фактически идут по пути одомашнивания видов. Другие содержат выращиваемый объект в условиях естественной кормовой базы: в бухтах, лиманах, лагунах, водохранилищах, на искусственно созданных банках и рифах. Это и есть упоминавшееся уже ранее ранчирование. Целью ранчирования может быть не обязательно разовый вылов продукции, а постепенное направленное повышение коммерческих уловов.

3.2. Конхокультура

Общие принципы конхокультуры

Конхокультура – раздел аквакультуры, занимающийся проблемами культивирования моллюсков. Тип Мягкотелые (*Mollusca*) объединяет животных, мягкое тело которых состоит из трех частей (головы, туловища и ноги) и, как правило, прикрыто известковой раковиной. В типе *Mollusca* выделяют два основных класса.

Двустворчатые моллюски (класс *Bivalvia*) имеют раковину, состоящую из двух створок. Створки смыкаются или раскрываются с помощью мощного мускула-замыкателя. Нога сплюснута с боков и заострена по свободному краю, образуя подобие кия. С помощью такой ноги можно не только ползать по грунту, но и внедряться в него. У многих двустворчатых моллюсков на нижней поверхности ноги имеется биссусовая железа, выделяющая тягучие нити биссуса, с помощью которых моллюск заякоривается на выбранном "месте стоянки".

У некоторых прикрепленных видов нога рудиментируется (мидия) или исчезает совсем (устрица). Тело двустворчатых моллюсков покрыто складкой-мантией. Из-под мантии могут выглядывать светочувствительные глазки (например, у гребешков). Складки мантии образуют два сифона. Вводной сифон засасывает воду с пищевыми частицами и кислородом для дыхания; выводной – выводит осветленную воду и экскременты. У форм, глубоко зарывающихся в ил и песок, края сифонов вытягиваются в длинные мускулистые трубки, выступающие над поверхностью грунта, как, например, у мии.

Наличие системы сифонов позволяет двустворчатым моллюскам питаться фильтрационным способом, отсеживая из воды микроскопические водоросли и органическую взвесь. Фильтрационный способ питания имеет два важных последствия. Экологическое последствие заключается в том, что двустворчатые моллюски играют роль природных очистителей воды. 1 м² поселений моллюсков профильтровывает за сутки до 300 м³ воды, очищая ее от примесей и взвеси. Двустворчатые моллюски, таким образом, являются естественным биофильтром гидроэкосистем.

Анатомическое последствие заключается в редукции головы. Малоактивным животным, занимающимся исключительно процеживанием воды, какой-либо "думатель" оказывается решительно не нужным.

Брюхоногие моллюски, или улитки (класс *Gastropoda*), обладают спирально закрученными раковинами (рис. 19). В раковине, как в колпачке, спрятано тело улитки. Из отверстия раковины – устья высовывается нога с широкой ползательной подошвой и голова с парой глаз и "рожек". Рот улиток имеет мощные челюсти и специальный аппарат для перетирания пищи – терку. Улитки питаются самой различной пищей; среди них есть вегетарианцы, хищники и потребители мертвого органического вещества. В поисках пищи многие брюхоногие моллюски совершают сложные перемещения, медленно скользя по субстрату на широкой подошве ноги. По сравнению с двустворчатыми моллюсками они являются активными "интеллектуалами", способными, например, предчувствовать изменения погоды, приближение шторма и т.п.

И двустворчатые, и брюхоногие моллюски размножаются яйцами, число которых очень велико (у одной самки – до нескольких миллионов). Из яиц моллюсков вылупляются личинки – велигеры, плавающие в воде с помощью покрытой ресничками складки – па-

руса (велюма). У двустворчатых моллюсков парус однолопастной (рис. 17); у личинок улиток состоит из двух лопастей (рис. 18). Кроме паруса, у личинок можно обнаружить пигментные глазки истатоцисты, или слуховые пузырьки – органы равновесия беспозвоночных животных. У личинки мидии также хорошо заметны нога, жаберные петли и печень.

Велигеры относятся течениями довольно далеко от родительских поселений. Срок их жизни в водной толще составляет 2–3 недели, после чего они превращаются в постличинку – педивелигер. У педивелигера уже формируется нога. Благодаря этому он может не только плавать в воде, но и ползать по субстрату, активно исследуя его свойства. Если педивелигеру что-либо не понравится на первоначально выбранном для оседания месте, он может вернуться в водную толщу и уплыть на поиски нового субстрата. Задача педивелигера – найти подходящее место для оседания и перейти к донному образу жизни, после чего его парус исчезает, и моллюск утрачивает способность плавать.

Основное направление использования моллюсков – пищевое. Человек издавна употреблял в пищу как двустворчатых моллюсков (устриц, мидий и др.), так и улиток (морское ушко, трубача и др.). Наибольшее их количество потребляют в свежем и сыром виде, в виде консервов и др. В разных группах в пищу используют следующие части тела: у крупных видов брюхоногих – ногу, мелких потребляют целиком или после удаления внутренних органов. У двустворчатых употребляют мускулы-замыкатели, сифон, половую железу; у головоногих – все тело после удаления внутренностей и скелетной пластинки.

У многих видов брюхоногих и двустворчатых моллюсков раковину используют для получения перламутра, промышленных изделий, украшений и сувениров. В Европе чрезвычайно ценился внутренний – перламутровый слой раковин моллюсков, из которого вырезали камни и использовали для инкрустаций.



Рис. 19. Обитатель побережий северных морей улитка литторина (*Littorina littorea*).

Резьба по перламутру раковин речных двустворчатых моллюсков (униониды – *Unionidae* и пресноводные жемчужницы – *Margaritiferidae*) была очень распространена у русских поморов (рис. 20).



Рис. 20. Деревянный поморский крест, инкрустированный перламутром

Эти же виды были источником речного жемчуга, который, как известно, образуется в перламутровом слое моллюсков. Перламутр высокого качества получают из тропических морских брюхоногих моллюсков (*Trochus niloticus*), а также из халиотисов (род *Haliotis*). Среди двустворок развитым перламутровым слоем обладают пинны (сем. Pinnidae) и птериы, они же морские жемчужницы (сем. Pteriidae). Эти последние являются источником настоящего морского

жемчуга. Морские жемчужницы принадлежат к двум родам: птерии (*Pteria*) и пинктады (*Pinctada*). Именно пинктад разводят в Японии в садковых хозяйствах для получения жемчуга.

В Северной Америке кусочками раковин расшивали кожаные пояса – вампумы, служившие символами и документами. В 1682 г. на одном таком вампуме был увековечен договор, по которому вождь Лени-Ленапе передал Вильяму Пенну территорию нынешнего штата Пенсильвания.

Во многих регионах раковины моллюсков служили в качестве денег, например, в Северной Америке (где кроме вампумов имели хождение монеты из раковин халиотисов), а также в Океании, Юго-Восточной Азии и Восточной Африке. На Соломоновых о-вах диски из раковин тридакны нанизывали на шнуры "пелы" длиной несколько метров. "Пелы" ходили в качестве валюты по всей Океании. Но первой конвертируемой валютой в истории человечества стали деньги "каури", представлявшие собой раковины улиток ципрей (*Cypraea moneta*, *C. annulus* и др.). Из Юго-Восточной Азии каури попали в Китай, Японию, Индостан, где в начале нашей эры были единственной валютой. Из Индии каури попали в Европу – к португальским завоевателям и далее на север, вплоть до городов Ганзы и Новгорода. Уже европейцы завезли каури в Африку, где на 2–3 пригоршни этих денег можно было купить невольника. Каури потеряли значение как валюта только на рубеже XIX и XX вв. Одновременно началось их триумфальное шествие по коллекциям собирателей раковин – конхиломанов.

Финикийцы научились добывать из "пурпурных улиток" – халиотисов пурпурную краску, которая была самым дорогим красителем в античном мире. Пурпур извлекали из крошечной слизистой железы мантии халиотиса. Для получения 1 г пурпура требовалось собрать 85 тыс. моллюсков. Секрет краски попал от финикийцев в Ассирию, Египет, Иудею и Персию. Особенно ценили пурпурную краску римляне, красившие ею императорские мантии. Краска эта не выгорала на солнце, не линяла под дождем и не тускнела от времени. Стоимость ее была так высока, что сенаторам на пурпурную краску денег уже не хватало; они имели на своих тогах только узкие красные полосы.

Моллюски, важные для промысла и культивирования

В длинном списке промысловых и культивируемых моллюсков лидирует Большая Тройка видов – это представители двустворчатых моллюсков устрицы, мидии и гребешки. Однако полный список видов, перспективных с точки зрения промысла и аквакультуры, значительно шире. Ниже перечислены основные промысловые виды, встречающиеся в холодных морях (табл. 1).

Таблица 1

Основные холодноводные промысловые виды
(по Левин, 1994, с изменениями)

Класс, семейство	Основные виды	Распространение	Объем вылова, тыс.т
1	2	3	4
БРЮХОНОГИЕ			100
Халиотиды	<i>Haliotis ruber</i>	Япония	7
Морские ушки (Haliotidae)	<i>Haliotis gigantea</i>		4
Морские блюдечки (Tecturidae)	<i>Patella vulgata</i> <i>Patella pontica</i> и др.	Северная Атлантика	Не установлен
Литториниды (Littorinidae)	<i>Littorina littorea</i>	Северная Атлантика	4
Букциниды Трубачи (Buccinidae)	<i>Buccinum undatum</i> Прочие виды	Северная Атлантика	14 3
ДВУСТВОР- ЧАТЫЕ			4900
Нукуланиды Леды (Nuculanidae)	<i>Nuculana pernula</i> <i>Portlandia arctica</i>	Арктическое побережье Евразии Арктическое побережье Атлантики	Не установлен
Арциды (Arcidae)	<i>Anadara broughtani</i> и др.	Японское море	75
Митилиды (Mytilidae)	<i>Mytilus edulis</i>	Атлантика	500
Остриды (Ostreidae)	<i>Crassostrea gigas</i>	Дальний Восток, Европа, США	700
Пектинидаы (Pectinidae)	<i>Patinopecten (Mizuhopecten) yessoensis</i> <i>Swiftopecten swifti</i> <i>Pecten maximus</i> <i>Chlamys nobilis</i>	Японское море Японское море Северо-восток Атлантики Япония	Всего – 800 450 15

1	2	3	4
Астартиды (Astartidae)	<i>Astarte borealis</i>	Север Атлантики, Пацифики	Не установлен
Кардииды – Сердцевидки (Cardiidae)	<i>Cerastoderma edule</i> <i>Clinocardium ciliatum</i> <i>Serripes groenlandicus</i>	Северо-Восток Атлантики Север Атлантики и Пацифики	35
Теллиниды (Tellinidae)	<i>Macoma calcaria</i> <i>Macoma balthica</i>	Север Атлантики и Пацифики	Не установлен
Арктициды (Arcticidae)	<i>Arctica islandica</i>	Север Атлантики	170
Венериды (Veneridae)	<i>Venerupes japonica</i> <i>Venerupes decussata</i> <i>Mercenaria mercenaria</i> <i>Saxidomus giganteus</i>	Японское море Европа США, Канада США, Япония	160 30 10
Мактриды (Mactridae)	<i>Spisula solidissima</i> <i>Spisula sachalinensis</i>	США Японское море	150 15
Мииды (Myidae)	<i>Mya arenaria</i>	Северная Атлантика, США	20

Среди брюхоногих моллюсков в полярных морях наибольшее промысловое значение имеют *Buccinum undatum* и *Littorina littorea*.

Buccinum undatum – хищная улитка с веретеновидной раковиной размером до 10 см. Питается полихетами, иглокожими и двустворчатыми моллюсками. Его активно добывают вдоль европейского Атлантического побережья, в Северном море. Это излюбленный объект промысла в Англии, Шотландии и Ирландии, где букцинумов обычно ловят в корзины с приманкой. Их едят в вареном виде или используют как наживку для рыбной ловли.

Littorina littorea – небольшая темно-серая улитка с раковиной овально-конической формы, размером до 3 см, массовый вид на обоих побережьях Северной Атлантики (рис. 19). Эта невзрачная улитка, в изобилии встречающаяся на камнях литорали и супралиторали Белого моря, где питается обрастаниями и детритом, весьма ценится европейскими гурманами. Отварных литорин можно встретить во французском ресторане на тарелке с другими “морскими фруктами”.

Среди двустворок помимо упомянутой выше Большой Тройки можно выделить несколько видов, промысел которых также очень развит в северных морях. Это холодноватоводные сердцевидки – *Cerasto-*

derma edule, распространенная на литорали от Мурмана до Средиземного моря, *Clinocardium ciliatum*, обычная на Севере и Дальнем Востоке, и наиболее крупный (до 10 см) *Serripes groenlandicus*, излюбленный корм моржей. Это живущие на песчаных отмелях, как и сердцевидки, мелкие макомы, а также крупная (до 15 см) мия *Mya arenaria*, закапывающаяся порой на глубину до 30 см и обладающая двумя длинными выростами сифонов для фильтрации воды. В США мию успешно культивируют как для еды, так для получения рыболовной наживки.

Но все же, без сомнения, среди двустворок в северных морях объект номер один как добычи, так и разведения – это мидия *Mytilus edulis* (рис. 21, 22).



Рис. 21. На свисающих с плотов канатах мидии образуют плотные поселения.



Рис. 22. Мидиевая ферма на Белом море (мыс Картеш).

Биологические особенности двустворчатых моллюсков – – объектов аквакультуры

При культивировании моллюсков необходимо учитывать их биологические особенности. Значительные биологические различия между классами брюхоногих и двустворчатых подразумевают применение принципиально разных подходов и биотехнологий для их успешного культивирования.

Прежде чем перейти к описанию деталей аквакультуры мидий в северных морях, представляется целесообразным остановиться на основных биологических особенностях моллюсков, крайне важных для использования их в аквакультуре. По мнению дальневосточных специалистов по культивированию моллюсков [28], таких особенностей можно выделить шесть.

1. Фильтрационный тип питания, близость к начальным звеньям трофической цепи.
2. Относительно короткий жизненный цикл.
3. Быстрый рост во всей толще воды, где расположены гидробиотехнические сооружения, до достижения товарных размеров.
4. Устойчивость взрослых моллюсков к колебаниям солености и температуры воды (эвригалинность и эвритермность).
5. Высокая плодовитость.

6. Высокая морфологическая вариабельность в естественных и искусственных местообитаниях.

В связи с принципиальной важностью этих особенностей остановимся на каждой из них подробнее. Рассмотрим их, опираясь на пример культивирования мидии в полярных условиях Белого моря, более чем на 6 мес. в году скованного льдом (рис. 23). Этот уникальный научно-производственный эксперимент, не имеющий аналогов в мировой практике, был начат на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН в 1975 г. группой научных сотрудников под руководством Э.Е.Кулаковского [18, 19]



Рис. 23. Мидиевая плантация у полярного круга: контроль за состоянием субстратов в зимнее время.

Как мы увидим, в условиях Заполярья биологические особенности моллюсков проявляются несколько иначе, чем в дальневосточных морях.

1. Культивируемые моллюски – фильтраторы по типу питания. Они питаются непосредственно фитопланктоном, бактериями, детритом. Мельчайшие частицы фитопланктона, детрита вместе с током воды проходят через мантийную полость тела, где задерживаются ресничками жабр и направляются в ротовое отверстие, а ки-

слород через тончайшие стенки тех же жабр проникает в гемолимфу, выполняющую функцию крови. При обитании в естественных водоемах и при культивировании, что для нас особенно важно, моллюски, таким образом, не нуждаются в специальном кормлении. Им необходимо лишь обеспечить достаточный водообмен в местах культивирования, чтобы в избытке поступали кислород и питательные вещества. Таким образом, двустворчатые моллюски выгодно отличаются от таких объектов марикультуры, как, например, хищные рыбы, находящиеся на более высоком трофическом уровне. “Оборачиваемость” продукции из-за короткого жизненного цикла и коротких пищевых цепей здесь намного выше. Культура моллюсков отличается большим выходом продукции с единицы площади. Так, например, продуктивность крупного рогатого скота составляет 0.34 т/га, а продуктивность мидиевых хозяйств оценивается, по разным данным, в 120, 300, 500 и 600 т/га. Статистические сводки обычно приводят данные по общему весу моллюсков; чистый же вес мяса без раковинных створок в 4 раза меньше, но створки тоже используются.

2. Короткий жизненный цикл характерен главным образом для моллюсков, культивируемых в теплых районах. Например, в условиях южной части Приморья у мидий и устриц половозрелость наступает уже на первом году жизни. В Белом море мидии становятся половозрелыми в начале третьего года жизни. Это несколько замедляет процесс культивирования, но не слишком отражается на функционировании постоянно действующего мидиевого хозяйства, где сбор урожая происходит в разные годы с разных субстратов.

3. Коллекторы с осевшей молодью размещаются на гидробиотехнических сооружениях в толще воды. Это снижает отрицательное воздействие пресса хищников (в первую очередь, морской звезды) и риск паразитарных инвазий в условиях подвесной культуры. Хищники уничтожаются, а паразиты в отсутствие контакта с моллюсками бентосных популяций практически отсутствуют, как это было показано на примере мидиевых плантаций Белого моря [20]. Не случайно плотность поселения мидии в подвесной культуре существенно превышает плотность поселения в наиболее благоприятных естественных местобитаниях – на мидиевых банках Кандалакшского залива Белого моря, где она достигает 59 кг/м^2 [23]. Мидии на коллекторах обгоняют мидий донных биоценозов и в темпе роста, так как фильтрация происхо-

дит у них круглосуточно, без перерывов на время отлива. Так, беломорские мидии в подвесной культуре достигают товарного размера 50 мм за 4 года, что, как минимум, вдвое быстрее, чем это происходит у литоральных мидий в естественных условиях. Отношение массы мягких тканей к раковине моллюсков у культивируемых мидий приблизительно вдвое выше, чем у литоральных [37].

4. Культивируемые моллюски, в природе обитающие в верхних наиболее изменчивых горизонтах – в верхней сублиторали и на литорали, привыкли к непостоянству температурного и соленостного режима среды обитания. Так, в Белом море мидия (эврибионтный вид) представляет собой важнейший компонент литоральных и сублиторальных (до глубины 15 м) сообществ [2]. Температура на этих глубинах варьирует в течение года в пределах от -1°C до $+20^{\circ}\text{C}$. Соленость в эстуарных районах, где находятся мидиевые банки, летом опускается от 25‰ до 11‰, а в период весеннего ледотаяния может упасть до 0. Не случайно беломорская мидия успешно выживает в условиях эксперимента в диапазоне солености от 10 до 40‰. Крайне устойчива мидия и к высыханию.

5. Во время нереста мидии, устрицы и гребешки выбрасывают половые клетки (гаметы) в окружающую среду, где происходит их наружное оплодотворение и личиночное развитие. Каждая самка выделяет до 25–100 млн. яиц. Столь высокая плодовитость – адаптивная особенность, позволяющая эмбрионам и личинкам выжить в начальный, самый уязвимый период жизненного цикла. По данным ряда ученых, в естественных условиях почти 99% личинок погибает до стадии оседания, а в личиночных выростных бассейнах они выживают до 90%. По данным некоторых авторов, выживаемость 25% личинок к моменту оседания является хорошим показателем для промышленного культивирования моллюсков.

После непродолжительного периода планктонного развития, приходящегося на пик максимального прогрева воды, личинки оседают на субстрат. Там они претерпевают метаморфоз, в ходе которого лишаются провизорных личиночных органов, необходимых им для плавания, и превращаются во взрослых моллюсков. Их размеры столь малы, что их нельзя увидеть без помощи микроскопической техники. Диаметр оседающих личинок беломорской мидии после месячного планктонного плавания составляет 200–250 микрон. Эта осевшая молодежь, или спат, начинает быстро расти.

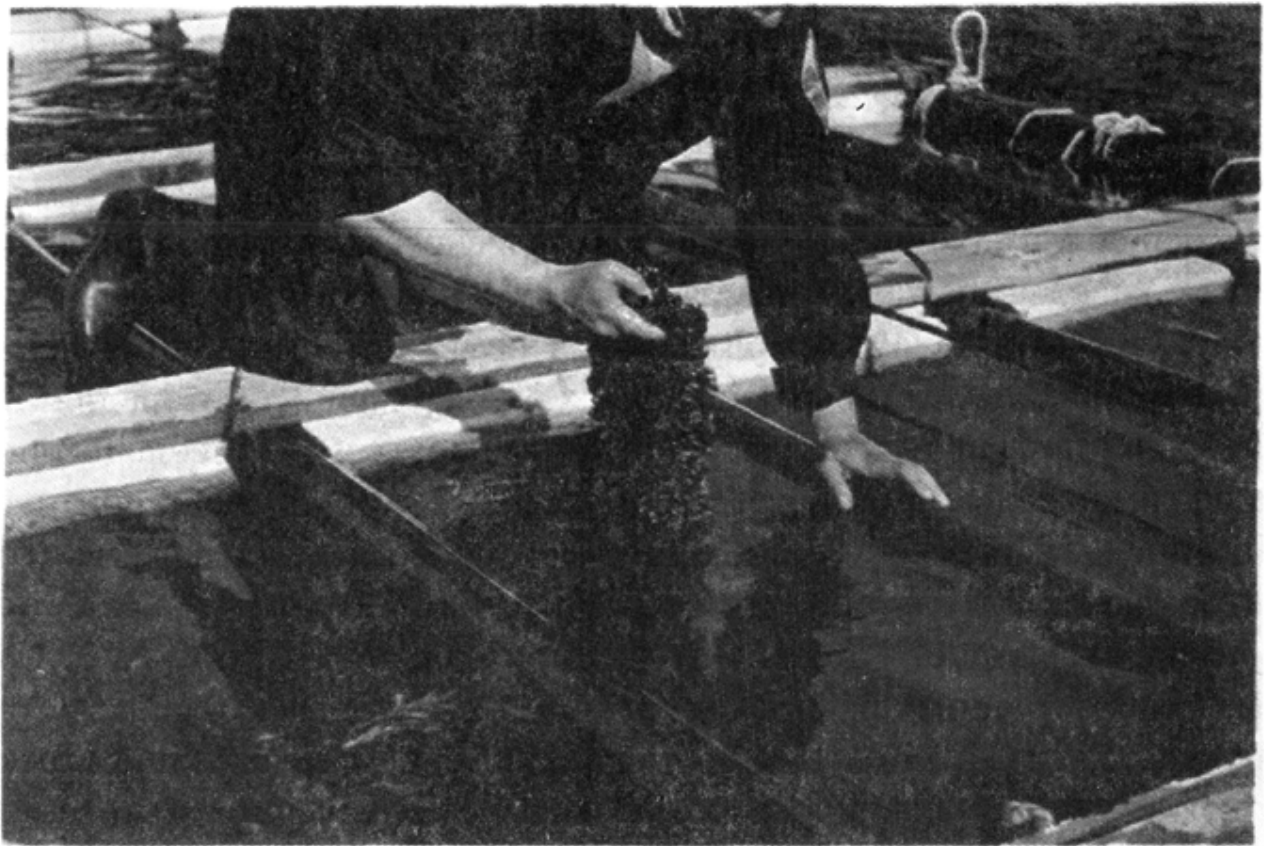


Рис. 24. Плановый отбор проб для изучения скорости роста моллюсков.

Известно, что значительная часть личинок погибает из-за нехватки субстратов и выедания донными хищниками. Культивирование предполагает снижение воздействия этих факторов благодаря использованию искусственных субстратов (коллекторов), размещаемых в толще воды, и регуляции плотности осевших личинок, или спата. Эти операции – основные и наиболее важные в конхокультуре [28].

6. В естественных скоплениях моллюсков наблюдается значительная их разнородность морфологическая, физиологическая и т.д. Различия могут быть фенотипическими: т.е. не закрепленными генетически и зависящими в основном от среды, и генотипическими. Во втором случае для успешного выполнения задач культивирования и проведения селекционных работ необходимо исследовать генофонд популяций моллюсков, что составляет задачу популяционной биологии. Так, например, разная окраска раковины беломорских брюхоногих моллюсков – улиток литторин (*Littorina obtusata*) служит признаком определенных физиологических различий. Один тип окраски характерен для моллюсков, устойчивых к опреснению, другой – для улиток, наименее подверженных заражению паразитами [34]. Среди куль-

тивируемых в Белом море мидий моллюски с полосатой раковиной имеют в среднем большие размеры, чем бесполосые [38].

Особенности культивирования двустворчатых моллюсков

Культивирование двустворчатых моллюсков обычно состоит из 4-х основных этапов: 1) обследование *маточного стада* – естественных или искусственных маточных банок со зрелыми производителями; 2) получение от них посадочного материала (приплод, молодь или спат); 3) выращивание его до товарных кондиций; 4) сбор урожая, с оставлением его части для пополнения маточного стада.

В мировой практике эта схема реализуется по-разному. В наиболее распространенном и более традиционном случае весь процесс протекает в море. При этом человек осуществляет пассивную регуляцию, что выражается в подборе мест для плантаций и плотности посадки моллюсков с учетом скорости водообмена, солености и температуры. Важны также прогнозирование оптимальных сроков выставления коллекторов и регуляция численности обрастателей и хищников. Это характерно для экстенсивного культивирования, сопряженного с большими затратами труда и материалов и зависимостью от внешних условий. При экстенсивном культивировании морские фермы могут быть подвержены стрессовому воздействию как абиотических, так и биотических факторов. Например, в 1978 г. морские звезды, массово осевшие на коллекторы, на 80% уничтожили спат гребешка на плантациях в заливе Посьета [28].

Культивирование мидии в Белом море протекает по аналогичной экстенсивной схеме. Это оправдано по двум причинам. Во-первых, мидия – массовый для Белого моря вид, и проблем со спатом в местах обитания мидии не бывает практически никогда. Если субстраты вблизи поселений мидий-производителей имеются в достаточном количестве, то они всегда оказываются в избытке заселенными спатом. Возможно, отчасти по этой причине мидия, в отличие от устрицы и гребешка, практически не культивируется в полноциклических хозяйствах замкнутого цикла, где спат получается в искусственных условиях.

Во-вторых, летнего прогрева Белого моря достаточно для того, чтобы прирост мидий оказался весьма существенным. В Баренцевом море мидии также выращиваются в условиях подвесной культуры. Несмотря на то что море там не замерзает круглый год, мидии

растут не быстрее, чем в Белом море, ввиду низкой летней температуры воды. В губе Дальнезеленецкой, где расположено экспериментальное мидиевое хозяйство ПИПРО, температура воды редко превышает 8°C.

В другом случае, при смешанной методике, спат получают в результате стимуляции нереста (гребешков) или искусственного оплодотворения (устриц) и дальнейшего регулируемого выращивания личинок на специальных заводах. Товарное выращивание затем производится в море. Таким образом, получение посадочного материала интенсивным способом сочетается с экстенсивными методами культивирования моллюсков до товарных размеров. Это позволяет выбрать желаемых производителей и ускорить процессы развития личинок и роста молоди путем создания оптимальных условий. Такой полуинтенсивный метод применяется в технически развитых странах, таких, как Канада, Северная Америка и Франция, где спат тихоокеанской устрицы получают в заводских условиях.

В случае интенсивного метода культивирования двустворок все стадии развития протекают под контролем, в замкнутых системах. Это возможно при экспериментальном культивировании, например, при выведении более продуктивных или более устойчивых к заболеваниям рас того или иного вида гидробионтов.

В замкнутых системах культивируют моллюсков разных стадий развития: личинки, спат, молодь, взрослых особей. Для каждой стадии подбирается оптимальное сочетание физико-химических параметров воды и концентрации биогенов и одноклеточных водорослей. При таком интенсивном культивировании по замкнутому циклу водоснабжения моллюски растут очень быстро. Так, американские устрицы достигают товарного размера за 1 год вместо 4 в естественных условиях. Замкнутая система водоснабжения разработана и применяется в Норвегии для выращивания молоди лососевых рыб.

Для хозяйств полноциклического типа важно иметь посадочный материал в разные сезоны года независимо от природных циклов размножения моллюсков. Поэтому половые продукты, а затем личинки получают в результате стимуляции нереста у особей-производителей. Используются физические, химические и биологические методы стимуляции.

Особенности мирового опыта культивирования мидий

На Севере – на Белом и Баренцевом морях – мидии растут в условиях подвешной аквакультуры. Рассмотрим теперь, как их выращивают в разных районах мира.

Как показано выше, при культивировании мидии используется момент массового оседания личинок на искусственные субстраты, приготовленные заранее. Субстрат должен успеть покрыться первичным слоем микроводорослей и бактерий, иначе оседающие личинки будут его избегать. Мидия может набрать воздух между створок и достаточно долго плавать в поисках подходящего субстрата, затем осесть и вновь выпустить биссус – производное биссусной железы в виде клейкой нити, с помощью которой моллюск прикрепляется к субстрату.

Все многочисленные варианты культивирования мидии относятся к трем возможным типам: на грунте, с помощью донных устройств и в подвешной культуре на плавучих устройствах, не связанных с грунтом.

1. Культивирование на грунте («голландский способ»)

Культивирование мидий на грунте с давних пор производится в Нидерландах. Это один из наиболее традиционных методов, не требующий больших капиталовложений и затрат труда. Ежегодная продукция выращиваемых мидий (*Mytilus edulis*) более 100 тыс. т. Этому благоприятствует рельеф дна – множество мелководных пляжей полузакрытого типа. Там выращивается молодежь мидий, собранная на естественных банках, которая затем, по достижении размера 20 мм, переносится на более глубокие места. По мере роста мидий участки постоянно прореживают, перенося моллюсков на более свободные участки и доводя таким образом плотность их размещения до оптимальной для данной стадии развития.

При таком способе выращивания мидии достигают товарных размеров (65 мм) через 2.5 года. В районах, где они большую часть времени покрыты водой, моллюски достигают товарных размеров 55 мм за 1.5 года. Товарные мидии собирают драгами и складывают слоями в местах с незначительным приливом, оставляя на 48 ч, чтобы моллюски освободились от тины. Затем их отправляют на предприятия для механизированной переработки (разделение друз, очистка, сортировка, упаковка).

Недостатки такого способа выращивания состоят в доступности моллюсков для хищников и паразитов (в первую очередь, *Mytilicola*), а также в накоплении в моллюсках песка, минеральных частиц и продуктов метаболизма. Основные хищники – морские звезды (*Asterias rubens*), крабы (*Carcinus maenas*) и птицы. Преимущества этого способа – почти полная механизация и отсутствие ручного труда: молодь и товарные мидии собираются с кораблей при помощи драг.

В настоящее время кроме видов рода *Mytilus* на грунте культивируются моллюски родов *Crassostrea*, *Mya*, *Spisula*, *Mercenaria*, *Venerupes*. Наиболее широкомасштабное применение данного способа практикуется в США. В России в заливе Посьета осуществляется экспериментальное выращивание на грунте молодежи гребешка *Ratinopecten yessoensis*.

2. Культивирование с помощью донных устройств («французский способ»)

Культивирование мидии методом “бушо” известно во Франции с XIII в. Он был изобретен ирландцем Патриком Вальтоном, который потерпел кораблекрушение и оказался на необитаемом острове у Атлантического побережья. В целях пропитания он ловил морских птиц в силки, привывая их к жердям. Жерди, будучи погруженными в море, обрастали мидиями. Он неоднократно повторил свои попытки получения урожая мидий, назвав этот способ пропитания “bout-choat”. В настоящее время урожай на бревнах на Атлантическом побережье составляет около 5 т/га (рис. 25).

Для культивирования используют бревна или колья диаметром 15–20 см, длиной 4–6 м, которые вертикально закапывают в грунт параллельными рядами по 100–150 м на расстоянии 2.5 м друг от друга. Затем веревки или шнуры с прикрепившимся к ним спатом – осевшей из планктона молодью мидий – наматывают по спирали на бревна. Для того чтобы произошло оседание спата на веревки, их заранее выставляют в море, привывая горизонтальными рядами к бревнам с мидиями или к специальным стеллажам возле мидиевых банок или плантаций. Обычно субстраты выставляют с февраля по апрель, а к середине июля заканчивается пересадка осевшей молодежи на бревна. Возможен вариант, при котором мидии остаются на горизонтальных веревках до получения товарной продукции, при этом они больше времени проводят под водой и быстрее растут, чем на бревнах.



Рис. 25. "Французский способ" выращивания мидий на бревнах.

Центральный район западного побережья Франции обеспечивает спатом все Атлантическое побережье Франции (и не только Франции). Оттуда веревки со спатом мидии поставляются в Нормандию и Бретань, где традиционное выращивание на бревнах по-прежнему преобладает. Приток кислорода и биогенов осуществляется за счет приливо-отливного цикла. В целом по Атлантическому побережью амплитуда приливов и отливов составляет 5 м, но в отдельных районах она гораздо больше. Так, у границы Нормандии и Бретани, в районе знаменитой горы Сен-Мишель, она составляет 12 м.

В последние годы осевший спат на веревках дополнительно помещается в сетчатые хлопчато-бумажные или синтетические мешки, вытянутые в виде труб диаметром 0.1 и длиной 5 м. Вокруг кольев по спирали наматывают эти нейлоновые трубы с мидиями. Такая упаковка, растягиваясь, не препятствует росту мидий, но предотвращает их опадание с субстратов. За 10 мес. выращивания (с мая по февраль) мидии достигают товарных размеров 40–50 мм. С одного столба снимают 10–25 кг моллюсков. Общая протяженность всех используемых кольев составляет примерно 600 км, ежегодная

продукция мидий с них достигает 7000 т при средней продуктивности хозяйства 6–7 т/га.

В других странах используются различные вариации этого типа субстрата: колья, шести, сваи, стойки и т.д. В странах, расположенных в более северных районах, где температура ниже и моллюски растут медленнее, экономически выгоднее выращивать их не на литорали, а в зоне сублиторали, где они все время находятся в толще воды, не подвергаясь осушению. При этом обычно используются специальные донные устройства типа контейнеров или стеллажей. Например, контейнер, применяемый в Англии для выращивания устриц, состоит из стальных рам, в каждую из которых вставляются пластмассовые лотки. Для установки на грунт контейнеров и уборки урожая используют небольшой понтон с подъемником. Подобный метод, кроме интенсификации процесса роста моллюсков, способствует культивированию в замерзающих районах и снижению воздействия пресса хищников. Это выгодно, так как позволяет механизировать многие процессы выращивания и сократить обслуживающий персонал.

Следует отметить, что применение донных устройств для культивирования мидий затруднено в замерзающих акваториях из-за истирающего воздействия, которое лед оказывает на ГБТС.

3. Культивирование методом подвесной культуры в толще воды ("японский способ")

Этот способ имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с двумя предыдущими способами культивирования. Как уже говорилось, моллюски не соприкасаются с грунтом и таким образом лучше защищены от воздействия хищников и паразитов, а также фильтруют без перерывов на отлив.

В зависимости от района выращивания, профиля дна, величины прилива, глубины, защищенности от штормов плавучие устройства могут быть неподвижными или подвижными. Неподвижные устройства устанавливают в неглубоких водоемах, в основном, в поверхностных водах с незначительными колебаниями приливов и небольшим наклоном дна (рис. 26, А). Общий вид конструкции может напоминать раму.

Подвижные устройства размещают на глубоких местах, независимо от рельефа дна. С помощью неподвижных устройств моллюсков выращивают в Канаде. В России такие устройства широко ис-

пользуются в прибрежных акваториях Японского и Белого морей с глубинами до 30 м.

Общая схема состоит в наличии некой жесткой конструкции, к которой крепятся искусственные субстраты, донных якорей, прикрепленных на оттяжках к этой конструкции, и балластной системы (буйков, поплавков и т.д.). Например, в Кандалакшском заливе Белого моря несущий каркас носителя представлен стальными тросами, натянутыми между берегами (см. рис. 21). Тросы прикреплены металлическими скобами к прибрежным валунам. Между натянутыми тросами располагаются наплава в виде деревянных ящичков с пенопластом, пустых бочек и поплавков от невода, которые прикрепляются к тросам. Дальше или к наплавам крепятся деревянные бруски, или к тросам – плоты. К ним, в свою очередь, подвешиваются субстраты из капроновой дели, на которые оседают планктонные личинки мидий (см. рис. 22). Такой тип конструкции удобен в небольших бухтах, где мало штормит.

В США, у атлантических берегов пролива Лонг-Айленда, применяется простая система, в основе которой лежит использование плавающих пенопластовых бочек, поддерживаемых канатами. С этих канатов свисают коллекторы-веревки с грузиками, на которые оседают личинки. Бочки крепятся к массивам, расположенным на дне залива. Осевший на коллекторы спат быстро растет и достигает промысловых размеров (8–10 см) за 18 мес. выращивания [36].

Конструкции подвижных устройств значительно сложнее, чем неподвижных (рис. 26 В, С). Обычно плавучее устройство состоит из системы плавучести, решетки (платформы), крепящих (якорных) полей, балласта и швартового блока. Они отличаются от неподвижных устройств тем, что к их решеткам подвешивают выростные приспособления (коллектор, садок, лоток и др.), а сами решетки соединяют с одним или несколькими плавучими элементами (поплавки, бочки, шары, буи и пр.).

Для выращивания моллюсков, образующих массовые скопления (мидия, гигантская устрица), в качестве выростных приспособлений используются в основном веревки или веревочные коллекторы, покрытые сетями для предотвращения опадания моллюсков. Для дорастивания особо крупных моллюсков используются садки, например, для "доведения" до элитных размеров устриц и гребешков на Дальнем Востоке (рис. 27).

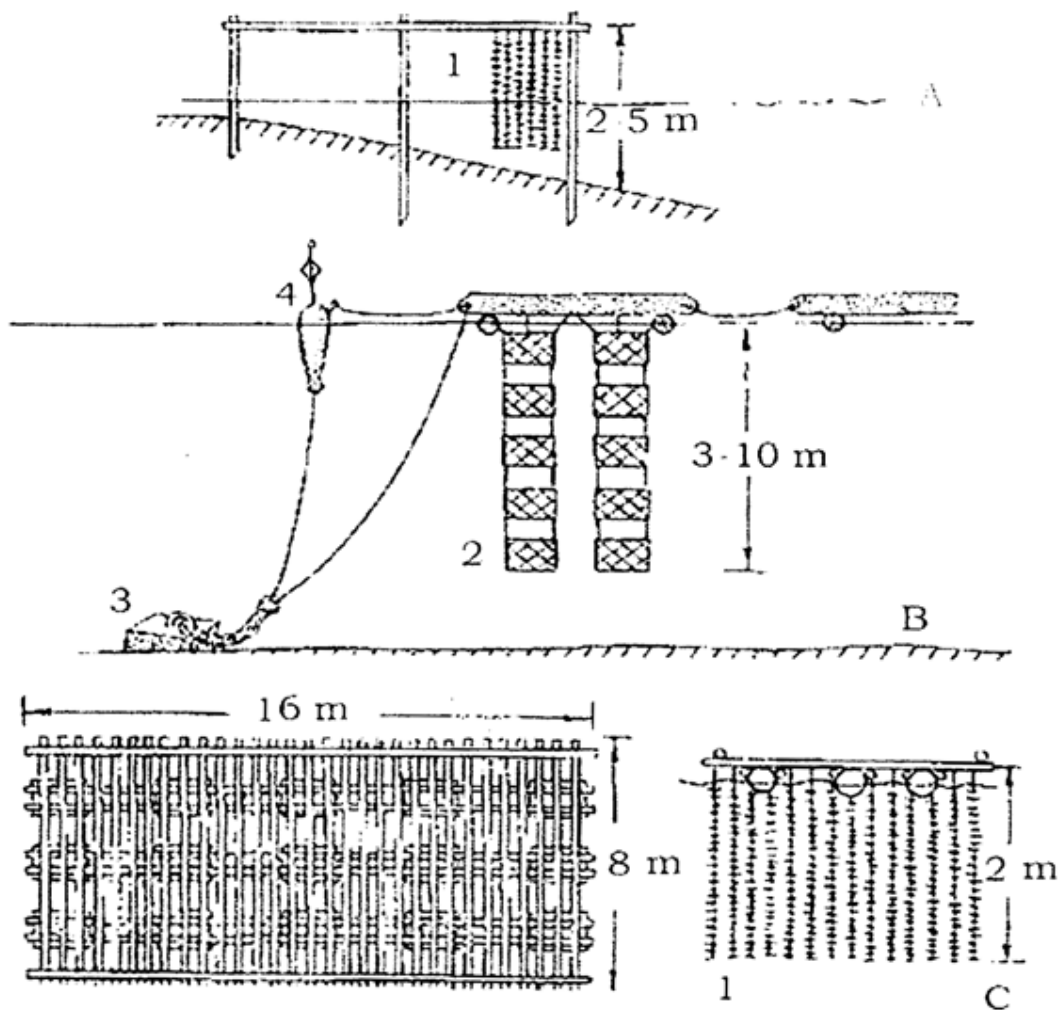


Рис. 26. Выращивание моллюсков в толще воды: А – на рамах, В, С – на плотках.
 В – плот с садками (Фленсбургский фьорд, Германия);
 С – с ваерами (Север Японии): слева – вид сверху, справа – вид сбоку.
 1 – ваер с коллекторами, 2 – садок, 3 – якорь, 4 – буй.

Вместо садков в качестве выростных устройств могут использоваться также лотки (рис. 28).

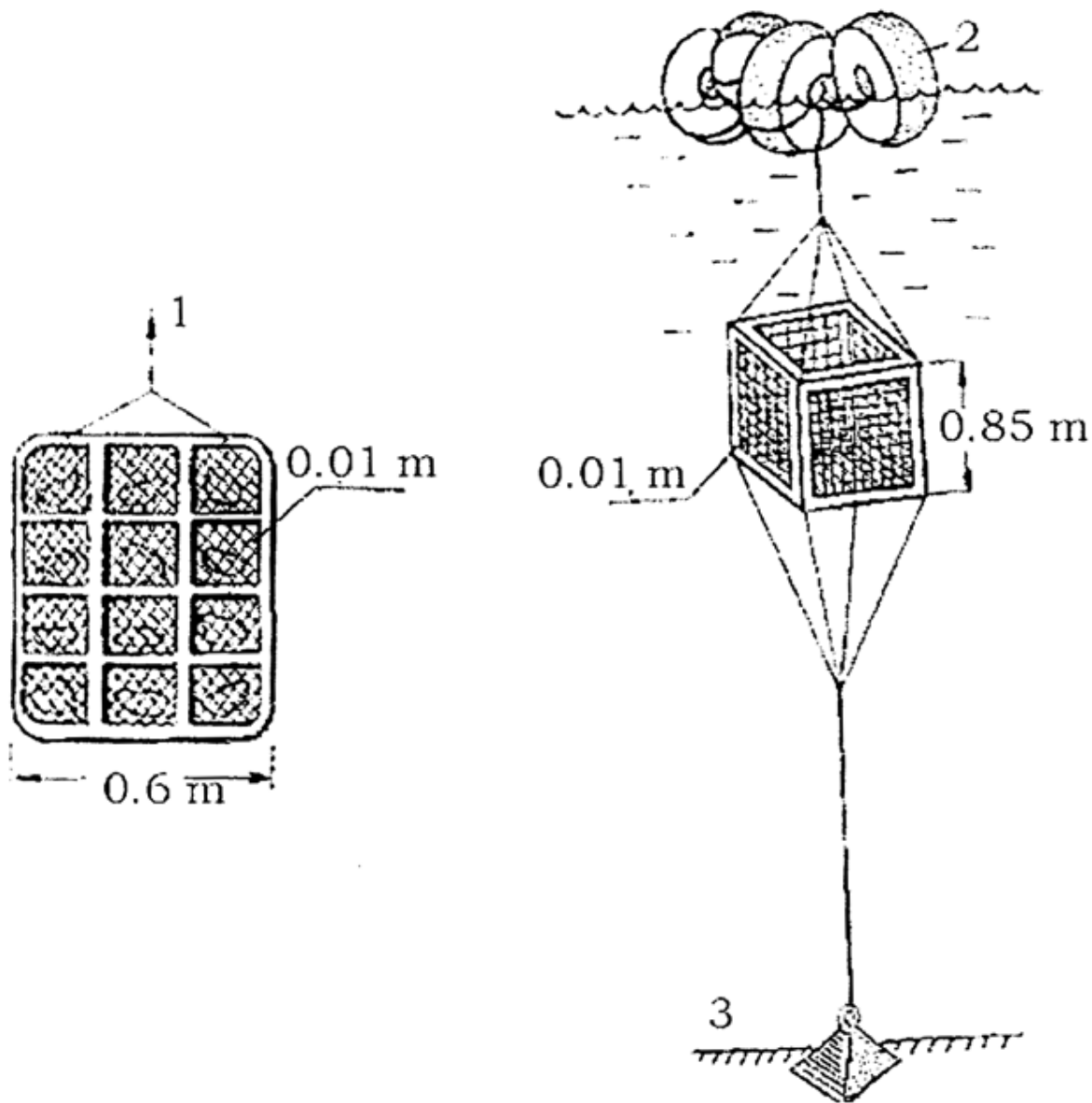
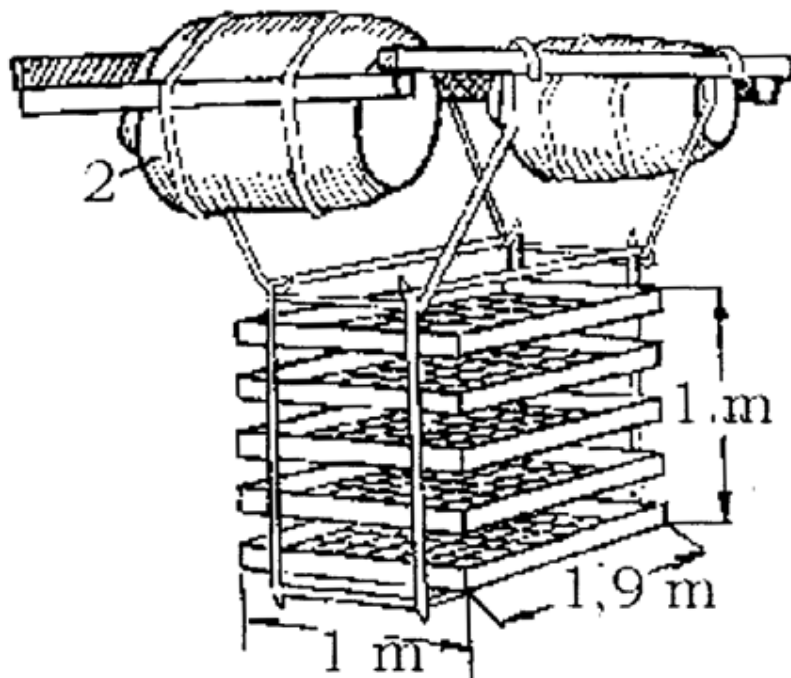


Рис. 27. Садок – “карман” для выращивания устриц (слева) и способ его автономной установки (справа).
 1 – конец к плоту , 2 – плавучесть , 3 – якорь .



Плавучие устройства редко бывают совершенно не закрепленными, даже при их установке в небольших бухтах. Их можно заглублять при необходимости, например, в случае частых штормов или при замерзании воды в прибрежной зоне зимой. Самое простое устройство – плот из древесины или бамбука (рис. 29). Конструкция плота различна в разных странах.

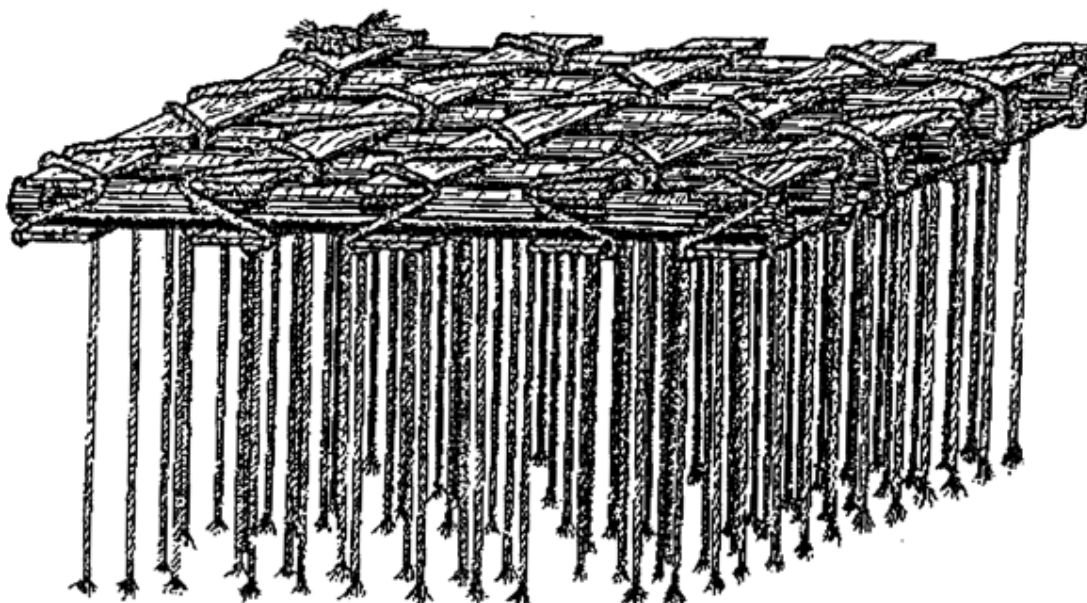


Рис. 29. Деревянный плот-коллектор с искусственными субстратами для выращивания мидий в Северной Японии и Белом море.

Наиболее емкими конструкциями, позволяющими получать максимальный объем урожая, являются ярусные установки (рис. 30). Ярусные установки чаще всего крепятся к определенному участку дна с помощью нескольких якорей. При приближении к такой конструкции под водой она напоминает букву "П", и поэтому называется "П-образная установка" (рис. 30, А). Другие ярусные установки имеют только один якорь и как бы стелются по воде, уступая воздействию ветра и волн (рис. 30, В). Элементы такой конструкции обычно довольно дешевы; они изготавливаются из порожней тары, остатков рыболовных сетей и пр. (рис. 30 С, D).

Темп роста мидий по достижении ими товарного размера в разных районах Европы различен. Он варьирует от 11 мес. (в подвесной культуре) до 20 мес. (при «французском» способе выращивания). В наших морях сроки оседания и темпы роста мидий тоже

варьируют. Так, в Приморье нерест мидий наблюдается с мая по август, массовый пик оседания приходится на июнь. Через 11 мес., в мае, мидии достигают среднего товарного размера 40–55 мм, через 2 неполных года, также в мае, их средний размер уже 50–65 мм.

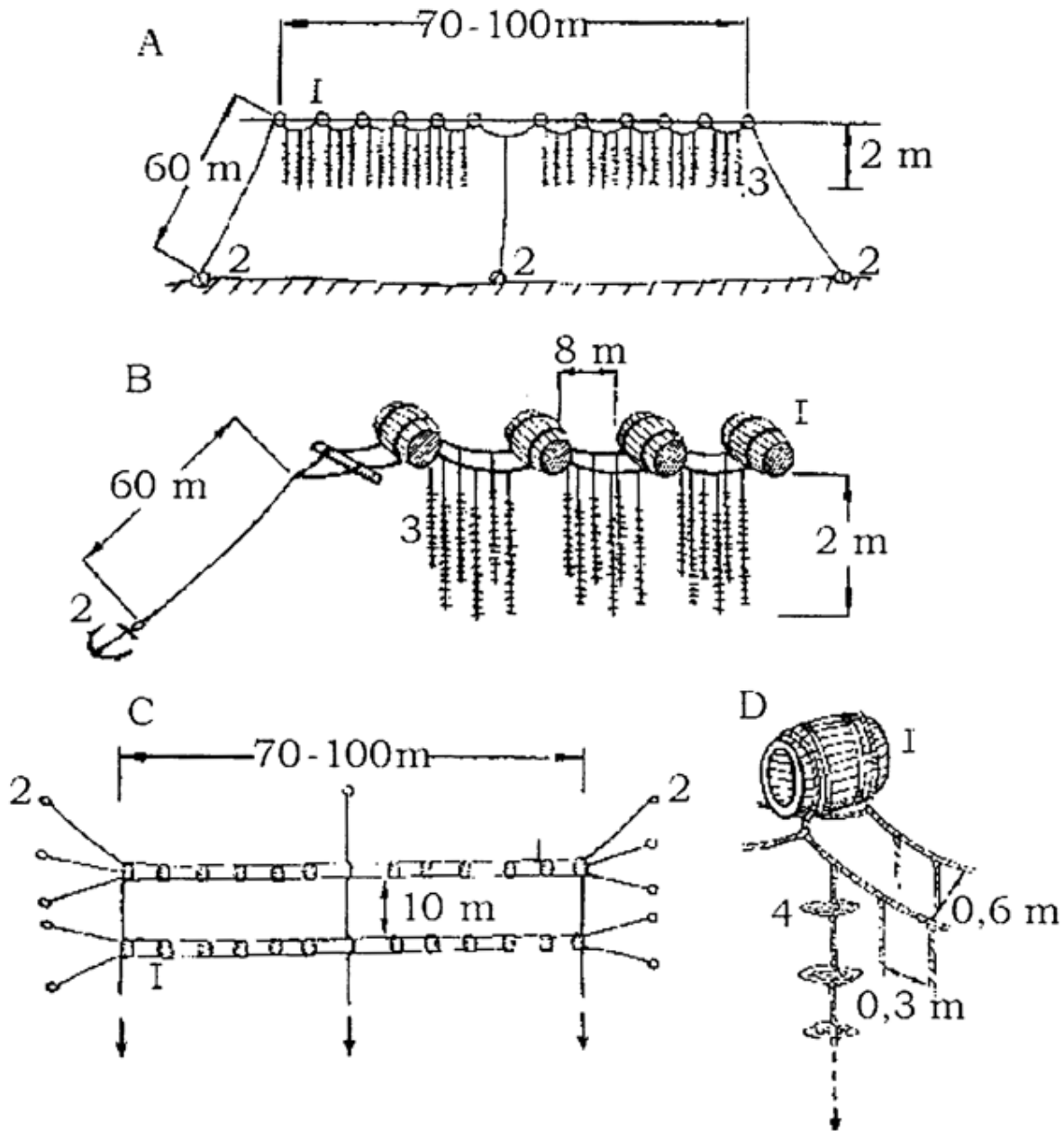


Рис. 30. Ярусный способ культивирования мидий :А–П-образная система; В – отдельный ярус Ж ; С – серия ярусов ; D – элемент яруса.
1 – плавучесть , 2 – якорь , 3 – ваер с коллекторами , 4 – коллектор.

В Белом море нерест мидий продолжается с июня по август, массовый пик оседания приходится на начало августа. Для достижения товарного размера (около 5 см) мидиям требуется 4 года, половая зрелость наступает на третьем году жизни. Это не удивительно, ибо с ноября по май, как показали наблюдения за ростом мидий

в садках, моллюски не растут. Подвесная марикультура удобна тем, что можно варьировать глубину расположения субстратов. Биотехнологический процесс предусматривает притапливание субстратов на глубину 2 м зимой для того, чтобы избежать их механического повреждения при истирании льдом. Затем предусматривается подъем их в период весеннего таяния льда в Белом море с целью освобождения субстратов от морских звезд, которые не выносят опреснения [32]. При этом морские звезды отрываются и падают на дно; экспериментально установленная граница солености, ниже которой звезды теряют способность прикрепляться к субстрату, составляет 16‰ [4]. Для мидий подобное опреснение безвредно, так как они, как все двустворчатые моллюски, способны успешно изолироваться от неблагоприятных воздействий среды на длительный срок (до 2-х недель), плотно смыкая створки.

Для сравнения, в Черном море массовый пик оседания молодежи приходится в северной части моря на март–май и сентябрь–ноябрь (западные районы), а также на февраль–март и август–сентябрь (восточные районы – Судакская бухта). В южной части моря этот пик приходится на январь–февраль и октябрь–ноябрь, в Керченском проливе – на май–июнь и август–октябрь. Предусматривается 2 этапа заглубления коллекторов: первый – после оседания личинок на глубину 3–3.5 м, для подращивания спата и предотвращения оседания личинок, и второй – осенью, на глубину 4–7 м от поверхности, для защиты от осенних штормов. Товарный размер 50 мм достигается в Черном море за 12–15 мес. (Керченский залив и др. районы). Но в северо-западной замерзающей зимой части моря этот период удлиняется до 30–36 мес.

Темп роста мидий зависит от количества и расположения их на коллекторах. Кроме хищников, и прежде всего, морских звезд, планктонные личинки которых также оседают на плоты, на мидий на субстратах воздействуют конкуренты, задерживая их рост и развитие. Это организмы обрастания: баянусы, губки, мшанки, гидроиды, водоросли, асцидии, другие моллюски. Их личинки так же оседают из планктона и затем растут. Эти организмы особенно отрицательно воздействуют на моллюсков на первом году жизни, когда их размеры еще невелики и устойчивый биоценоз мидиевого сообщества с преобладающей по биомассе и плотности поселения мидией еще не сформирован. Для борьбы с ними субстраты выни-

мают из воды на 3–4 ч, а иногда и обрабатывают механически, снимая вручную конкурентные организмы. Такая обработка проводится 1–2 раза в году.

В Белом море число видов-обрастателей в составе мидиевых биоценозов, развивающихся на субстратах с культивируемыми мидиями, гораздо ниже. После 2-летней экспозиции качественный состав обрастания на субстратах, наиболее богатый на горизонте 5 м, представлен 34 видами животных и 11–12 видами макрофитов. Массовыми формами, помимо мидии, являются гидроид *Obelia longissima*, двустворчатый моллюск (*Hiatella arctica*), усоногий рачок (*Balanus crenatus*), ряд водорослей, на теневой стороне субстратов – асцидии (*Molgula spp.*) [30]. Для борьбы с видами-обрастателями, как и с морской звездой, можно рекомендовать перемещение субстратов в опресненную воду в весеннее время.

Применение мидий

Спектр возможного применения мидии даже в условиях малонаселенного севера весьма широк. Наиболее традиционное направление связано с его употреблением в пищу. Это деликатесный продукт, одинаково успешно используемый в вареном, копченом и консервированном виде. В разных странах мира опыт пищевого использования мидий значительно варьирует в зависимости от традиционно-исторических и экономических особенностей. Так, в странах Южной Европы мидий обычно реализуют в свежем виде через сеть рынков или ресторанов, в странах Северной Европы часто консервируют, в Японии подвергают самым разным способам кулинарной обработки и длительного хранения.

Мидий можно использовать и как техническое сырье. Мелкие моллюски могут служить дополнительным кормом для животных, выращиваемых в зверосовхозах и на птицефермах.

Мидию можно с успехом применять в медицине. Известен опыт использования межстворчатой жидкости мидий и отваров из ламинарии для восстановления здоровья моряков в госпиталях Архангельска в годы Великой Отечественной войны. В настоящее время в Ленинградской области в Иван-городе функционирует специальный завод по получению гидролизата из межстворчатой жидкости мидий. Его применяют для профилактики простудных заболеваний, так как он обладает ярко выраженной антибактериальной активностью, а также для

лечения больных с радиационным поражением. В мясе мидий содержатся все незаменимые аминокислоты, высокое содержание витаминов группы В и D, более 30 микроэлементов.

В последнее время широко развивается направление использования мидий в качестве тест-объектов при биомониторинговых исследованиях. Подобные программы существуют во многих странах мира (Канада, США, Германия, Франция, Англия, Нидерланды, Швеция и т.д.). Мидия является удобным объектом экофизиологических тестов, ибо соответствует множеству предъявляемых критериев [11]:

- имеет широкое мировое распространение, в том числе в арктических морях;

- является сессильным организмом, т.е. отражает уровень загрязнения данного района;

- всегда доступна для сбора и исследования;

- является природным аккумулятором поллютантов (тяжелых металлов, нефтеуглеводородов, радионуклидов), накапливающихся в моллюсках пропорционально их природной концентрации, т.е. служит хорошим индикатором.

В целом создание небольших мидиевых хозяйств вдоль побережья Белого моря, семейных «морских ферм» по модели норвежских семейных предприятий представляется экономически целесообразным и экологически обоснованным. В перспективе это вполне реальный путь использования не только морских, но и людских ресурсов, которые в последнее время высвобождаются на севере в связи с закрытием многих нерентабельных производств.

Специального внимания потребовало изучение влияния морских уток – гаг на поселения мидий. Дело в том, что гага (*Somateria molissima*) – строго охраняемый вид (рис. 31), включенный в Красную Книгу. Собственно, именно для охраны гаги в первую очередь и был создан Кандалакшский государственный природный заповедник, на территории которого в настоящее время находится большинство гнездовых гаги. Обладая крепким клювом и ныряя на достаточно большую глубину, гага способна добывать мидий как со дна, так и с искусственных субстратов. Раскусывая раковину крепким клювом, как щипцами, гага получает солидную мясную добавку в свой рацион. Соответственно, мидиевым фермам наносится определенный ущерб, на что впервые обратили внимание в своих

работах В.В. Ошурков и В.В. Луканин. Очевидно, мидиевые фермы следует размещать в акваториях, достаточно удаленных от мест кормежки гаги, или разработать систему отпугивания этих птиц от плотиков, на которых выращиваются мидии.

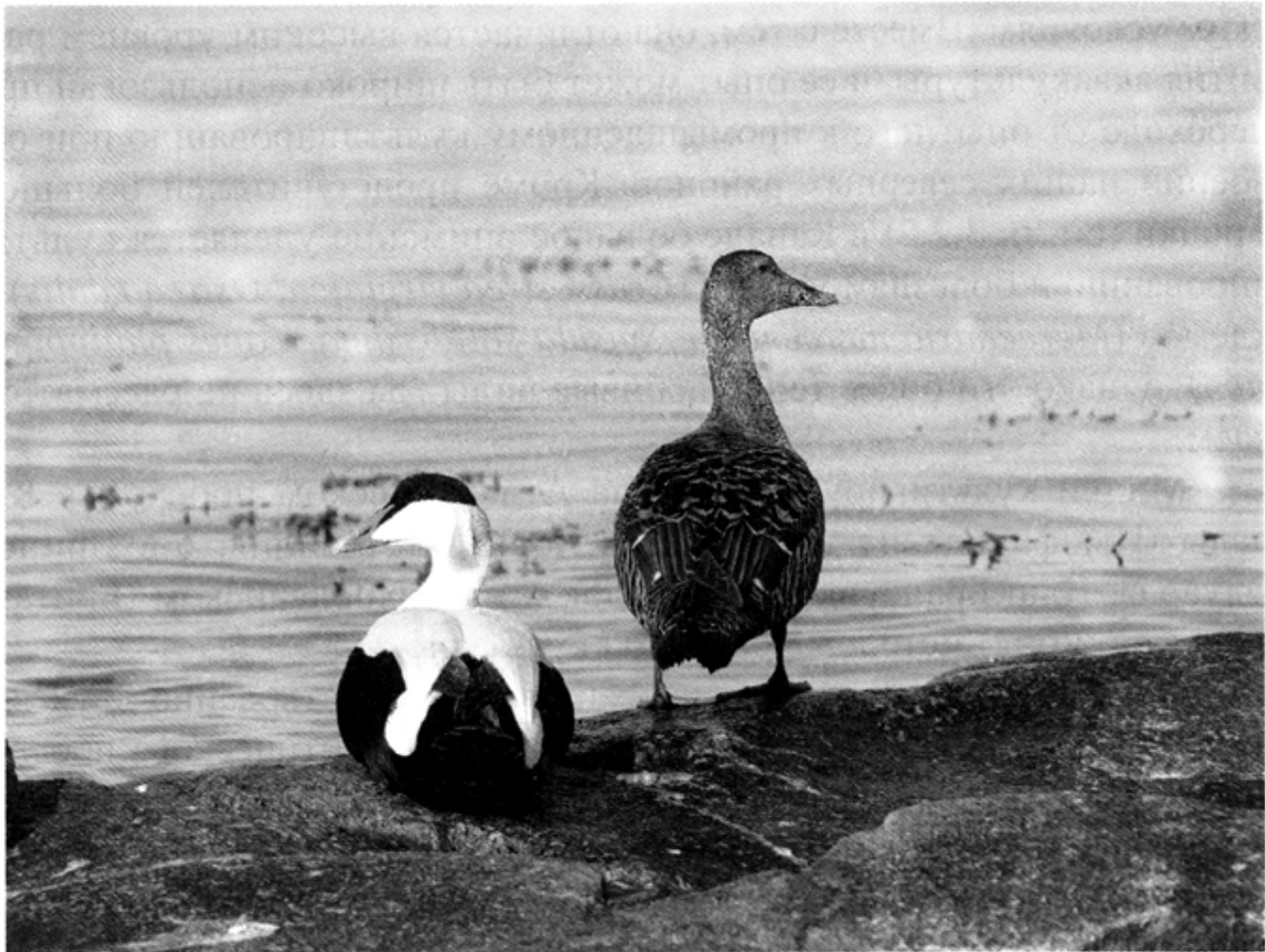


Рис. 31. Морская утка гага. Слева – селезень, справа – утка.

Впрочем, в условиях марикультуры искусственные поселения мидий все же достаточно заглублены. Для добывания мидий из-под плотика гагам приходится затрачивать значительные усилия, связанные с большим расходом энергии, так что вряд ли доля культивируемых моллюсков в их рационе может быть очень существенной. Предполагается, что гага предпочитает питаться все же мидиями из естественных поселений.

Таким образом, природоохранная деятельность и марикультура мидий не вступают в прямой конфликт и могут развиваться одновременно на сопредельных акваториях.

Проблемы культивирования и болезни моллюсков на основе опыта аквакультуры Канады

Рассмотрим некоторые проблемы культивирования моллюсков на примере Канады – страны, наиболее близкой нам по климатическим условиям. Вместе с тем, она отличается высоким уровнем развития аквакультуры, и ее опыт может быть широко использован при переходе от опытного к промышленному культивированию при освоении наших северных районов. Кроме представителей Большой Тройки (см. п. 3.2.2) в Канаде большое внимание уделяется культивированию и болезням устриц (*Crassostrea virginica*, *Ostrea edulis*) и клемов (*Mercenaria mercenaria*, *Spisula solidissima*, *Tapes philippinarum*), однако эти более теплолюбивые виды мы здесь не рассматриваем.

Мидии культивируются как на Атлантическом побережье Канады (Ньюфаундленд и Лабрадор, Новая Шотландия, о-в Принца Эдуарда, Нью-Брансуик, Квебек), так и на Тихоокеанском (Британская Колумбия) методом подвешной культуры.

Одна из проблем культивирования – сосуществование двух видов, *Mytilus edulis* и *M. trossulus*, на фермах Атлантического побережья Новой Шотландии. Выяснилось, что, хотя они имеют сходный период половой зрелости и нереста, все же сфера действия гибридов, определенная посредством изоэнзимного анализа диких поселений, относительно узка. Плодовитость гибридов исследуется. Съедобной мидии (*M. edulis*) отдается коммерческое предпочтение из-за более мощной раковины, которая меньше ломается при машинной обработке, а также из-за более быстрого роста. Выясняется, насколько целенаправленный отбор спата может привести к изменению популяционной структуры мидий на фермах в нужную сторону.

На побережье о-ва Принца Эдуарда актуальной остается проблема летней смертности мидий (*M. edulis*), для ее решения проводятся эксперименты по перекрестной пересадке мидий из 6 изучаемых поселений. Выяснилось, что смертность потомства из разных поселений была различной и предполагается, что она определяется генетическими особенностями. Эта проблема исследовалась и на побережье Квебека. Там двухлетних особей из одной популяции помещали летом в садки, находящиеся на разной глубине. Выяснилось, что повышение смертности мидий отмечалось лишь на мелко-

воде в лагуне (3 м), причем оно сопровождается вторым пиком нереста. У мидий, находящихся в море (15 м), не отмечено ни второго пика нереста, ни повышения смертности. Исследователи объясняют полученные результаты репродуктивным стрессом, возникшим из-за высокой плотности мидий в культуре.

Важной проблемой при культивировании мидий Квебека остается оценка биологической продуктивности для каждой фермы. Была разработана специальная методика для определения необходимого для каждого производителя количества линий выращивания, их расположения, происхождения мидий, их товарного размера и веса, экономической рентабельности, а также общей продукции всех производителей.

Продолжается исследование губительных для моллюсков фитотоксинов водорослей на Атлантическом и Тихоокеанском побережьях. Особое место занимают многолетние исследования паразитов и болезней основных видов культивируемых моллюсков. Основная цель исследования остается двойной: изучить сезонную динамику и видовую идентификацию основных паразитов двустворок.

Гребешки представлены в аквакультуре Канады тремя видами. В отличие от мидий, они интересуют нас лишь как модельные объекты. Вряд ли гребешков в ближайшее время удастся культивировать на нашем севере. Это *Placopecten magellanicus* и *Argopecten irradians* на Атлантическом побережье и теплолюбивый *Patinopecten yessoensis* – на Тихоокеанском. *Placopecten magellanicus* выращивается у побережья Ньюфаундленда и Квебека в подвесной культуре. При этом проводятся многолетние исследования численности оседающего спата и пополнения молодью при воздействии физических, химических и биологических факторов, а также попытки прогнозирования численности оседающей молодежи. Исследование плотности поселения культивируемого гребешка на побережье Новой Шотландии показало, что возможно управление скоростью роста моллюсков, чтобы получить или меньшее количество крупных товарных особей, или большее количество мелких особей для культивирования на дне. Эта информация полезна для того, чтобы планировать рост моллюсков, сбор урожая и рыночные стратегии в разное время года.

Проблема пополнения субстратов оседающим спатом – важнейшая при культивировании моллюсков на зафиксированном в

море подвешном субстрате. В заливе Святого Лаврентия (Квебек) исследовалась успешность оседания спата (*Placopecten magellanicus*) на субстрат в трех бухтах, удаленных на расстояние от 50 до 100 км. Эти работы были предприняты для определения периода прикрепления личинок и периода, наилучшего для выставления в море коллекторов. Кроме того, в Квебеке разработаны технологии получения триплоидного *Placopecten magellanicus*.

Что касается тихоокеанского *Patinopecten yessoensis*, то исследуется в первую очередь его пищевая активность: фильтрационная активность жабр ювенильных особей, размер частиц, которые они способны фильтровать из планктона, и подбор для них специальной диеты. Исследуются также причины смертности, связанной с повреждением мускула-аддуктора у гребешков. Результаты позволяют предположить, что патогенный агент – это облигатная внутриклеточная бактерия.

Перспективы культивирования моллюсков для получения речного жемчуга

Объектом пристального внимания специалистов по промыслу и аквакультуре издавна являются пресноводные речные жемчужницы: моллюски семейства Униониды (*Unionidae*) и Маргаритифериды (*Margaritiferae*). Раковина этих моллюсков имеет мощный перламутровый слой, способный образовывать крупные ценные жемчужины.

Слово “жемчуг” – китайско-монгольского происхождения. Жемчужины состоят из перламутра, представляющего собой органоинеральный агрегат карбоната кальция (обычно в форме арагонита) и рогового вещества (конхиолина), тонкие пленки которого, подобно клею, связывают между собой концентрические слои. Эти слои построены из микрокристаллов арагонита и отлагаются вокруг некоторого центра (ядра). Имея твердость 3–4, жемчужины необычно прочны, разбить их удается с трудом.

Размеры жемчужин различны: от булавоочной головки до голубинового яйца. Наиболее крупный жемчуг – морской; он образуется в раковинах морских тепловодных моллюсков. Крупнейшая известная весит 450 карат (1800 гран) и хранится в Лондоне. Массу жемчужин принято выражать в гранах: 1 гран = 0.05 г = 0.25 карат.

Слово “жемчуг” разрешается употреблять только для натурального – природного жемчуга. Многочисленные и разнообразные имитации жемчуга называются “искусственный жемчуг”.

Жемчуг относится к самым дорогим объектам ювелирного ремесла. Он служит людям в качестве украшения уже 6000 лет. В Китае еще за 2500 лет до н.э. существовала торговля жемчугом как морским, так и речным. Оценка жемчуга зависит от формы и цвета, величины и блеска жемчужин. Больше всего ценится круглая форма. Полукруглые жемчужины, плоские с одной стороны, называются “пуговицами”, жемчужины неправильной формы – “барочными”, или “барокко”.

Около 70% добываемых жемчужин используется в виде бус. Наиболее употребительна длина ниток жемчуга около 40 см. Вдвое более длинное ожерелье называется “сотуар”. Если в ожерелье все жемчужины одинаковы по размеру, оно называется “чокер”. Если размер жемчужин убывает в обе стороны от середины ожерелья, где находится самая крупная жемчужина, оно называется “шют” или же говорят, что ожерелье “скатывается” к концам.

Конхиолин как органическое вещество, подвержен изменению, и прежде всего – высыханию, поэтому с возрастом жемчужины тускнеют – “стареют”. В среднем жемчуг живет не портясь 100–150 лет, однако существуют хорошо сохранившиеся жемчужины в возрасте нескольких сотен лет. Жемчугу противопоказаны чрезмерная сухость и влажность, воздействие кислот, кожного пота, косметических средств, лака для волос.

Известно, что жемчуг вырабатывается в раковинах практически всех двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Жемчужины возникают в результате реакции моллюсков на раздражение, вызванное попаданием постороннего тела в зазор между створкой раковины и мантией или его внедрением внутрь мантии. Внешняя оболочка мантии – эпителий вырабатывает перламутр и в норме строит из него створки раковины, но при необходимости облекает концентрическими слоями перламутра любое инородное тело, изолируя его и тем самым давая начало будущей жемчужине. Если жемчужина нарастает подобно бородавке на внутренней стороне створки, то при извлечении из раковины ее приходится отделять от субстрата. Такие жемчужины имеют полусферическую форму и называются блистерами. Если же чужеродное тело внедряется внутрь мантии, в со-

единительную ткань, то моллюск (в порядке своего рода иммунной защиты) формирует свободную, замкнутую со всех сторон, округлую жемчужину. Слои эпителия, втянутые вместе с вторгшимся посторонним телом внутрь соединительной ткани, вскоре образуют вокруг него путем клеточного деления жемчужный мешочек и, выделяя перламутр, обеспечивают полную его изоляцию в форме сферической жемчужины. Но эпителий мантии способен генерировать жемчужину и без всякого инородного тела. Для этого достаточно, чтобы частицы эпителия, например, вследствие механического повреждения, переместились внутрь соединительной ткани мантии.

Пресноводный жемчуг с древних времен добывается в Китае, но качество его здесь невысоко. В античное время славился жемчуг из холодных рек Северной Шотландии. Жемчужные промыслы на р. Тэй были одним из стимулов для вторжения в Британию римского императора Цезаря. В средние века известностью пользовался лотарингский жемчуг (р. Волонь). Начиная с эпохи европейского Возрождения, растет и преумножается слава русского северного речного жемчуга. Интенсивная торговля жемчугом велась в Европе русскими поморами. Тесные торговые связи возникли со двором Елизаветы Английской, а затем – со скандинавскими странами.

В экономике русского Поморья бисер и скатный жемчуг занимали важное место. Таким жемчугом расшивали парадные женские одежды. Это пресноводный жемчуг, образующийся в двустворчатом моллюске (*Margaritana margaritifera*), который обитает в северных реках и способен вырабатывать перламутр. Перламутровый слой раковин русской жемчужницы не уступает по качеству перламутру тропических моллюсков и вполне мог бы использоваться в ювелирной промышленности и в наше время. Прежде ареал жемчужницы был много шире и захватывал не только Северную, но и Центральную Европу. Теперь этот вид сохранился только в некоторых реках Скандинавского п-ва, Карелии и Архангельской области.

Жемчуг всегда добывали в огромном количестве. Вероятно, промышленники умели определять по внешнему виду моллюска, содержит ли он жемчужину. При этом они, очевидно, исходили не из природоохранных соображений, а из принципа экономии сил. Но, так или иначе, при этом запасы популяции не подрываются, так как из нее изымается небольшое количество жемчугоносных раковин. При этом промышленниками особенно высоко ценились

крупные жемчужины правильной формы. Для проверки на сферичность бисер скатывали по гладкой доске. Жемчужины неправильной формы откатывались в сторону, а внизу собирался кондиционный "скатный" (или "покатный") жемчуг.

Перевод промысла на государственную основу с целью получения больших прибылей казной, осуществленный по указу Петра I, привел к тому, что добыча жемчуга перестала быть рентабельной и стала чрезвычайно убыточной: при затратах на 2 руб. 60 коп. добывали жемчуга на 1 руб. Одновременно с этим в стране упал спрос на бисер в связи с заменой Петром русской одежды на иноземную. Промысел захирел и прекратился. Он возродился лишь через 15 лет, когда все ограничения Петра были сняты. Но за это время было утеряно знание критериев жемчугоносности, и промышленники стали вскрывать всех моллюсков подряд, что существенно подорвало запасы жемчужницы в течение столетия – с конца XVIII по конец XIX в. Позднее сыграло свою роль и антропогенное загрязнение водоемов.

В наше время добыча жемчуга практически не ведется, а жемчужница находится под охраной. Ограниченный промысел проводится лишь на р. Кереть, где он известен чуть ли не со времен Ивана Грозного. К сожалению, это по-прежнему делается нецивилизованным образом, с напрасным расходом подавляющего большинства моллюсков ввиду того, что существующие ныне критерии жемчугоносности весьма неточны.

Проблемы сохранения устойчивости природных популяций жемчужницы осложняются не только ее высокими требованиями к качеству воды, но и сложным процессом размножения. Личинки жемчужницы (глохидии) для того, чтобы выжить и продолжить развитие, должны прикрепиться к жабрам лососевых рыб (от которых впоследствии открепляются и оседают на дно). В северных реках наблюдается синхронизация процессов захода семги в реку и нереста жемчужницы. Фактически семга и жемчужница образуют симбиоз. Подрыв популяции семги, зарегулирование северных рек и нарушение путей миграции этого ценнейшего промыслового вида привели к старению популяций жемчужницы, нарушению процессов их пополнения молодью. Промысел жемчужницы в настоящее время повсеместно прекращен; моллюск включен в Красную Книгу.

В Ленинградской области единственная популяция жемчужницы зарегистрирована в быстром мелком ручье, вытекающем из Копанского озера на южном берегу Финского залива. Популяция строго охраняется!

Тем больший интерес представляет оценка возможности получения культивированного жемчуга. Культивированный жемчуг не следует путать с искусственным! Это – естественный жемчуг, продуцируемый моллюском, но при вмешательстве и под контролем человека.

Поняв, как возникают жемчужины в природе, человек с древних времен начал побуждать моллюсков к выработке жемчуга путем введения в их раковину посторонних тел. Опыт такого рода известен в Китае с XIII в. Круглые жемчужины первым вырастил в 1761 г. знаменитый шведский натуралист Карл Линней. В 1893 г. японец Микимото сумел получить полусферические жемчужины – блистеры. Современное культивирование круглых жемчужин основано на исследованиях немецкого ученого Ф.Альвердеса и японских биологов Т.Нисикава, К.Микимото и Т.Мизе, выполненных в начале нашего века. В Китае и Японии в настоящее время действуют плантации по выращиванию как морского, так и речного жемчуга. Морские жемчужницы – это, как уже говорилось, главным образом виды рода *Pinctada*. Освоив метод выращивания жемчуга, японцы научились получать ежегодно около 50 тыс. жемчужин, для чего ежегодно было необходимо оперировать и содержать в садках около 1 млн. жемчужниц.

С пятидесятых годов XX в. на о. Бива к северу от Киото (о. Хонсю) действует пресноводная плантация по выращиванию жемчуга. В мантию крупного пресноводного моллюска *Hyriopsis schlegeli* пересаживают кусочки эпителия величиной 4x4 мм – обычно без твердого ядра. Большой размер моллюска (20x11 см) позволяет сделать по 10 пересадок в обе лопасти его мантии, а иногда дополнительно и еще одну – с перламутровым ядром. В каждом операционном разрезе образуется жемчужный мешочек с жемчужиной. Через 1–2 года жемчужины достигают величины 6–8 мм, но редко бывают круглыми. Их извлекают из тела моллюска, обертывают новым фрагментом эпителия и пересаживают в того же или в другого моллюска для улучшения формы. Моллюски живут 13 лет, но после оперативного вмешательства они вырабатывают жемчуг только 3 года подряд. Со многих моллюсков удается снять по 3

“урожая”, культивированные жемчужины достигают 12 мм в диаметре, редко имея правильную сферическую форму. Они окрашены от природы в бело-розовые, оранжевые, золотисто-желтые, коричневые и голубые цвета. Их часто отбеливают.

Культивирование пресноводных моллюсков, как и морских, производится в клетках, висящих в воде на глубине 1–2 м на бамбуковых каркасах. Выход кондиционных жемчужин выше, чем на морских плантациях, и составляет около 60%, очевидно, еще и потому, что в озере моллюскам угрожает меньше опасностей.

В России наблюдения за ростом жемчужниц показали, что это чрезвычайно медленный процесс. В холодной воде северных рек жемчужница в первый год достигает размера 0,5 см; на пятый год может вырасти до 2 см; к 8 годам достигает 3–4 см. В возрасте 10 лет размер моллюска не превышает 6 см. В дальнейшем ежегодный прирост составляет около 1 мм. Соответственно медленно растет и жемчуг. За 12 лет жемчужина достигает размеров горошины, за 30–40 лет ее диаметр может увеличиться до 8 мм. Это делает коммерческую аквакультуру жемчужницы в Заполярье нерентабельной. Вместе с тем, в условиях аквакультуры могут подрощиваться уязвимые ранние стадии моллюска и выпускаться затем в реки для поддержания численности естественных популяций. Работы в данном направлении требуют научно-технического обоснования и могут быть профинансированы международными природоохранными фондами.

3.3. Возможности культивирования и промысла омаров и крабов

Омары и лангусты относятся к наиболее привлекательным объектам марикультуры. Их мясо с античных времен считается изысканным деликатесом, высоко ценимым гурманами. Это самые крупные представители членистоногих. Полуметровые особи, весящие по 5–6 кг, – обычное дело среди омаров и лангустов. Американский омар достигает веса 21 кг! Это – желанная добыча не только промысловиков-профессионалов, но и ныряльщиков-любителей.

Омар (р. *Homarus*) – обитатель Северной Атлантики, населяющий скалистые побережья Европы и Северной Америки. Отличительный признак омара – мощные клешни. Именно мясо из массивных и тяжелых клешней особо ценится на рынке.

Лангуст (р. *Panulirus*) – типичный космополит, имеющий все-светное распространение. Вместо крупных клешней передняя пара ходильных ног лангустика несет маленькие "щипчики".

Как омар, так и лангуст характеризуются сложным брачным поведением с "танцами", "ухаживанием", выделением сигнальных пахучих веществ – феромонов... Икра прикрепляется самкой к плавательным ножкам и вынашивается около года. Это делает процесс получения икры омаров и лангустиков в искусственных условиях практически невозможным и вынуждает обратить взоры на личинок.

Как и у всех ракообразных, развитие личинки протекает скачкообразно, в несколько стадий. Первые 3 стадии ведут планктонный образ жизни; 4-ю и 5-ю можно считать уже постличиночными. На 4-й и 5-й стадиях развития молодь омаров и лангустиков переходит к донному образу жизни.

Первые опыты по выращиванию личинок омаров были предприняты в США в 1885 г.; в 1907 г. у северо-восточных берегов Канады и США уже существовало несколько питомников. В Европе такие питомники стали создавать только после Первой Мировой войны. Молодь дорастивали до 4-й или 5-й стадии и выпускали в море с целью пополнения природных ресурсов, подорванных промыслом. На побережье Бретани (Франция) были выделены специальные участки, куда ежегодно выпускались десятки тысяч молодых омаров (в период 1973–1980 гг. – до 50 тыс. в год). В результате здесь стали постоянно встречаться 5–6-летние особи весом более 800 г.

Работы по разведению лангустика ведутся в США и Японии. Вылупившиеся личинки омаров и лангустиков помещаются в стеклянные или пластмассовые цилиндрические сосуды. Постоянный ток воды, подаваемой снизу, обеспечивает хорошую аэрацию и не позволяет личинкам опускаться на дно. Оптимальная температура воды 20–22°C. В связи с отменным аппетитом личинок их кормят через каждые 3 ч. В качестве естественных кормов используются рачки (*Artemia salina*, наутилусы *Balanus sp.*), мелкорубленное мясо рыб, двустворчатых моллюсков, размельченная печень кальмаров и каракатиц, икра... Чтобы суммарный вес личинок увеличился на 1 кг, они должны съесть не менее 8 кг белковых продуктов. В данной ситуации более выгодно кормление гранулированными кормами. Состав кормов постоянно совершенствуется. Так, при культивировании омаров в садках в Новой Шотландии (Канада) добавление

специальных пищевых добавок к стандартным диетам омара увеличивает скорость потребления пищи – без увеличения рациона. Это важно, так как из пищи не успевают вымываться витамины и растворимые в воде питательные вещества. Дефицит рибофлавина или других растворимых в воде В-витаминов часто способствует появлению смертельного синдрома у омаров, выращиваемых на синтетических диетах. В Квебеке (Канада) разрабатываются диеты омаров, направленные на увеличение их веса. Согласно предварительным расчетам, от 5 до 10% среднегодовой добычи, около 3000 т, представляется перспективным откармливать после линьки в бассейнах для быстрого получения товарной продукции.

Молодых омаров и лангустов можно выращивать в питомниках до достижения рыночного размера (200 г у лангустов, 450 г у омаров). Однако при групповом содержании их смертность очень велика из-за каннибализма. После первых же линек клешни у молодежи уже хорошо развиты... Создание на дне бассейнов убежищ в виде камер со стороной 15 см или подобия лабиринтов значительно снижает смертность. Еще более радикальным решением является индивидуальное содержание омаров и лангустов. Обычно устройства для культивирования состоят из многоячеичных садков. Стеллажи с такими садками можно погружать в воду на лифтах и периодически (не реже 1 раза в месяц) поднимать на поверхность для чистки от остатков пищи, фекалий и оброста. Гранулированные корма подаются сверху по трубкам.

При соблюдении описанных условий лангусты достигают товарного размера за 1.5 года, омары – за два (вместо 5–7 в природе). Выживаемость весьма высока: обычно – около 90%.

Возможность группового содержания омаров и лангустов значительно повысила бы рентабельность при их интенсивном культивировании. Предприняты попытки выращивать омаров с удаленными клешнями и лангустов с удаленными глазными стебельками в бетонных стенках с морской водой. Необходимо учитывать, что при повышенной плотности посадки омары и лангусты начинают страдать от бактериальных и грибковых инфекций. Не следует забывать о воздействии садкового культивирования омаров на сообщества бентосных организмов, а также на расположенные поблизости площадки для культивирования молодежи самих омаров и их нерестовые зоны. Эта взаимосвязь активно изучается, например, на Атлантическом побережье Канады [43].

На западном побережье США при выращивании омаров и лангустов используются теплые воды местной электростанции. Молодь вырастает до товарных размеров за 10 месяцев, устанавливая абсолютный рекорд скорости. Перспективным представляется опыт норвежской морской биологической станции в г. Трондхейм, где с 1982 г. налажено выращивание годовалых омаров в промышленных масштабах (120 тыс. в год) с использованием подогретых промышленных сбросовых вод. На Фарерских о-вах ежегодно выпускается в море 10 тыс. молодых омаров, подрощенных до 10–13 см с использованием теплых сбросных вод электростанций.

В последние годы интенсифицировали опыты с омарами и лангустами генные инженеры. Им удалось, например, получить гибридов канадских и европейских омаров, отличающихся особо крупными размерами и высокой скоростью роста. Еще одним успехом можно считать получение в США синих, зеленых и красных мутантов. С помощью таких необычных особей достаточно легко и достоверно можно проследить эффективность выпуска молоди в открытое море. Вполне возможной в настоящее время представляется селекция с целью выведения малоагрессивных и быстрорастущих генетических линий.

В России перспективными районами для выращивания омаров является Кольский залив Баренцева моря. Опыты по выращиванию лангустов не проводились, но, по-видимому, достаточно перспективным регионом для них может оказаться Приморский край и, возможно, Черное море. Выращивание омаров в условиях полярной аквакультуры возможно с применением полужекстенсивных и экстенсивных технологий.

Интересна история исследований, направленных на повышение продуктивности в наших северных морях другого важного промышленного объекта – камчатского краба *Paralithodes camtschatica* (рис. 32). Правда, в данном случае речь идет не о культивировании, а об акклиматизации вида.



Рис. 32. Камчатский краб в Баренцевом море.

Этот краб – наиболее крупный из четырех промысловых видов северо-западной части Тихого океана, размер панциря может достигать 20 см, размах лап – 150 см. Следующий по величине – краб-стригун (*Chionoecetes opilio*) с размером панциря до 15 см. Обитание камчатского краба на родине приурочено к определенным водным массам – крабы совершают вертикальные миграции. По температурному режиму воды шельфа Берингова и Охотского морей в верхней части склона делятся на 3 слоя. Это поверхностный слой со значительными сезонными колебаниями – от высоких значений летом до отрицательных зимой, слой остаточного зимнего охлаждения с постоянно отрицательными значениями и промежуточный слой с постоянно низкой, но положительной температурой [8]. Взрослые камчатские крабы зимуют в промежуточном слое, весной проходят через воды остаточного зимнего охлаждения в поверхностный слой, где размножаются, линяют и откармливаются, а затем вновь спускаются на зиму в промежуточный слой. Молодь в течение года постоянно находится в поверхностном слое, при постоянном прогреве летом и отрицательной температуре зимой, и постепенно перемещается поближе к взрослым крабам [8]. Таким обра-

зом, в течение почти всего года камчатский краб обитает при положительной температуре, что послужило препятствием к его акклиматизации в Белом море, где температура всей водной толщи на полгода опускается ниже 0. В юго-западной части Баренцева моря, где придонная температура постоянно положительная, попытки акклиматизации предпринимались еще в 1961–1969 гг. Тогда из морей Дальнего Востока было привезено и выпущено в Баренцево море более

2,6 тыс. взрослых особей, 10 тыс. экземпляров молоди и около 1,5 млн личинок. Но, несмотря на все усилия, удавалось поймать лишь единичных взрослых крабов. Внимание исследователей переключилось на другой объект – более холодолюбивого краба-стригуна (*Chionocetes opilio*). И лишь в последние годы попытки акклиматизации были продолжены усилиями сотрудников ПИНРО и, наконец, увенчались успехом, за что им была присуждена государственная премия. Численность камчатского краба возросла настолько, что он стал объектом активного промысла в Баренцевом море.

3.4. Культивирование иглокожих

Особенности иглокожих как объекта культивирования

Тип Иглокожие (*Echinodermata*) насчитывает около 600 видов животных. Тело иглокожих – звездообразное, округлое или вытянутое. Относящуюся к иглокожим морскую звезду мы уже видели на рис. 11. Для этого типа характерна исходная пятилучевая симметрия. Имеется внутренний известковый скелет, достигающий сильного развития в отдельных группах. Имеется особая амбулакральная (воднососудистая) система. Двигутся преимущественно с помощью амбулакральных ножек, снабженных присосками. Развитие с метаморфозом: есть стадия плавающей в планктоне личинки.

Имеются подвижные, неподвижные и прикрепленные формы. К прикрепленным формам относится класс Морские лилии, напоминающие чашечку с перисто разветвленными лучами и питающиеся пассивно, направляя пищевые частицы с помощью ресничек и амбулакральных ножек лучей к ротовому отверстию. Остальные иглокожие делятся на классы Морских звезд, Морских ежей, Морских огурцов – голотурий и Офиур. Живут обычно на поверхности

грунта, реже – закапываются. Способ питания и состав пищи варьируют по группам. В большинстве иглокожие (детритофаги и фильтраторы, морские ежи) употребляют также растительную пищу. Среди морских звезд много хищников, и не случайно – они самые подвижные среди иглокожих, как и офиуры – активные собиратели детрита, мелких донных животных и водорослей.

Иглокожие – достаточно стеногалинная группа морских беспозвоночных, обитающая при нормальной океанической солености и плохо переносящая опреснение. Как мы помним, именно повышенная чувствительность морских звезд к распреснению позволила применить для борьбы с ними на Белом море «метод скользящих субстратов».

Размеры иглокожих варьируют от нескольких мм до 1–2 м, в большинстве случаев от 0.05 до 0.5 м.

Использование иглокожих

Наиболее важны для промысла и культивирования морские огурцы и морские ежи. Человек использует в пищу более 40 видов голотурий. Мясо голотурий уступает мясу морских моллюсков и ракообразных по количеству белка, но превосходит его по содержанию минеральных веществ: хлористых и серноокислых солей, фосфора, кальция, магния, йода, железа, марганца, меди [12]. Что касается ежей, то у них в пищу используют только зрелые гонады. Их потребляют в сыром виде или подвергают обработке: солят, коптят, готовят консервы. Ориентировочная закупочная цена на икру морских ежей в ресторанах Москвы, Санкт-Петербурга и Владивостока – 500 дол. США за 1 кг.

У голотурий в пищу употребляют стенку тела, состоящую преимущественно из высококалорийного белка коллагена, реже – мышечные ленты и внутренние органы. Используют голотурий в сыром виде или для приготовления сушеного полуфабриката – трепанга, очень ценного продукта, обладающего высокими вкусовыми и фармакологическими качествами и пользующегося большим спросом в азиатских странах.

Голотурии являются также фармакологически ценным сырьем. В них содержатся биологически активные вещества: тритерпеновые гликозиды, липиды, гексозамины, простагландины, витамины и органически связанный иод.

Иглокожие – объекты культивирования

Класс Голотурии (Holothuroide) имеют бочонковидное, цилиндрическое или червеобразное тело. Стенка тела мягкая, толстая, по ней изнутри проходят 5 мышечных лент. Скелет в виде микроскопических телец в коже. Амбулакральные ножки вытянуты пятью продольными рядами. На переднем конце тела располагается рот, окруженный венчиком из 10–30 щупалец. Особенность химического состава – присутствие соединений с ярко выраженной биологической активностью – тритерпеновых гликозидов.

Оплодотворение наружное. Развитие с метаморфозом, включающим свободноплавающую личинку, или укороченное. У отдельных видов – бесполое размножение делением тела.

Живут на поверхности грунта, в укрытиях и закапываются. Питаются, собирая щупальцами грунт или заглатывая осевшие на распущенные щупальца органические частицы.

Практическую важность имеют два отряда.

Отряд Щитовиднощупальцевые – *Aspidochirotida*

Щупальца с ветвлениями, образующими поперечный щиток. Размер до 1 м. При нересте иногда наблюдается попарное сближение особей противоположного пола – так называемая псевдокопуляция. Развитие с полным метаморфозом, включающим плавающие стадии: диплеврула, аурикулярия и долиолярия. Ведут подвижный образ жизни, питаются осевшей на грунт органикой. Промысловые виды: дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (объем промысла – 10 тыс. т в год) и др.

Отряд Древовиднощупальцевые – *Dendrochirotida*

Щупальца с многочисленными ветвлениями. Размер до 40 см. Развитие часто с укороченным метаморфозом, без стадии плавающей личинки. Функцию расселения выполняют яйца, плотность которых ниже плотности воды. Образ жизни – неподвижный и мало подвижный, питаются осевшим на щупальца сестоном. Промысловые виды: японская кукумария (*Cucumaria japonica*), а также обитающая в северных морях *Cucumaria frondosa*.

Класс Морские Ежи (Echinoidea) имеют сферическое, округлое или уплощенное тело, покрыто панцирем (скорлупой) из соединенных между собой пластинок. На поверхности панциря могут располагаться иглы разного размера, бугорки, гранулы и особые хвата-

тельные органы – педицеллярии. Ротовое отверстие – в центре брюшной стороны, реже смещено к ее краю. Имеется сложный жевательный аппарат с 5-ю крупными зубами. Развитие с полным метаморфозом.

Обитают обычно на поверхности грунта. Питаются водными растениями, а также соскребают детрит и мелкие организмы с поверхности субстрата. Промысловые виды: чилийский морской еж – *Loxechinus alba* (22 тыс. т), виды семейства Strongylocentrotidae (общий вылов 55 тыс. т), Echinidae и др. Наибольший интерес представляет для нас морской еж (*Strongylocentrotus droebachiensis*) – важный для Баренцева моря промысловый вид (рис. 33). Его собирают как водолазным способом, так и с помощью специальных ловушек.



Рис. 33. Промысловые морские ежи в Баренцевом море

Выращивание иглокожих

Голотурий и морских ежей не культивируют в промышленных масштабах, но в Японии и России осуществляют их экспериментальное выращивание. На Баренцевом море специалистами ПИПРО проводятся эксперименты по выращиванию морских ежей *Strongylocentrotus droebachiensis* в бикультуре в рыбоводных садках. При

этом используется способность морских ежей питаться растительным обрастанием, покрывающим стенки садков.

Выращивание голотурий также возможно в бикультуре с двустворчатыми моллюсками. Детритоядные голотурии, концентрирующиеся под плотиками с моллюсками, питаются псевдофекалиями последних.

Молодь трепанга можно получить двумя путями: сбором с искусственных субстратов – коллекторов, выставленных в море в период естественного нереста голотурий, и выращиванием из личинок, полученных в результате нереста производителей в искусственных условиях. Метод сбора молоди с коллекторов дает хорошие результаты. Так, в отдельных районах с одного стандартного коллектора собирают 300–700 экз. молоди трепанга. При получении молоди искусственным путем важнейшей операцией является искусственное оплодотворение. Впервые успешные эксперименты в этой области были проведены в Японии в 1937 г., а в 50-х гг. японские ученые вырастили в лабораторных условиях молодь трепанга. В 1954 г. искусственное оплодотворение яиц дальневосточного трепанга было освоено в Китае.

В России при разработке биотехники товарного выращивания трепанга *Apostichopus japonicus* на Дальнем Востоке была использована методика температурной стимуляции созревания половых продуктов, позволившая получить икру трепангов на 1–1.5 мес. раньше, чем в естественных условиях. Разработана также методика промышленного получения личинок.

Биотехника товарного выращивания дальневосточного трепанга практически не отличается от биотехники выращивания двустворчатых моллюсков. Она включает:

- отлов производителей и выдерживание их в период размножения в выростных емкостях;
- температурное стимулирование созревания половых продуктов производителей;
- получение жизнестойких личинок;
- подращивание личинок до жизнестойкой молоди;
- выращивание молоди до товарных размеров в садках или на грунте (на огороженных участках дна, возможно, под подвесной культурой двустворок) в естественных условиях.

Для стимулирования созревания половых продуктов трепангов температуру воды постепенно повышают до 25°C, что сокращает

процесс на 1–1.5 мес. по сравнению с природным. Оптимальная плотность посадки – 1 экз. на 8–10 л воды. Так как половые продукты самцов созревают быстрее, чем самок, то яйцеклетки обычно попадают в воду с уже имеющимися там сперматозоидами. Дробление яйцеклеток заканчивается через 8–10 ч., пелагические личинки – преаурикулярии появляются через 18 ч. Оптимальные условия температуры: 21–24°C, солености – 25–32‰. За стадией преаурикулярии следует стадия аурикулярии продолжительностью 4–6 дней, в это время личинок кормят микроводорослями. Если максимальный отход от момента оплодотворения яиц до появления личинок составлял 10%, то через 2–3 дня по достижении стадии аурикулярии отход достигал 60%. В этот период личинки перестают питаться. У них выделяют переходную стадию – преддолиолярию, при которой у личинок меняется положение мерцательных шнуров, исчезает окологротовая впадина и уменьшаются размеры. В дальнейшем личинки голотурий проходят еще 2 непродолжительные стадии развития, по 2–3 дня каждая: долиолярия и пентактула. После прохождения этих личиночных стадий можно говорить уже о молодежи. При температуре воды 21–24°C и солености 25–30‰ цикл личиночного развития и метаморфоз у наиболее быстро развивающихся особей протекают за 10–12 суток, у основной массы – за 12–16 суток. Соленость не должна опускаться ниже границы 25‰.

Молодь питается детритом и хлореллой. Ее подращивают до размера 1.5–2 см в личиночных емкостях (бассейнах) при начальной плотности посадки 4000 экз./м² площади дна. При дальнейшем выращивании голотурий в природных условиях необходимо предварительно рассчитать их оптимальную плотность расселения с учетом кормовых ресурсов выростного участка. За показатель кормовых ресурсов обычно принимается скорость движения голотурий, которая обратно пропорциональна толщине питательного слоя. Продолжительность цикла выращивания голотурий – 2–3 года.

На Дальнем Востоке в экспериментальных условиях культивируется также кукумария *Cucumaria japonica*. В Баренцевом море наиболее перспективным для выращивания считается близкий вид *Cucumaria frondosa*. Кукумария характеризуется укороченным метаморфозом и крупными, богатыми желтком яйцами, что способствует выживаемости личинок в культуре и упрощению процесса их

кормления. Предполагается в дальнейшем совмещать заводской и природный этапы культивирования. В специальных бассейнах от производителей будут получать икру, личинок и молодь, которую затем планируется пересаживать на естественные или мелиорированные участки дна для окончательного доращивания.

На Дальнем Востоке, в заливе Петра Великого, проводились также эксперименты по содержанию в садках морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* и *S. nudus*. Отход в течение первого года выращивания составлял 20%. Плотность посадки животных в возрасте до 2 лет – 100 экз./м² дна садка, более 2 лет – 40–50 экз./ м² дна садка. Кроме того, в настоящее время в нашей стране отработана технология культивирования морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях, позволяющая получать третье поколение ежей. Половозрелыми ежи становятся через 12 месяцев.

Часть 4. РЫБОВОДСТВО

4.1. Краткая история рыбоводства

История рыбоводства насчитывает по меньшей мере 4 тысячи лет. Известно, что в Китае 3800 лет назад создавались пруды для разведения рыбы, а в 1120 г. до н.э. многие виды выращивались для товарного рынка. В 599 г. до н.э. китаец Фан Ли опубликовал первое известное нам пособие по разведению рыб. Китайские рыбоводы разработали способ переноса икры культивируемого вида из водоема в водоем. Во время нереста в нерестовый пруд вносились еловые ветки; выметанная на них икра в дальнейшем могла транспортироваться по желанию рыбовода.

В Европе рыбоводство зародилось в Древнем Риме, где рыбу содержали в бассейнах, садках и сажалках. Известно, что Лукулл показывал своим гостям резервуары с палтусом, камбалами, муренами и др.

В Средние века очагами рыбоводства стали монастыри: в Азии – буддистские, в Европе – христианские. В России, в частности, славились рыбные пруды Соловецкого монастыря, где, впрочем, рыбу обычно не разводили, а только подращивали.

В XV в. монах Пеншон изобрел способ искусственной инкубации форелевой икры в плетеных из ивовых прутьев корзинах, размещаемых на дне наподобие естественных "гнезд" форели.

В начале XVIII в. шведский рыбовод Лунд начал помещать в пеншоновские корзины (несколько измененной конфигурации) не икру, а самих производителей – половозрелых особей форели, плотвы, гольцов, окуней и т.д. Это позволило отбирать лучших производителей, осуществляя их направленную селекцию.

Наконец, в 1771 г. гамбургский предприниматель Стефан Якоби разработал технологию искусственного оплодотворения икры форели и атлантического лосося, чем практически заложил основу для создания рыбозаводов.

Под впечатлением от успехов Якоби в России начал работать Владимир Павлович Врасский, изобретший "сухой способ" осеменения икры. При данном способе готовая к вымету половых продуктов рыба вытирается насухо; икра отцеживается в сосуд, куда добавляются молаки, и в таком виде хранится продолжительное

время – пока к смеси не будет долита вода. Лишь после добавления воды вынужденная пауза заканчивается, и начинается развитие оплодотворенной икры. Сухие половые продукты оказалось возможным перевозить на значительные расстояния. В.П.Врасский построил знаменитый Никольский завод для разведения сигов и лососей, икру которых стал рассылать по всей России. Это послужило импульсом для интенсивного развития приусадебного рыбоводства – выращивания рыб в малых водоемах с целью получения свежего продукта к столу. К каждому водоему рыбоводы подходили творчески, пытаясь максимально использовать естественный экологический потенциал. Излюбленными объектами культивирования стали линь и карась. Удар по российскому рыбоводству нанесла отмена после революции 1917 г. частной собственности на землю.

В настоящее время Никольский завод находится на территории Валдайского национального парка, славящегося высоким качеством речных вод. Старое здание завода преобразовано в музей.

В континентальных водоемах рыбоводство осуществляют в озерах, прудах и изолированных садках и бассейнах. В морской среде аквафермы размещаются в основном в прибрежной зоне.

При развитии рыбоводства в озерах могут быть реализованы две стратегии.

1 – замена малоценных и тугорослых рыб высокопродуктивными вселенцами;

2 – совместное выращивание нескольких видов рыб, что существенно повышает продуктивность озер. Например, при выращивании пеляди или чира продукция составляет 30 – 40 кг / га, а поликультура "пелядь – сиг – судак" дает 100 – 150 кг /га.

При прудовом рыбоводстве выращиваются быстрорастущие виды рыб. Создаются либо полносистемные прудовые хозяйства, выращивающие продукцию от икринки до товара, либо неполносистемные, выращивающие так называемый "посадочный материал", специально привозимый откуда-либо. Плотность рыбы при выращивании в прудах – 0,2 – 0,3 экз/м³.

Наконец, при садковом и бассейновом выращивании рыбы содержатся в небольших объемах воды при крайне высокой плотности посадки (200 – 300 экз/м³), которая становится возможной благодаря внесению концентрированных кормов, высокой скорости течения воды, приносящей кислород и уносящей продукты отхода.

Основными стратегиями развития рыбоводства на Севере являются пастбищное и товарное рыбоводство.

Пастбищное рыбоводство подразумевает искусственное разведение промысловых объектов, подращивание жизнестойкой молоди и последующий выпуск ее в естественные гидрэкосистемы для нагула. При товарном рыбоводстве осуществляется выращивание культивируемых объектов до товарного размера.

4.2. Особенности пастбищного рыбоводства

Пастбищный подход ("ранчирование") позволяет повышать биопродуктивность водоемов путем целенаправленного воспроизводства особо ценных гидробионтов. Преимущества пастбищного рыбоводства заключаются в небольших затратах, обусловленных коротким периодом искусственного подращивания молоди, требующего несложного инженерного оборудования и незначительного расхода кормов. Методы отлова, содержания, стимуляции созревания производителей, получения и инкубации икры разработаны достаточно хорошо для многих видов рыб. Это прежде всего высокоценные проходные рыбы: лососевые и осетровые. Лососевые заводы являются важным элементом рыбной промышленности Японии, Швеции, США и России. На Дальнем Востоке функционируют 23 лососевых завода, из них 18 – на Сахалине. Они ежегодно производят около 1 млрд. покатной молоди кеты и горбуши. Гордостью русского рыбоводства являются осетровые заводы, воспроизводящие почти 100% мировой популяции осетровых рыб.

Основные приемы биотехнологии заключаются в подборе "стартовых" кормов к моменту начала активного питания мальков. Дело в том, что переход рыбьих личинок от питания запасами желточного мешка к активному потреблению живого корма является наиболее критическим периодом во всем жизненном цикле; поэтому пищевой фактор играет для культивируемых мальков роль лимитирующего.

Другая проблема заключается в необходимости постоянного контроля за экологическим состоянием природной гидрэкосистемы, предназначенной выполнять роль пастбища. Основным девизом ранчирования является лозунг "хорошая рыба – в хорошей воде". Система мер поддержания высокого экологического статуса гидро-

экосистемы, используемой для пастбищного рыбоводства, зависит от ее структуры.

Мелиоративное обеспечение аквакультуры

Экосистемы *водотоков* могут быть подвергнуты следующим видам инженерно-экологической обработки:

– расширение русла и его реконструкция (перемещение донных отложений; создание искусственных меандров; устройство отстойников);

– укрепление берегов;

– сооружение искусственных нерестилищ;

– размещение гидротехнических устройств (отражателей потока, подпорных сооружений и др.) с целью управления соотношением заводей и стремнин;

– создание укрытий для рыбы;

– размещение мусороуловителей.

Особой привлекательностью отличаются биологические методы облагораживания водотоков в силу их безусловной экологической чистоты и безопасности. К ним относится такая мера, как расселение бобров, регулирующих водный режим рек путем создания запруд и водосливов.

Основная нагрузка от пастбищного рыбоводства ложится на пресноводные *водоемы* – естественные (озера) и искусственные (водохранилища, пруды, карьеры, копанки). По причине чрезвычайного разнообразия водоемов, объем инженерно-экологических работ в них обычно бывает гораздо больше, чем на водотоках.

На первом этапе в водоеме, который планируется использовать для пастбищного рыбоводства, осуществляют гидролого-гидрохимический анализ качества водной среды. С этой целью измеряют соленость, глубину, температура (послойно до дна), скорости течения и интенсивность водообмена, освещенность, характер грунта, насыщенность органическими веществами, замерзаемость в зимнее время, кислородный режим, кислотная реакция среды.

Далее проводят гидробиологический анализ, изучая состав биоты. По тому, какая рыба и в каком состоянии есть в водоеме, можно судить о его пригодности для целей ранчирования.

Инженерно-экологическую подготовку выбранного водоема начинают с удаления излишков растительности. Если этого не сде-

лать, все вносимые в водоем удобрения будут "перехватываться" водорослями; вместо урожая рыбы мы получим урожай фитомассы. Прибрежная растительность удаляется косой или камышекосилкой. Тростник выкашивается в зимнее время по льду. Плавающая растительность убирается водными граблями, представляющими собой четырехугольную раму из бревен с закрепленными на ней косами, транспортируемую лодкой с подвесным мотором.

Облагораживание дна включает в себя очистку его от мусора и коряг, удаление ила, создание искусственных зимовальных ям. Собранный ил представляет собой ценное удобрение, превосходящее навоз.

По берегам водоема высаживают кустарник. Это привлекает насекомых (т.е. улучшает кормовую базу). Кроме того, тень от листвы снижает скорость фотосинтеза и препятствует "цветению" воды и развитию плавающей растительности.

На этом же этапе инженерно-экологической подготовки между отдельными водоемами могут быть прокопаны каналы. Дело в том, что многие рыбы (например, лещ) могут жить в одном водоеме, а нереститься в другом. Наличие системы каналов является также хорошим средством против заморов.

Следующий этап представляет собой биологическую мелиорацию – изъятие малоценных сорных видов-конкурентов и акклиматизацию кормовых гидробионтов (рачков-циклопов, дафний, мизид и др.).

С определенным экологическим риском связана химическая мелиорация водоема. Проводя химическую мелиорацию, важно не нарушить общий гомеостаз экосистемы. Химическая мелиорация включает несколько операций: известкование, контроль за газовым режимом, удобрение, протравливание.

Известкование осуществляют при неблагоприятно кислой среде, внося нейтрализующую рН-известь. В нейтральной среде возрастает концентрация кальция, что благоприятно действует на кормовой рачковый планктон, нуждающийся в этом элементе для построения панцирей. Известь либо вносят весной в достаточно прогретую (до 14°C) воду, либо сыпят со льда в проруби.

Контроль за газовым режимом обычно сводится к борьбе с заморами в зимнее время. Во льду делают проруби-отдушины, которые можно использовать и для отлова рыбы. Старый русский

способ зимней рыбной ловли предусматривает выдалбливание во льду "корыта", в которое рыба заплывает подышать. Над корытом сооружали навес и, наезжая раз в 2–3 дня, без особых усилий ловили рыбу сачком. По-видимому, именно в "корыте" поймал свою говорящую волшебную щуку Емеля.

Удобрение является достаточно рискованной, с точки зрения охраны среды, операцией. Минеральные удобрения вносятся для поддержки развития планктона (в растворенном виде с помощью помпы или в виде порошка с лодки). Органические удобрения используют в том случае, если водная растительность недостаточно развита. Чаще всего в качестве органического удобрения используют навоз, притапливая его в мешках, из которых он постепенно диффундирует. В связи с тем, что, как известно, навоз не тонет, мешки должны быть снабжены дополнительным грузом. По этой же причине навоз нельзя просто сыпать в воду (что неопытные рыбоводы иногда пытаются делать, высыпая его, например, зимой со льда в прорубь). Объем вносимых удобрений должен быть строго дозирован. Злоупотребление удобрением может привести к антропогенной эвтрофикации водоема, его преждевременному старению и деградации.

Протравливание – наиболее опасное мероприятие. С ним связан наибольший экологический риск. Протравливание водоемов применяется в целях уничтожения "сорных" аборигенов, препятствующих развитию аквакультуры. Умело выбранный и быстро разлагающийся яд не губит экосистему, а лишь повергает ее в кратковременный шок. Уместно упомянуть, что, например, знаменитая Американская Программа оздоровления Великих озер, реализованная в 80-е годы, включала в себя вытравливание миноги нестойкими органическими комплексами. Однако стоимость таких избирательно действующих ядов очень велика. В России в качестве простейшего средства зарекомендовала себя хлорка (гипохлорид кальция), применяемая для борьбы со щукой. Учитывая экологические особенности щуки, протравливать можно (и нужно!) только прибрежные заросли, оставляя центральную часть водоема необработанной. В Белоруссии распространено протравливание водоемов аммиачной водой. В связи с тем, что аммиак быстро улетучивается, детоксикация водоема происходит уже через несколько суток; при этом в воде в виде удобрения остается азот. Рыбоводами накоплен

определенный опыт использования при протравливании карбофоса, медного купороса, сульфата натрия, а также антибиотиков и в последнее время – фертилизаторов, не убивающих рыб, а стерилизующих их.

Гидротехническое обеспечение рыборазведения

Важным элементом инженерно-экологической подготовки водоема является гидротехническая подготовка. Прежде всего это создание искусственных нерестилищ, применение которых позволяет увеличить естественный потенциал водоема и его экологическую емкость.

Плавающие нерестилища обычно представляют собой деревянные рамы, изготовленные из бревен лиственных деревьев (не столь активно выделяющих смолу, как хвойные), с которых свешиваются в воду субстраты-коллекторы (веники, корневища водных растений, корни ивы, мочалки и т.п.). Иногда после окончания периода нереста на коллекторы одевают дель, защищающую икру от хищников. Еще более простое устройство представляет собой рама с делью, размещаемая в водной толще с помощью системы из поплавка и якоря. Подобное сооружение легко транспортируется при переносе из одного водоема в другой. На северных русских реках традиционно используются искусственные нерестилища, напоминающие перемет.

На Ладожском озере для рыб, нерестящихся на донной растительности, над самым дном устанавливают сетное полотно. Цвет сети должен быть достаточно темным (во всяком случае, не белым); диаметр ячеи – 15–20 мм.

В глубоководных водохранилищах с крутыми берегами проблема изначального отсутствия площадок, подходящих для нерестилищ, решается созданием искусственного дна. Искусственное дно образуется горизонтально натянутой сетью, прикрепленной к поплавкам. Сеть состоит из нитей-шнуров с упругими поперечными волокнами. Она размещается в наиболее прогреваемом поверхностном слое воды и представляет собой фактически ловушку солнечной радиации. Развитие икры на нерестилище такого рода происходит как в инкубаторе. С целью удержания искусственного дна на заданных глубине и месте установки при изменении уровня воды в водохранилище установка снабжена натяжным устройством.

Для формирования в водохранилищах локальных искусственных зон с оптимальными для рыб условиями для жизни и размножения (нереста) водный слой над нерестилищем может быть искусственно обогащен кислородом и изолирован от подстилающих холодных водных слоев экраном. В случае ухудшения качества воды в водохранилище (например, при залповом сбросе) подобные зоны могут служить временным убежищем для рыб. С этой целью их снабжают системой, обеспечивающей защиту рыбы от воздействия загрязненных вод путем их охлаждения и пропуска под дном нерестилища. Для этого используется энергия волнообразования, а также естественно-низкая температура глубинного слоя воды.

4.3. Пастбищное и товарное рыбоводство: преимущества и недостатки

Достоинство пастбищной аквакультуры заключается в относительно небольших затратах на содержание объекта культивирования и возможности выбора видов, наиболее ценных в пищевом отношении и максимально использующих весь потенциал водной системы "водоем-река-эстуарий". Основным объектом пастбищной аквакультуры являются проходные рыбы (лососевые и осетровые), мигрирующие по всей водной системе "водоем-река-эстуарий" и потребляющие на разных этапах жизненного цикла поочередно морские и речные биоресурсы. Недостатком пастбищного подхода является малый возврат товарной продукции. Так, в гидрэкосистемах бассейна Каспийского моря промысловый возврат осетровых рыб не превышает 1%, а по белуге 0.3%, т.е. ниже проектного в 3–10 раз. Крайне низка эффективность лососевых заводов в бассейнах Баренцева и Белого морей: коэффициент промышленного возврата составляет сотые доли процента. При этом не всегда экологически грамотное расположение заводов привело к тому, что их деятельность оказывает негативное воздействие на естественное воспроизводство лососей: изымаются лучшие производители с естественных нерестилищ, деформируется генетическая структура популяций.

23 дальневосточных рыбоводных завода (из которых 18 расположены на Сахалине) ориентированы в основном (до 70%) на горбушу – вид с коротким жизненным циклом и резкими колебаниями численности в разные годы. Значительная изменчивость запасов горбуши дестабилизирует работу промысловиков. Полутора-

летняя продолжительность жизни горбуши является причиной низкой оправдываемости прогнозов величин уловов. Коэффициент промвозврата колеблется от 0.01 до 0.9%. Только 4 рыбозавода Сахалинской области дают коэффициент возврата более 1%. При этом, само собой разумеется, что готовую продукцию не всегда получает тот, кто занимался выращиванием молоди. В настоящее время в Каспийском море, например, ведут интенсивный лов осетров Иран и Азербайджан, не имеющие собственных рыбозаводов и "снимающие сливки" с российской пастбищной аквакультуры. Аналогичные ситуации возникают и на Баренцевом море.

В связи с изложенным, более перспективным считается второе направление – товарное рыбоводство, занимающееся выращиванием культивируемых объектов до товарного размера. Товарное рыбоводство использует для выращивания рыб разнообразные садковые устройства. Это – высшая форма товарного рыбоводства, аналогичная стойловому содержанию крупного рогатого скота в животноводстве. При данном способе культивирования объект выращивания не затрачивает энергию на поиск пищи и использует ее в основном на рост.

Технология садкового выращивания ценных видов наиболее детально разработана в Норвегии, планирующей в XXI в. получать до 130 тыс. т деликатесного продукта в год. Основными объектами выращивания являются в пресных водах – форель, а в эстуарных – лосось. По норвежской технологии работают рыбозаводы Шотландии, США, Канады, а в последние годы также Новой Зеландии, Чили и Тасмании. К середине 90-х гг. XX в. потребности рынка в лососевых были практически удовлетворены, а к 2000 г. – даже перекрыты.

Общий мировой урожай садкового лосося в настоящее время колеблется у отметки 210 тыс. т в год, а форели – 100 тыс. т. Специалисты по маркетингу используют для сложившейся ситуации термин "лососевая экспансия".

В связи с "лососевой экспансией" в последние годы изменилась тенденция развития рыбоводства, с ориентацией на товарное выращивание нетрадиционных видов: в эстуариях – трески тюрбо, морского окуня, морского карася, зубатки, палтуса; в пресных водах – сиговых, ряпушки, пеляди. Разработаны многочисленные конструкции стационарных садков, размещаемых у водной поверхности в

прибрежной зоне. Такие садки позволяют получать товарную продукцию как в пресных водоемах, так и в эстуарных. Однако технологическая "привязка" к поверхностному слою воды приводит в летние месяцы к массовой гибели холодолюбивых рыб. Сдерживающим фактором в развитии товарного рыбоводства является дефицит подходящих участков побережий: большинство удобных районов на сегодняшний день уже заняты. Предпринимаются попытки оторваться от жесткой привязки к побережью. В Норвегии построена опытная ферма, работающая на берегу, на значительном удалении как от эстуария, так и от внутренних водоемов, использующая подземные воды, полученные путем бурения скважин и последующего разделения воды на "морскую" (т.е. минеральную, аналогичную по содержанию солей морской) и отводимую минерализованную. Успешное завершение проекта может привести к качественному скачку в развитии аквакультуры, поскольку запасы подземной минерализованной воды колоссальны. В перспективе оказывается возможным строительство ферм по выращиванию лосося в глубине территории страны с использованием остаточного тепла промышленных предприятий. При береговом варианте размещения товарного хозяйства реально достижение плотности посадки атлантического лосося до 125 кг/м^3 .

Весьма перспективный вариант ухода от традиционных мест расположения хозяйств – использование водоемов-охладителей. Имеющийся здесь избыток тепловой энергии позволяет эффективно выращивать ценные объекты культивирования даже в регионах с неблагоприятными климатическими условиями.

Наконец, основной путь поиска новых площадей для садковых хозяйств – вынос их в море на удаление 5–9 км. Однако этот путь связан с решением проблемы штормоустойчивости, прочности якорного крепления и сопутствующего комплекса инженерных проблем. Садки первого поколения, размещаемые на поверхности, не выдерживают морского волнения, даже будучи объединенными в комплексы. Жесткий каркас садков "Платфарм" шведской фирмы "Фармошен" (рис. 34), в принципе, позволяет вынести их в море, однако обслуживание садков в условиях волнения и качки оказывается очень дорогим. Обычно такие конструкции используют все же в условиях эстуария, или изолированной бухты (фиорда).

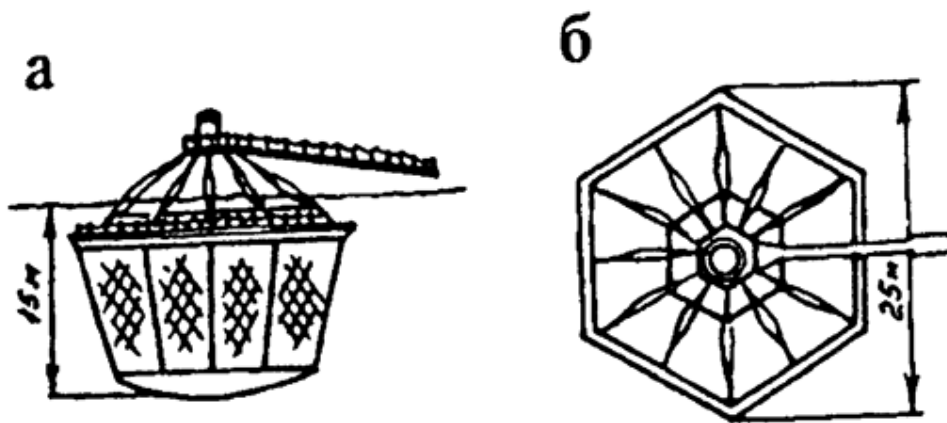


Рис. 34. Непогружной морской садок первого поколения "Платформ 3500":
а – вид сбоку; б – вид сверху

Садковые комплексы фирмы Джиян Кейдж представляют собой достаточно дорогие конструкции (рис. 35). Размещение таких комплексов в прибрежных акваториях в значительной степени изменяет весь облик береговой зоны.

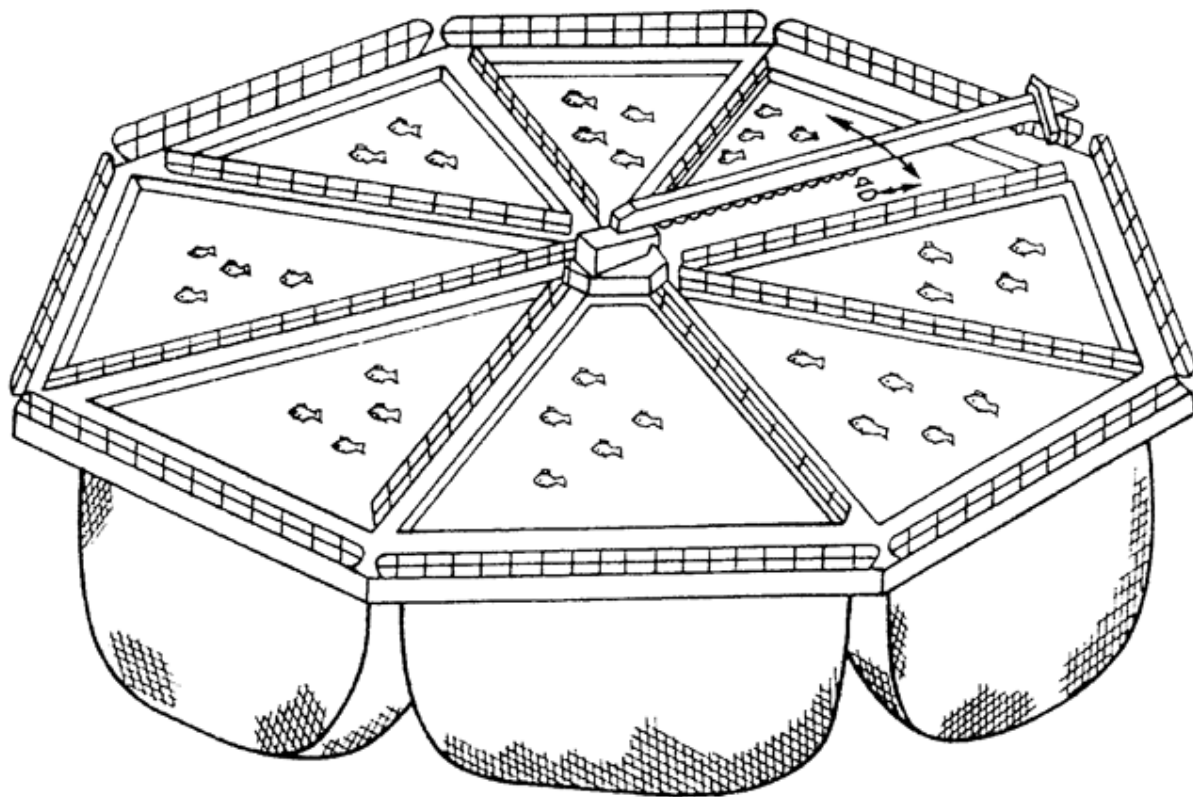


Рис. 35. Садковые комплексы первого поколения фирмы Джиян Кейдж

Фирмой "Аква-Систем" (Норвегия) разработана конструкция длиной 126 и шириной 32 м с высотой корпуса 3,6 м. Как видно из рис. 36, устройство напоминает корпус судна. Стоимость такой системы – 1,5 млн. дол. США, и при этом она все-таки оправдывает себя лишь в полузакрытых акваториях типа фиордов или во внутренних водоемах – озерах и водохранилищах. В морских условиях рыба, находящаяся в садках первого поколения и остающаяся во время штормов на поверхности, "укачивается" и травмируется сетным ограждением.

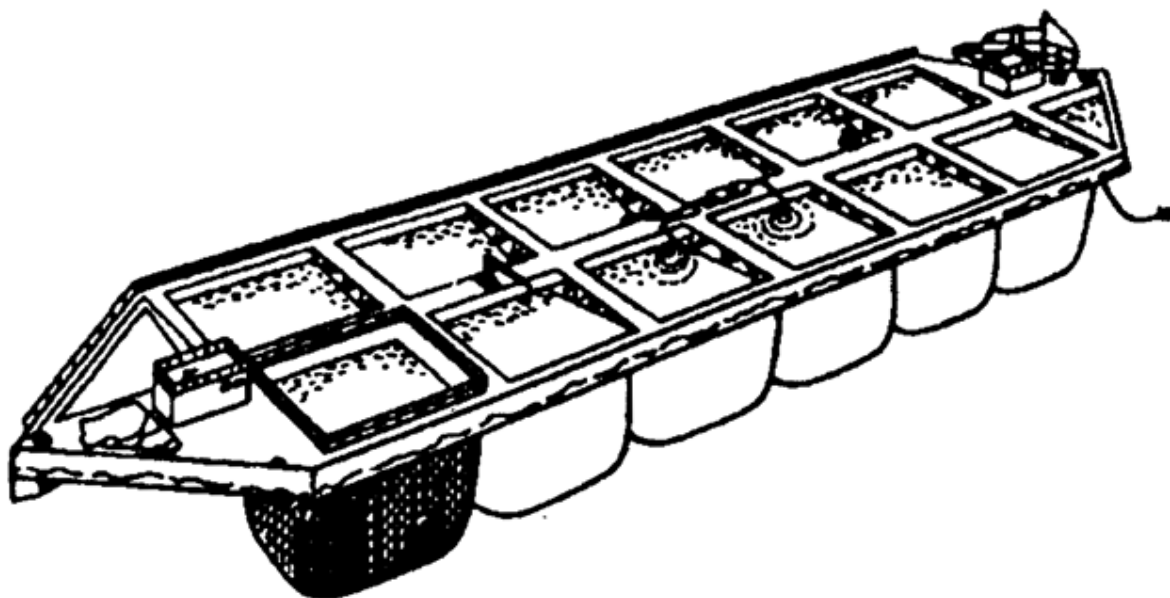


Рис. 36. Садковые комплексы "Аква-Систем" .

Для выноса морских ферм в открытые воды разработаны садки второго поколения, называемые ныряющими, которые при штормовой угрозе способны погружаться под воду, а в остальное время находятся на поверхности. Японские конструкторы, например, создали крупногабаритные дорогостоящие садки "Бриджстон", выдерживающие сильное волнение благодаря раме из гибких резиновых труб с жесткими вставками, а при приближении шторма автоматически погружающиеся на глубину несколько метров. Необходимо отметить, однако, что при погружении садков второго поколения под воду становится невозможным кормление рыб, которые в период штормов голодают. Это отрицательно сказывается на выходе товарной продукции. Нередко даже после прекращения штормового волнения и подъема садков на поверхность рыбы все еще несколько дней отказываются брать корм. Лососевым рыбам вообще для нор-

мальной жизнедеятельности требуется регулярный доступ к воздушной среде, а в ныряющих садках (например, фирмы "Аква-Фар") это не предусмотрено (рис. 37).

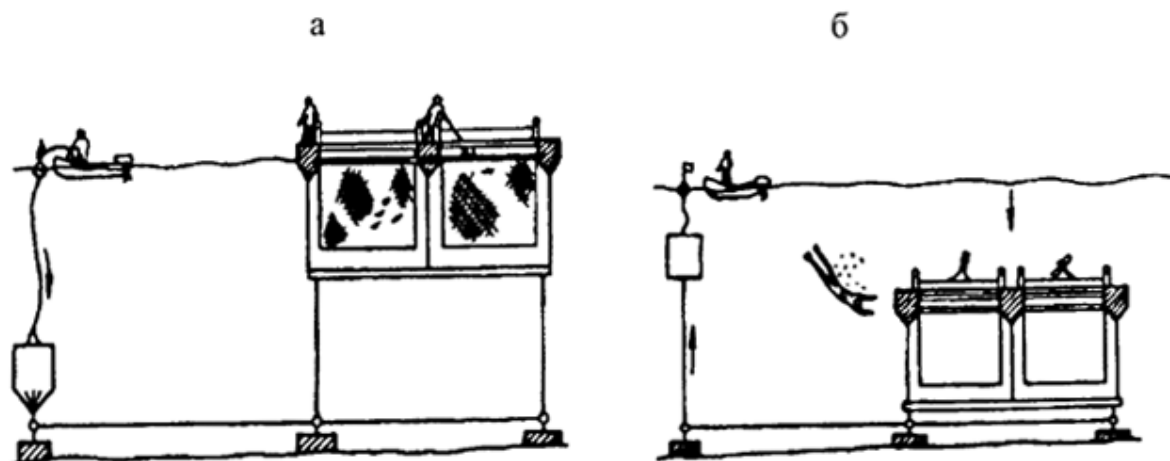


Рис. 37. «Ныряющие садки» второго поколения фирмы «Аква-Фар»: а – в надводном, б – в подводном положении

Кроме того, вследствие не всегда оправдывающихся метеопрогнозов и отказов технических средств, отвечающих за дистанционное затопление ныряющих садков, случаются периодические аварии, приводящие к серьезным убыткам. Очевидно, садки второго поколения не в состоянии обеспечить полноценного управления рыбоводным процессом на всех этапах, не говоря уже об их принципиальной непригодности к использованию в замерзающих водоемах.

Российской фирмой "Садко-Шельф", объединившей усилия биологов и инженеров, создано погружное садковое устройство (ПСУ) третьего поколения, обеспечивающее контроль за выращиванием рыбы как у поверхности, так и под водой (рис. 38). Такую возможность дает наличие системы для подводного кормления рыб, расположенной в воздушном кессоне. Проблема контроля параметров среды решается путем перемещения садков по вертикали в толще воды и фиксации их в слое с оптимальной температурой, которая является лимитирующим фактором при выращивании рыбы. Учитывая естественную температурную стратификацию водоема, можно увеличить выход товарной рыбы на 20–40%.

Для выращивания рыбы в садках третьего поколения необходимы автоматические подводные кормораздатчики, или гибкие кормопроводы. Другой составляющей автоматизации погружных

садков является управление их вертикальным перемещением системой автоматического позиционирования и настройки программы на оптимальные параметры среды. Стоимость автоматических погружных садков может быть выше, чем их предшественников. Однако следует иметь в виду, что экономическую эффективность при внедрении новой технологии получают не за счет сокращения расходов на основные средства, а за счет снижения себестоимости конечной продукции – путем оптимизации и автоматизации рыбоводного процесса и повышения надежности технических систем. В перспективе можно повысить экономическую эффективность выращивания рыбы в садках третьего поколения, например, соединяя отдельные садки-модули в погружные комплексы сотовой конструкции. При этом затраты на элементы автоматики позиционирования и электровоздушные коммуникации снизятся в 5–6 раз.

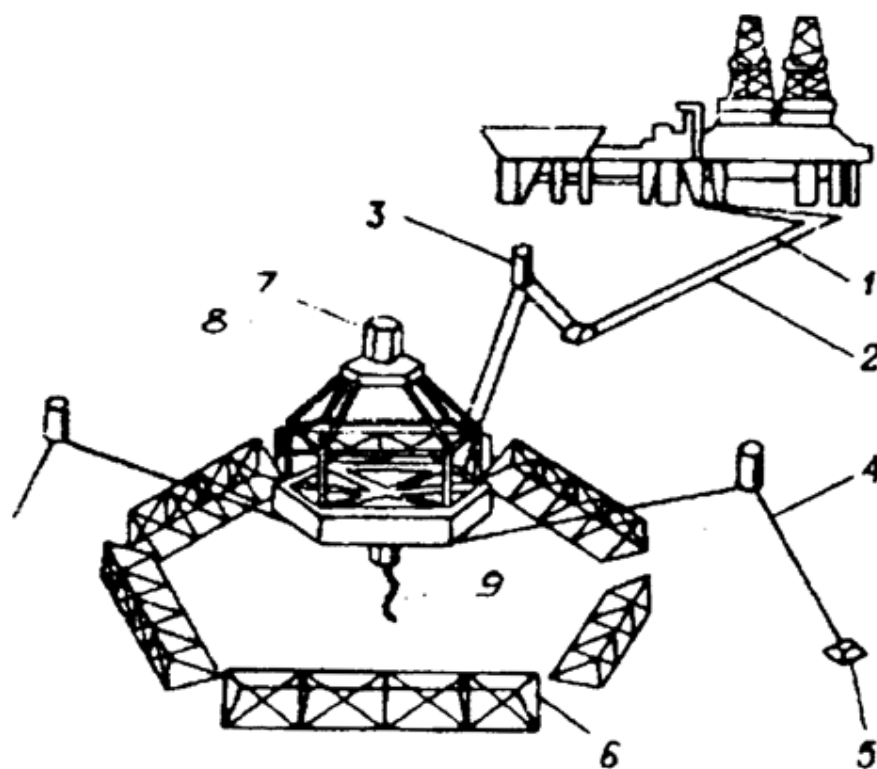


Рис. 38. Садок третьего поколения фирмы “Садко-Шельф”, размещенный у стационарной нефтеперерабатывающей платформы.

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 – воздухопровод; | 6 – искусственные рифы; |
| 2 – кабель; | 7 – кессон с бункером и кормо-
раздатчиком; |
| 3 – промежуточный наплыв; | 8 – понтон |
| 4 – якорные оттяжки; | 9 – пневмогайдропная система. |
| 5 – якорь; | |

Сочетание садкового рыбоводства с другими видами хозяйственной деятельности открывает возможность дальнейшего повышения экономической эффективности аквакультуры. Так, при установке ПСУ в комплексе с морскими нефтегазопромысловыми стационарными платформами упрощается решение вопроса о размещении средств обеспечения (компрессоров, генераторов, кормовых складов, аппаратуры управления, персонала и т. д.) вблизи садковых хозяйств в открытом море. Доля специальных капитальных вложений на дооборудование платформы под рыбоводную базу весьма незначительна. Целесообразность применения именно подводных погружных садков в районе нефтепромыслов обусловлена возможностью загрязнения поверхности акватории углеводородной пленкой, которая препятствует использованию садков предшествующих поколений.

Представляется перспективным использование описанного подхода на нефтеносном шельфе полярных морей. Очевидно, часть нефтяных платформ здесь может быть использована для создания природно-технических систем типа "платформа + ПСУ", специализирующихся на подращивании молоди лососевых рыб до товарного размера. В связи с тем, что выращивание будет осуществляться в пелагиали, а для кормления использоваться качественная корма, опасность токсикоза рыб значительно снизится.

Сложной проблемой, с которой сталкивается садковое товарное рыбоводство, является загрязнение акваторий, прилегающих к морской ферме, остатками кормов. Переизбыток органики в районе плантации может создать стрессовую ситуацию, чреватую антропогенной эвтрофикацией. Морские фермеры поставлены перед дилеммой: либо научиться утилизировать органические отходы, либо периодически менять районы расположений плантаций, не доводя уровень антропогенного пресса на среду до критического. Норвежская фирма "Марепор" рекламирует новый экологически чистый садковый комплекс с возможностью извлечения осадочного материала из садков (рис. 39).

Однако по своему классу эти садки не являются ПСУ, т.е. морально уже устарели. Перспективным направлением борьбы с органическими осадками в районе морских ферм является создание природно-технической системы "ПСУ + искусственный риф" (рис. 38).

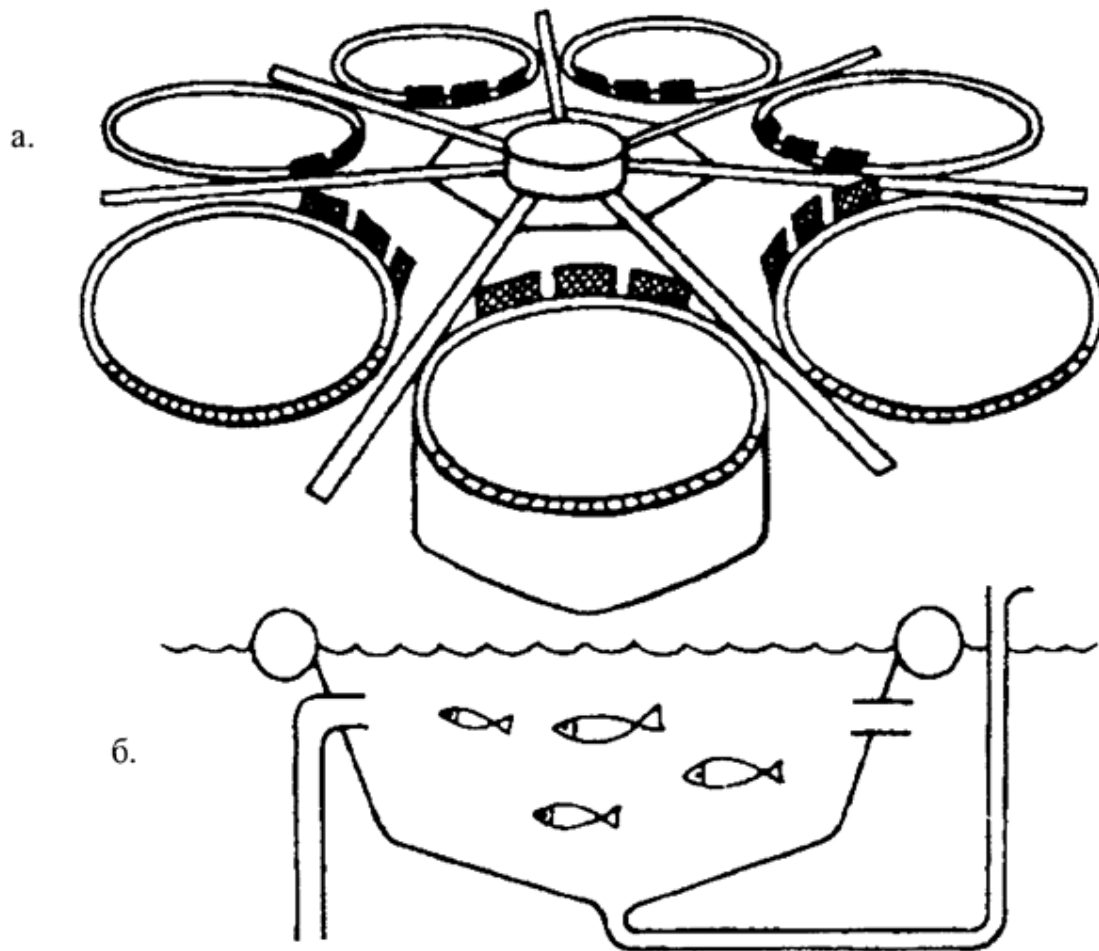


Рис. 39. Система замкнутых садков "Марепор":
а – общий вид, б – схема конструкции садка

Донный полуорганизованный биоценоз, формирующийся на искусственном рифе, сможет утилизировать отходы жизнедеятельности рыб и избыточные биогены. Искусственный риф будет играть роль биофильтра в районе садкового товарного хозяйства и повышать способность акватории к самоочищению и оздоровлению. Одновременно донные виды (черви, моллюски и др.) могут использоваться в качестве корма для выращиваемых рыб. В этом случае трофические связи между садковым хозяйством и полуорганизованным биоценозом искусственного рифа замкнутся. Это позволит свести к минимуму затраты на корм для выращивания основного вида рыбопродукции. Изложенные принципы организации товарных садковых хозяйств используются в настоящее время в Северной Европе при выращивании трески (в Великобритании, Швеции, Исландии, Ирландии и на Фарерских о-вах), а также в Турции при выращивании морского карася и морского окуня (на Черном море)

и тюрбо (на Мраморном море), в Греции и на Кипре (в том числе – с использованием садков фирмы "Садко-Шельф").

4.4. Марикультура лососевых

Этапы и перспективы лососеводства на Северо-Западе России

В последние годы повсеместно на Северо-Западе России наблюдается спад в добыче лососевых, обусловленный, прежде всего, оскудением по разным причинам их естественных запасов. Динамика уловов семги, наиболее ценной лососевой рыбы европейского Севера России, а также величины ее запасов в реках Кольского п-ва свидетельствуют о снижении численности промыслового стада и относительной стабилизации ее на уровне 300 т в год. В ближайшие годы нет оснований рассчитывать на какое-либо увеличение добычи лосося за счет интенсификации промысла без нанесения ущерба естественным запасам. Дальнейший рост промысла лососевых рыб, в том числе и семги, возможен только за счет их освоения в аквакультуре.

Следует отметить, что проблема сохранения и восстановления численности естественных популяций лососевых осознавалась рыбохозяйственной наукой еще в начале XX столетия. Уже с 1920-х гг. в стране предпринимались неоднократные попытки интенсифицировать лососеводство разными методами, включая заводское воспроизводство местных популяций семги, сига, кумжи, а также вселение дальневосточных видов: кеты, нерки, горбуши, кижуча.

Начало промышленного лососеводства на Мурмане было положено в 1932 г. вводом в действие двух рыбоводных заводов по разведению семги на реках Варзуга и Умба. Строительство первых рыбоводных заводов было вызвано падением семужьего промысла и утвердившимся в то время ошибочным мнением о малой эффективности естественного воспроизводства. Ввод в действие в 1932 г. двух рыбоводных заводов открывает *первый этап* в развитии лососеводства на Мурмане.

Технология культивирования рыбы была достаточно примитивной: икру инкубировали прямо в реке, туда же выпускали личинок с нерассосавшимся желточным мешком. На выход личинок огромное влияние оказывали гидрометеорологические условия, поэтому в отдельные годы погибала вся инкубируемая икра [1].

В 1933 г. на р. Кола построили Тайбольский рыбководный завод, на котором инкубировали икру и выдерживали личинок уже в закрытом помещении. Это позволило несколько увеличить процент выхода личинок, но не способствовало повышению численности семги в реках Кольского п-ова, поскольку принцип ее воспроизводства за счет выпуска личинок ранних стадий развития оказался несостоятельным. Личинки на этих стадиях имеют слишком низкую выживаемость. Стало очевидным, что выпуск сеголетков и даже годовиков семги не оказывает положительного эффекта на возврат взрослых особей.

Однако именно на первом этапе были отработаны необходимые практические навыки в получении личинок семги, изучены биология семги и условия, определяющие состояние ее запасов, проведены также многочисленные исследования по разработке основ биотехники интенсивного рыбозаведения. Логическим завершением первого этапа развития лососеводства на Северо-Западе России стали решения конференции (г. Ленинград) в 1950 г., которые предусматривали переход рыбозаводов области к выпуску сеголетков и молоди семги, близкой к покатному состоянию.

Второй этап развития лососеводства начался с основательной перестройки материально-технической базы и внедрения новых технологий. Были рассмотрены возможности пополнения общих запасов лососевых за счет вселения (акклиматизации) новых видов. А.И.Смирновым и М.С.Лазаревым было подготовлено биологическое обоснование акклиматизации горбуши и кеты в бассейне европейского Севера России, что привело к реконструкции Умбского и Тайбольского заводов, а также пуску Кандалакшского и Князегубского заводов.

Усовершенствование производственной базы позволило активизировать разработку методов выращивания разновозрастной молоди с учетом как отечественного, так и мирового опыта. Исследования по ускорению эмбрионального развития лососей путем воздействия повышенными температурами подтвердили, что развитием рыб можно управлять, а регуляция температуры воды при выращивании покатной молоди – вполне реальный путь для улучшения работы лососевых заводов. Данные разработки фактически открыли перспективный путь к сотрудничеству рыбководов и энергетиков в будущем.

С середины 50-х до середины 60-х гг. были изучены практически все речные и наиболее крупные озерные пресноводные системы области, пригодные для аквакультуры; определены особенности каждого водоема, запасы рыб, пути их увеличения и возможности промысла. Авторы работ показали необходимость мероприятий по воспроизводству и рыборазведению (наряду с семгой) таких видов, как морская и озерная кумжа, сиги, озерная форель, паляя, голец и некоторых других. Было рекомендовано сосредоточить основные рыборазводные работы на системе Имандровского водохранилища и близлежащих озер. Центром аквакультуры должен был стать построенный здесь завод, призванный служить базой для воспроизводства, вселения и акклиматизации во внутренних водоемах наиболее ценных, продуктивных пород лососевых рыб.



Рис. 40. Садки ПИНРО в губе Ура, Баренцево море.

Третий этап, начавшийся с конца 1960-х гг., характеризуется становлением принципиально нового направления в аквакультуре Севера – товарного лососеводства. Усилиями ПИНРО в 1971–1973 гг. опыты по выращиванию горбуши и семги в морской воде проводились в губах Ура и Кислая Баренцева моря (рис. 40), а в 1974–1975 гг. – в губе Княжая Кандалакшского залива Белого моря.

Были получены общие представления о возможности товарного выращивания семги и горбуши в прибрежных водах Баренцева и Белого морей, показана возможность выращивания семги до 2–5 кг [13]. Решение практических задач по организации промышленных товарных хозяйств в Мурманской области возлагалось на созданное в 1973 г. объединение “Мурман”. В соответствии с рекомендациями ПИПРО этим объединением на оз. Имандра, в зоне влияния теплой воды Кольской атомной электростанции, было организовано садковое хозяйство, на котором отработана биотехника выращивания ценных пород рыб (рис. 41).

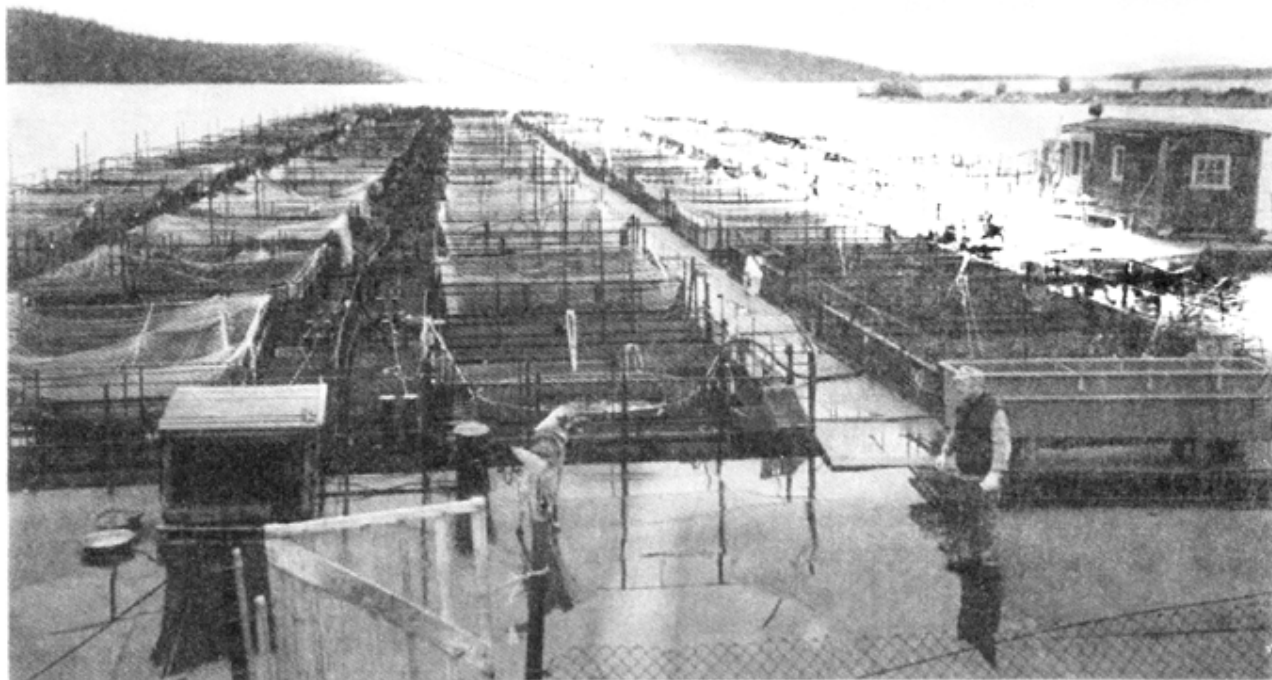


Рис. 41. Садковое хозяйство в зоне влияния теплых вод Кольской АЭС.

В 1973–1974 гг. на базе Кольского опытного форелевого хозяйства проведены опыты по выращиванию радужной форели, семги, бестера и карпа. Работы показали возможность и перспективность получения товарной продукции в теплых водах Кольской АЭС (рис. 42).

С 1973 г. объединение “Мурман” совместно с ПИПРО занималось также морским садковым рыбоводством, для чего была создана Тювагубская экспериментальная база, оснащенная понтовыми садковыми комплексами площадью 200 м². Объектами выращива-

ния являлись семга, горбуша, а также радужная форель. Результаты исследований показали, что за два вегетационных периода семга может вырасти с 10 до 470 г (колебания 200–700 г). Было показано, что морская вода соленостью 25–34‰ стимулирует рост радужной форели. При этом, однако, требуется подогрев воды в зимний период. Таким образом, были выявлены основные условия эффективного функционирования товарного хозяйства: 1) наличие пригодных для этой цели акваторий, 2) количество и качество посадочного материала и 3) обеспеченность хозяйств полноценными гранулированными кормами [13].

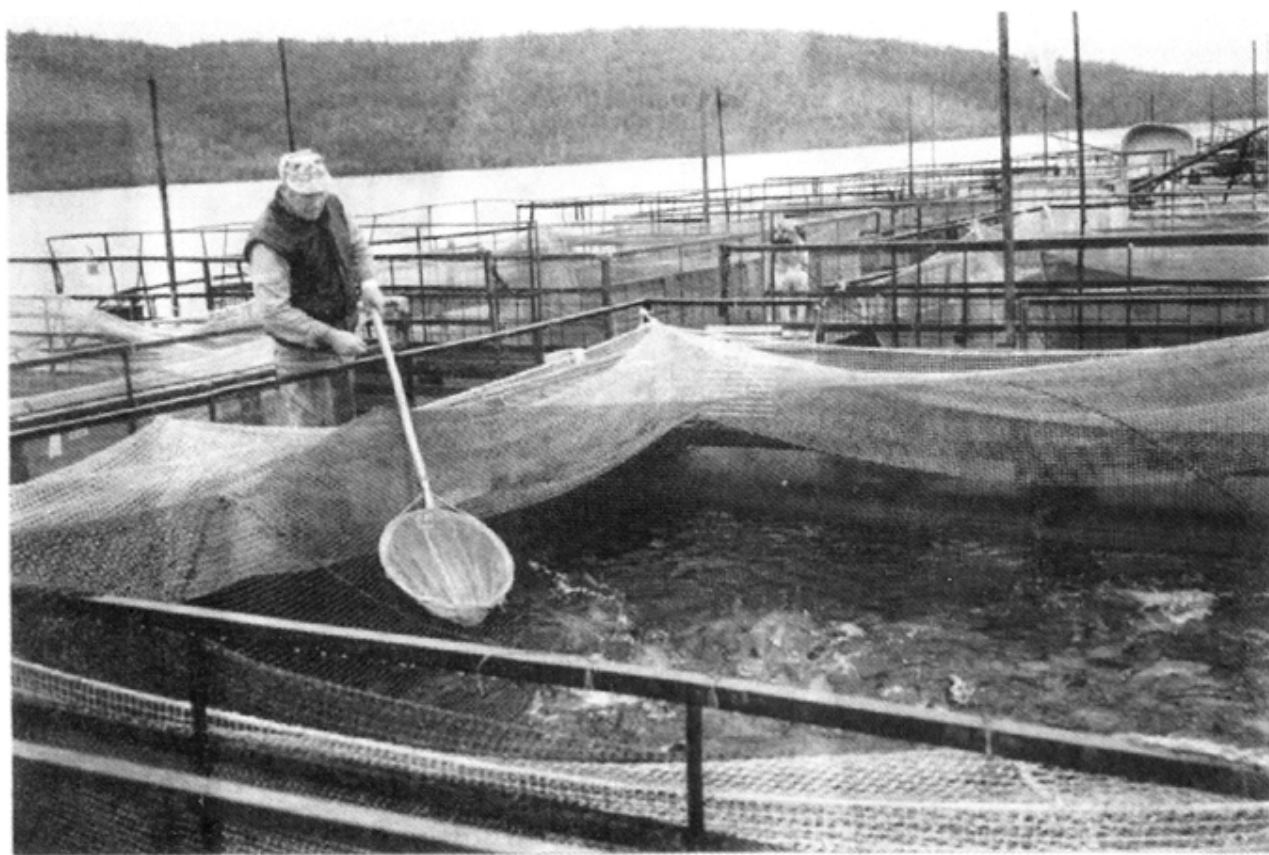


Рис. 42. Получение товарной продукции в теплых водах АЭС

Комплексные исследования лаборатории марикультуры ПИНРО в 1976 г. в прибрежных водах Баренцева и Белого морей выявили акватории, по своему гидрологическому режиму пригодные для размещения садковых понтонных комплексов.

Решения бассейнового совещания в 1976 г. (Рыбохозяйственное использование и перспективы развития внутренних водоемов Северного бассейна, 1976) нацелили работников рыбной промышленности Северного бассейна на переход от рыболовства к управ-

ляемому промышленному рыбоводству. Особо подчеркивалось, что основным направлением товарного рыбоводства в Мурманской области должно стать форелеводство на теплых сбросовых водах электростанций и в морских водах Кандалакшского залива. Под выращивание форели были переданы пустующие производственные мощности рыбозавода “Имандра”.

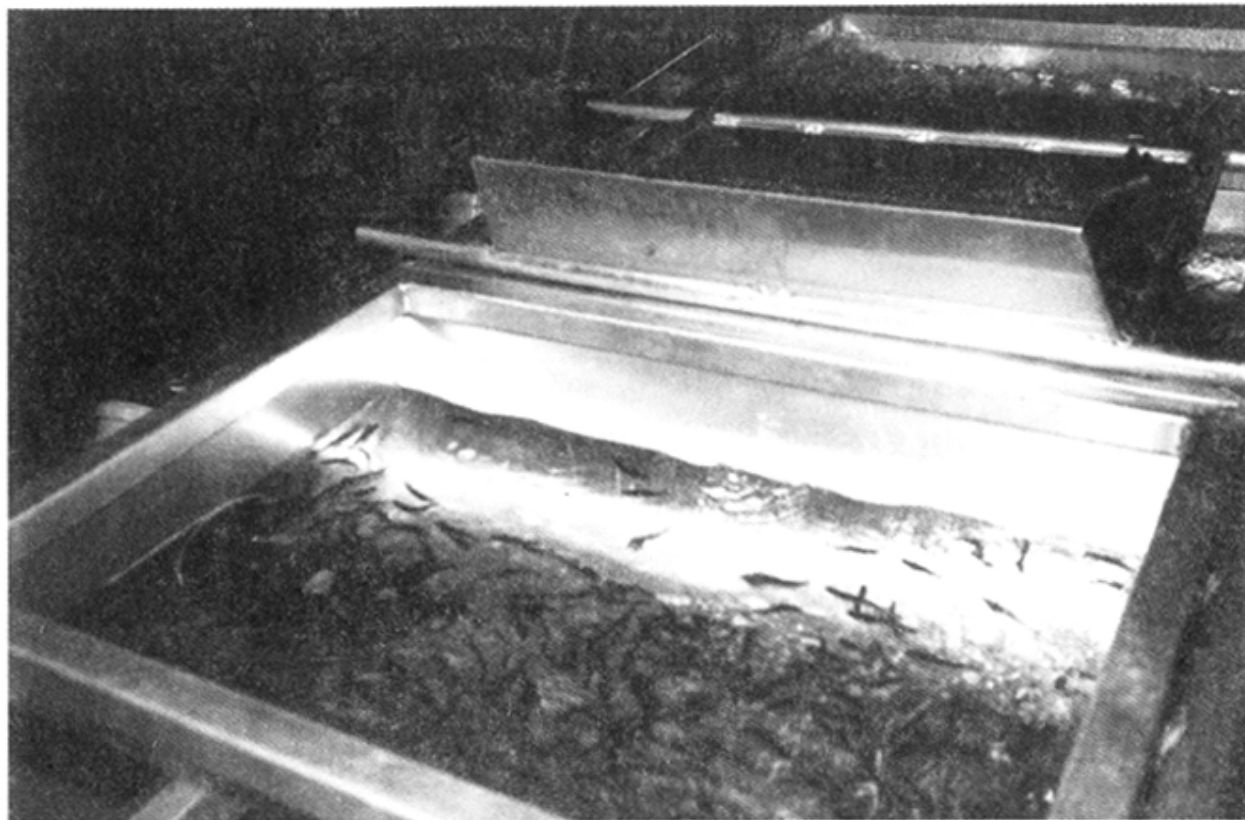


Рис. 43. Резервуары для выращивания сеголеток лососевых рыб.

Помимо товарного рыбоводства на третьем этапе большое внимание уделялось также и традиционному направлению – пастбищному рыбоводству. Были спроектированы и построены на компенсационной основе лососевый завод “Имандра” (1975 г.) и Верхнетуломский рыбоводный завод (1983 г.) для воспроизводства запасов ценных лососевых рыб (рис. 43, 44). Верхнетуломский завод разместил резервуары для выращивания сеголеток лососевых рыб в помещениях Верхнетуломской ГЭС, вырубленных в скальных породах (рис. 43). Тем самым окончательно утвердилось взаимовыгодное сотрудничество рыбоводов и гидротехников.

Садки с товарной продукцией разместились на водохранилище ГЭС (рис. 44).

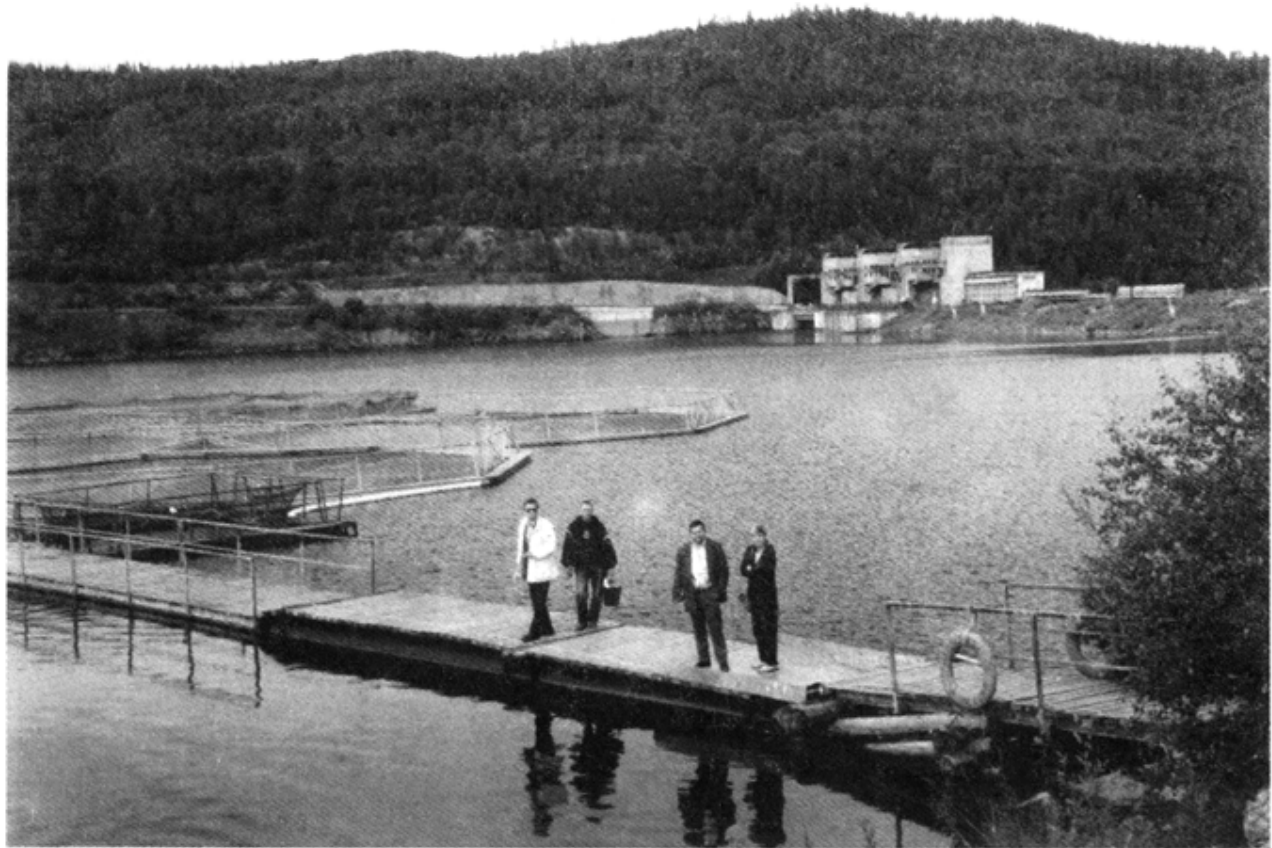


Рис. 44. Садковые хозяйства Верхнетуломского рыбноводного завода, расположенного на Верхнетуломском водохранилище ГЭС.

К началу *четвертого этапа* (1980-е гг.) на Северо-Западе России в общих чертах определились три направления в рыбноводстве: искусственное воспроизводство, пастбищное разведение и товарное выращивание, каждое из которых имеет особую практическую значимость для северных регионов. Четко обозначился повышенный интерес промышленности к товарному форелеводству (рис. 45), и это позволило в условиях Заполярья сформировать собственное маточное стадо рыб.

Оживление интереса к товарному выращиванию семги было обусловлено как общей ежегодной потерей уловов атлантического лосося, составлявшей в тот период 60 т, так и бурным развитием этой отрасли в соседних скандинавских странах. В 1982 г. было закуплено норвежское оборудование для завода по выращиванию посадочного материала. Закупленное оборудование было использовано на Верхнетуломском рыбозаводе, где в настоящее время успешно выращивается посадочный материал – "смолты" семги (рис. 43).

В 1989 г. на Кольском п-ове усилиями ПИПРО и объединения "Мурманрыбпром" в полупромышленном варианте выращена пер-

вая тонна семги, а в 1990 г. объединение “Мурманрыбпром” вырастило и реализовало опытно-промышленную партию семги в количестве 5 т.

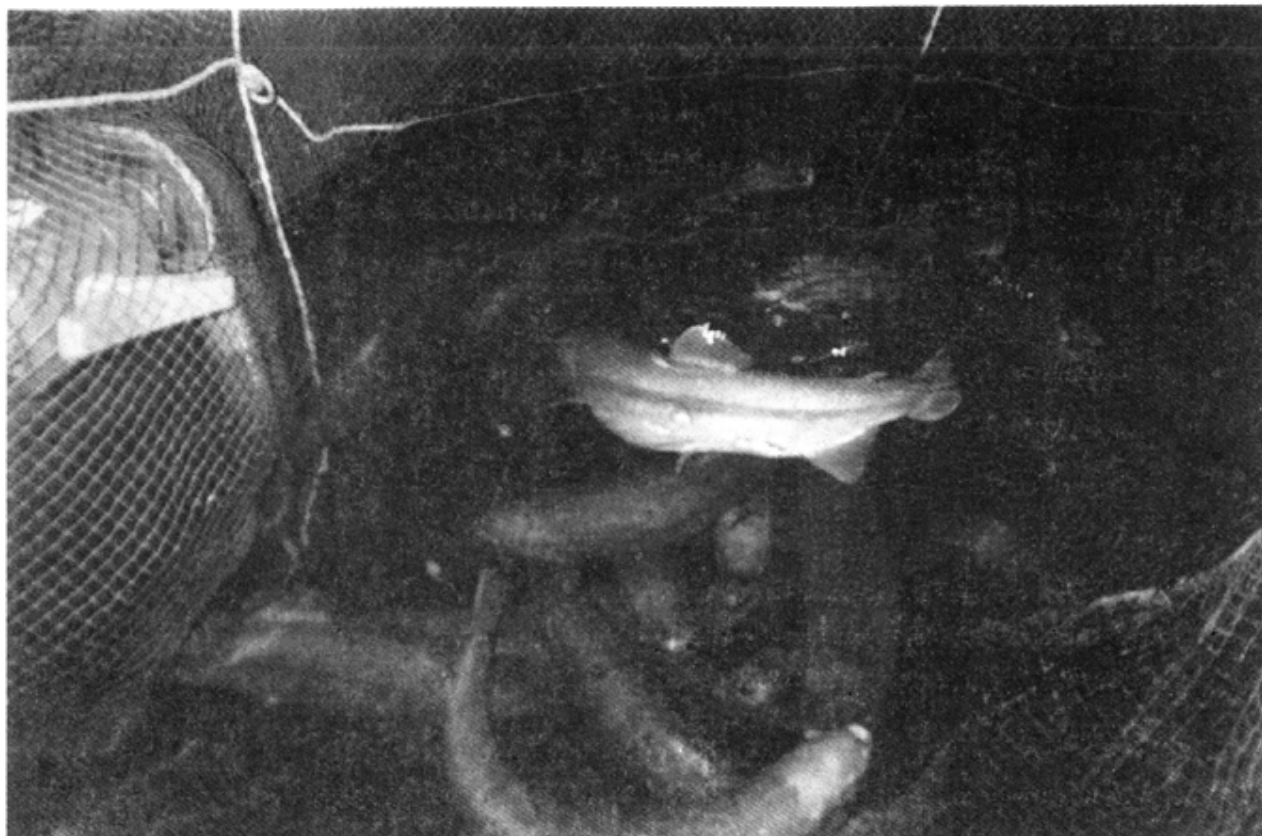


Рис. 45. Резервуары с крупными особями радужной форели.

В 1986 г. была разработана и принята отраслевая научно-производственная программа “Лосось” для северного региона на период до 2000 г. Программа предусматривала разработку основ для сохранения ресурсов лососевых рыб (семги, кумжи, гольца, форели) с целью создания на этой базе заводской технологии по выращиванию качественного посадочного материала и товарной рыбы в количестве до 5 тыс. т в год. Перспективность товарного лососеводства на Северо-Западе России стала более чем очевидна. Следует считать, что интенсивное рыборазведение и товарное выращивание лососевых на основе новых и новейших технологий является приоритетным направлением для России.

Особенности промышленной и социальной инфраструктуры Кольского п-ва при переходе к новым условиям хозяйствования создают предпосылки для формирования нового типа промышленников – морских фермеров (рис. 46).



Рис. 46. Частное садковое рыбоводное хозяйство "Ударник" в губе Палкина (Кандалакшский залив Белого моря).

В этом процессе, однако, должна четко просматриваться определяющая роль государства как основного кредитора и гаранта стабильного развития отрасли. Без стабилизирующего, буферного воздействия государства сложно проводить скоординированную региональную политику по развитию отрасли и организации сети малых фермерских хозяйств.

Следующий, пятый, этап развития лососевой аквакультуры на севере России, по представлениям В.С. Анохиной [1], должен включать:

- переход к управляемой системе пастбищного выращивания лососей с их максимальным изъятием в море при сохранении масштабов и условий для расширенного естественного воспроизводства;
- применение современных методов управления развитием рыб для разработки новых технологий с учетом экологических условий в основных промысловых реках;
- создание координационного Центра по индустриальной аквакультуре;
- строительство лососевой племенной станции для форели, семги, горбуши, гольца и других объектов культивирования.

Атлантический лосось *Salmo salar*, или семга – важнейший объект промысла, традиционно добываемый в Белом и Баренцевом морях. Его разведением занимались специализированные рыболовные заводы в разных районах Северо-Запада России: Тайбольский, Варзугский, Умбский, Саянский, Онежский, Выгский и др. И хотя традиции искусственного выращивания семги на Руси восходят к 80-м гг. XVI в., тем не менее товарное выращивание до сих пор не получило у нас подобного развития. Хотя в настоящее время потребности мирового рынка в семге с успехом перекрывает Норвегия, потребности внутреннего рынка в этом деликатесном продукте по-прежнему велики.

Семга широко распространена в прибрежной зоне Северной Атлантики: в Норвегии, в Балтийском и Северном морях, в Бискайском заливе, у западных берегов Португалии, в прибрежной зоне Великобритании, Исландии, Гренландии и вдоль атлантического побережья Северной Америки. В России семга обитает у Мурманского берега Баренцева моря и в Белом море. В восточном направлении ее ареал простирается до эстуария р. Кара в Карском море.

Атлантический лосось заходит для икрометания в большинство рек бассейна Белого моря. Наиболее важные популяции семги обитают в реках Северная Двина, Поной, Мезень, Варзуга, Онега, Умба, Кереть [41]. Согласно срокам вхождения в реку, различают 2 экологические формы семги: летнюю (весеннюю) и осеннюю. В Белом море и Печорском бассейне доминирует осенняя форма, по вкусовым качествам более жирная, тогда как в Западной Европе и на Балтике преобладает летняя форма.

Жизненный цикл семги занимает до 10 лет, из которых первые 3–5 лет обычно проходит в реке. Время нагула в море варьирует от 1 до 5 лет, в среднем составляя 2–3 года. При этом семга питается мелкой рыбой, крупными ракообразными и моллюсками, порой сама попадая в пищу тюленям. Семга, идущая на нерест в реки, различается по целому ряду признаков, таких, как время входа, размер, пол и период нереста.

Летняя форма представлена несколькими группами. Крупные самки «закройка» входят в беломорские реки в июне–июле, иногда – в августе, в конце июня – августе за ними следуют мелкие самцы

«тинда». Эти рыбы обычно нагуливаются в море не более года. Крупные самцы, нагуливающиеся в море 2–3, порой 4 года, входят в реки во второй половине июля – в августе. Эти самцы называются «мезень» и почти не отличаются от тинды по размеру и весу [41].

Осенняя форма семги в августе приближается к устьям рек, хотя массовый заход в реки происходит в октябре–ноябре и даже позже, перед ледоставом. Осенняя группа составляет основу популяций семги рек бассейна Белого моря, в отличие от Баренцева. При этом осенью в реки первыми входят мелкие самки, называемые «листопадка». Самцы осенней семги с недоразвитыми гонадами входят в реки позже самок. Рыбы зимуют в глубоких ямах. После зимовки семга, называемая «заледка», продолжает движение вверх по реке для поиска мест для икрометания, иногда – после дрейфа льда. Большинство особей атлантического лосося мечет икру один раз в жизни, их плодовитость невысока и варьирует от 2–9 до 20–22 тысяч яиц.

Семга нерестится при температуре от 0 до 6°C. Самки откладывают яйца в предварительно вырытые в галечном грунте ямки, на проточном месте, на небольшой глубине – 25–40 см. После оплодотворения рыбы покрывают ямки грунтом, превращая их в бугорки. Молодь семги обычно всплывает из бугорков в июне, но после этого продолжает прятаться в ямках, скрываясь от хищников. Подрастающая молодь, называемая «пар», питается водными насекомыми и их личинками, а по мере роста – моллюсками и мелкой рыбой. Миграция молоди к морю начинается обычно весной. Основную массу этой молоди составляют особи, которые провели в реке 3 года, их средние размер и вес составляют 150 мм и 30 г, варьируя в зависимости от конкретных условий. Так, известно, что в реках Белого моря молодь семги растет быстрее, чем в реках Баренцева. Часть самцов остается в реках, где достигает половой зрелости и принимает впоследствии участие в нересте вместе с обычными самцами – это так называемые «карликовые самцы».

Мигрируя вниз по реке, молодь семги приобретает вместо пестрой («пестрятка») характерную серебристую окраску («смолт») и спускается в эстуарии. Этому сопутствуют внутренние морфологические перестройки, касающиеся прежде всего работы органов выделения при переходе из реки в море. В эстуарии беломорские смолты проводят лето, и процесс смолтификации завершается. За-

тем осенью, при температуре 4–6°C, смолты мигрируют в направлении Горла Белого моря и покидают этот водоем. Их средняя длина достигает в это время 25–30 см.

По данным разных исследователей, за последние десятилетия продолжительность периода нагула семги в море сокращается. Размер и биомасса семги, зависящая от длительности нагула, соответственно тоже сокращается. При этом уменьшается и число повторно нерестящихся особей, что приводит к омоложению популяций. Эта тенденция отмечается для популяций как Белого, так и Баренцева морей. Отмечается также сокращение запасов и снижение промысла семги. С конца XIX столетия до 1939 г. добыча семги в Белом море поддерживалась на среднем уровне 0.6–0.9 тыс. т в год [41]. После войны годовой улов семги в Белом море круто снизился. В 80-х гг. среднегодовой улов в Белом море составлял 244 т, в 1992–1994 гг. он упал до уровня 100 т [41]. При этом у Терского берега уловы более стабильны, а у Карельского они падают весьма заметно.

Уменьшение запасов и уловов семги в Белом море происходит главным образом из-за нарушения условий ее воспроизводства. Наиболее губительным является молевой сплав леса, практикуемый с 30-х гг. и до настоящего времени. При этом нерестовые площадки оказываются замусоренными корой и стволами, а реки – непроходимыми для рыб, идущих на нерест. Во многих реках Белого моря слой коры достигает 2 м толщиной [3]. Кроме потери нерестовых площадок, это приводит к снижению запасов кормового зообентоса, необходимого для питания молоди семги. Так, в притоках Северной Двины, замусоренных стволами и корой, биомасса кормового бентоса на квадратный метр дна в 100 раз ниже, чем в чистых реках [3]. Неудивительно, что в тех немногочисленных притоках Северной Двины, где мальки семги были обнаружены, их плотность оказалась на 2 порядка величин ниже, чем в чистых реках.

В условиях существенного сокращения естественного воспроизводства, поддержание запасов семги возможно за счет ее искусственного культивирования на рыбоводных фермах и последующего вселения в разные реки Белого моря. Благодаря многолетним усилиям такого рода, стада семги в некоторых реках удалось сохранить. Но, к сожалению, этого недостаточно, чтобы добиться существенного возобновления запасов беломорской семги. Деятельность 4-х лососевых рыбоводных хозяйств Белого моря пока по-прежнему

крайне малоэффективна по причине устаревших технологий и низкого качества кормов. Кроме того, около 70% выпущенной в реки молоди семги становится добычей щук и окуней, ибо тотальный запрет на вылов рыбы в семужных реках привел к тому, что численность этих хищников резко возросла.

Подводя итог современному состоянию культивирования семги на европейском Севере России, можно отметить, что рыбоводные хозяйства в целом ориентированы на выпуск молоди на более жизненной стадии смолта, с учетом гидрологических особенностей каждой реки и оптимальных сроков выпуска. Конечной целью рыбоводных мероприятий должно стать стабильное воспроизводство популяций семги. В связи с этим планируется реконструкция и модернизация лососевых заводов Мурманской области.

Особенности акклиматизации горбуши в Белом и Баренцевом море

Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) – представитель тихоокеанских лососевых, вид, распространенный в северной части Тихого океана вдоль азиатского и североамериканского берегов. Вдоль российского побережья она встречается от Берингова пролива до бухты Петра Великого. Горбуша, акклиматизируемая в Северном бассейне, отмечена от Шотландии и Исландии до бассейнов рек Обь и Енисей. Идея интродукции горбуши в Белое море была предложена в 1953 г. основателем Беломорской биостанции ЗИН РАН проф. В.В.Кузнецовым [17], который обнаружил, что многие виды с коротким жизненным циклом при существовании в Белом море имеют преимущества по сравнению с обитанием в Баренцевом море. Это проявляется в более высокой скорости роста, плодовитости, плотности популяций.

Перевозка икры горбуши с Дальнего Востока началась с 1957 г., когда икру на стадии глазной пигментации самолетом доставляли на рыбоводные заводы Белого моря. В течение ряда лет эти заводы выпускали от 6 до 36 млн. подросшей молоди, однако возврат составлял лишь десятки экземпляров, вероятно, из-за низкой выживаемости молоди. Возврат горбуши в реки бассейнов Баренцева и Белого морей существенно возрос в 1960-х – 1970-х гг. Вылов достигал 77–262 тыс. рыб, или 115–400 т в год. При этом в период 1960-х – 1970-х гг. естественное воспроизведение было эффектив-

ным лишь в отдельные годы – в 1967, 1975 и отчасти в 1973. По причине ранних морозов в северных реках число градусо-дней, необходимое для развития икры позднерестящихся особей горбуши, не достигает необходимой величины – 200–220 градусо-дней, и икра гибнет. Выживают лишь эмбрионы ранних групп, вымет которых происходит не позже 1-й половины сентября [41].

После 1979 г. поставки икры с Дальнего Востока прекратились, и численность горбуши стала резко падать, что дало основание исследователям говорить о низкой эффективности естественного воспроизводства горбуши и неудачном опыте акклиматизации. Тем более неожиданным было наступившее после 1987 г. увеличение ее численности. Увеличиваются и ее уловы, особенно в последние годы. Так, в 1995 г. улов горбуши в Белом море достигал 525 т, в 1997 г. – 958 т, в 1999 г., по данным ПИПРО – около 1500. Если эта тенденция сохранится, горбуша будет занимать стабильно лидирующее место в вылове рыб ценных промысловых видов в Белом море, и ее акклиматизацию можно будет считать успешной.

Вход горбуши в реки бассейнов Баренцева и Белого морей отмечается в июне–октябре, популяция обычно представлена двухлетними особями, проводящими в море немногим более года. Икрометание происходит в августе–сентябре, при температуре 13–9.5°C, средняя плодовитость выше, чем на Дальнем Востоке, и составляет 1.5–2.0 тыс. яиц. Горбуша из Белого и Баренцева морей по таксономическому описанию не отличается от горбуши с Дальнего Востока, но она крупнее ее. Средняя длина горбуши Северного бассейна варьирует от 33 до 61 см, средний вес – от 1.1 до 2.2 кг [41]. Икрометание у горбуши, типичное для лососевых, осуществляется на дне, на глубине 15–35 см, над икрой насыпаются холмики. После икрометания рыбы погибают.

Личинки северных рек покидают нерестовые холмики на более поздних стадиях развития, чем это происходит на Дальнем Востоке, и начинают активно питаться личинками насекомых и насекомыми. Начало половодья служит сигналом для миграции молоди вниз по реке, происходящей обычно в июне–июле. Питание горбуши в море в период нагула, который длится около года, составляют рыбы и ракообразные.

По результатам исследований ПИНРО в Кислой губе, стало ясно, что весьма перспективно товарное выращивание горбуши в садках на побережье Баренцева моря.

Особенности культивирования форели в Северном бассейне

Форель – *Parasalma mykisa* («микижа»), культивируемая в наших северных морях с 1980-х гг., – один из наиболее важных и перспективных объектов марикультуры в этом районе. Это вид короткого жизненного цикла, что позволяет быстро достичь товарного размера.

С начала 1980-х гг. исследователи из ПИНРО (Мурманск, Архангельск) обследовали прибрежные районы Белого моря, с учетом особенностей гидрологии, рельефа дна и др. показателей и выбирали участки, пригодные для садкового выращивания форели. Научно-производственные эксперименты по культивированию форели в этих районах дали обнадеживающие результаты. При этом в садки помещалась годовалая молодь форели весом 80–100 г, выращенная в теплой воде на рыбоводных заводах (чаще всего – с завода «Имандра»). Сроки культивирования варьировали в разные годы и в разных участках от 75 до 125 дней. Весовой прирост также варьировал от 160 до 2800%, в зависимости от конкретных условий и кормов [41].

В 1995–1997 гг. сходный эксперимент по культивированию форели был предпринят совместными усилиями российских (Петрозаводский университет) и норвежских (Акваплан-Нива, Тромсе) исследователей. 5 из 14 исследованных участков Кандалакшского залива были рекомендованы для культивирования форели. Учитывались умеренный нагрев воды с оптимальной температурой 9–14°C, отсутствие перемешивания и быстрых течений, низкое содержание органики.

Первый эксперимент был осуществлен в Кривозерской бухте губы Чупа Кандалакшского залива. 3 тыс. смолтов весом около 200 г выращивались около 3,5 мес. в садке объемом 500 м³. Полученные результаты превзошли самые смелые ожидания. Средний вес форели в конце периода культивации составлял 1.350 г, и средний весовой прирост составлял 1.136 г, что более чем вдвое превышало ожидаемый – 500 г [41].

Важным условием успешности садкового культивирования следует считать доступность селективного материала и его адапти-

рованность к специфическим условиям культивирования, чтобы обеспечить максимальную реализацию ростовых возможностей рыб. К сожалению, работы в направлении формирования маточных стад ведутся явно недостаточно. Не проводятся работы по получению однополого потомства (самок) форели – *камлоопс*, хотя технологии управления гормональной сменой пола у рыб успешно разработаны в России. С 1994 г. посадочный материал форели *камлоопс* поставляет в Мурманскую область финская фирма «Арктик Салмон» [41]. Вместе с тем, выращивание однополой форели крайне перспективно, так как она значительно превосходит прочие формы по скорости роста. По материалам исследователей из ПИПРО Н.К. Воробьевой и М.А. Лазаревой, культивировавших форель в Палкиной губе Белого моря в 1995–1996 гг. [48], максимальный весовой прирост наблюдался у *камлоопса*. Так, в августе средний весовой прирост на одну особь составлял для *камлоопса* 20.9 г/сут., тогда как для обычной разнополой форели из карельского и мурманского рыбопитомников он составлял 12.1 и 9.4 г/сут. соответственно. Очевидно, при товарном выращивании форели в Белом и Баренцевом морях следует ориентироваться именно на *камлоопса*.

Проблемы культивирования и болезни лососевых на основе опыта аквакультуры Канады

Изучение опыта успешной промышленной аквакультуры Канады [43] отражает современное состояние этого рода деятельности и представляет большой интерес для решения возможных задач на севере России при переходе от опытного культивирования к промышленному выращиванию.

Ньюфаундленд и Лабрадор

Исследования, проводимые различными научными центрами Канады (Университетский океанский научный центр, Министерство рыбного хозяйства и океанических исследований и др.), касаются нескольких морских промысловых видов рыб: атлантического палтуса, пинагора, трески, арктического гольца, но основное внимание уделяют атлантическому лососю (семге) как дикому, так и культивируемому. Была проведена оценка количественных изменений запасов атлантического лосося в заливе Святого Георгия – районе, важном для морского культивирования. Смолты были помещены в

морские садки, что положило начало серии экспериментов по их культивированию в море. Интересен также проект сравнительного изучения особенностей триплоидного и диплоидного атлантического лосося в условиях аквакультуры Ньюфаундленда. Триплоидия индуцируется с помощью изменения давления специальным оборудованием.

Нью-Брансуик

Проводимые исследования сконцентрированы главным образом на проблемах и болезнях семги, но второстепенные для марикультуры виды также изучаются, и в первую очередь – атлантический палтус. Изменение особенностей нереста, а также условий содержания молоди в инкубаторах и молодых палтусов в морских садках привело к троекратному увеличению их скорости роста и показало, что продолжение работ по выращиванию палтуса экономически и технически выполнимо. Изучалось также воздействие скорости течения и солености на оплодотворение яиц и раннее развитие личинок, а также питание личинок палтуса морским зоопланктоном. Исследовались и другие виды, перспективные для культивирования, такие, как пикша, полосатый окунь, арктический голец, пинагор, угорь. Определялись скорость роста в садках, жизнеспособность и послезимняя смертность не только палтуса, но и пикши. Рассматривалось влияние температуры и солености на рост в морских садках ювенильных особей полосатого окуня. Исследовались способности к адаптации и рост арктического гольца, выращиваемого в солоноватоводных резервуарах (8–12‰).

Проводились опыты по регуляции роста смолтов семги путем изменения продолжительности фотопериода, а также по выявлению влияния зимнего истощения на половое созревание рыб. Генетические исследования посвящены изменчивости разных линий в росте молоди в речной и морской периоды и влиянию на рост повышенной плотности поселения; триплоидии и смене пола; возрасту родителей и продолжительности их пребывания в море, являющихся причиной изменчивости в ходе полового созревания; сравнению особенностей роста молоди рыб, выращиваемых вместе и порознь, с использованием метода идентификации ДНК, а также влиянию гормона роста. Разрабатываются направления, связанные с усовершенствованием технологии рыборазведения: влияние криообработки спермы на потомство; использование метилтестостерона для

восстановления отнерестившихся особей; взаимодействие между дикими особями и особями, сумевшими убежать из садков, а также генетическая обусловленность сопротивляемости фурункулезу. Для борьбы с этим заболеванием, передающимся от фермы к ферме, исследуется роль клеточной устойчивости.

Борьба с возбудителями болезней семги – одно из важнейших направлений исследований. Большой урон культивированию наносит болезнь почек, вызываемая патогенной бактерией *Renibacterium salmoninarum*. Здесь работы проводятся в трех направлениях: жесткий контроль за населением инкубаторов и экспериментальное заражение выборочных поселений семги в целях выявления роли наследственности в сопротивляемости рыб заражениям, а также совершенствование методики экспресс-тестирования заболевших рыб. Усилия исследователей направлены также на борьбу эктопаразитическим ракообразным *Lepeophtheirus salmonis* – лососевой вошью. Изучаются возможности иммунизации лососей, выращиваемых в садках, против этих паразитов.

Квебек

В этом районе усилия аквакультуры сосредоточены на изучении миграционных способностей арктического гольца, трески и камбалы при адаптации к условиям эстуариев – с целью пополнения естественных ресурсов залива Святого Лаврентия. При садковом выращивании разрабатываются в основном технологические задачи, например, применение синтетических и натуральных каротинов для окраски мяса разных видов рыбы.

Британская Колумбия

На Тихоокеанском побережье Канады основные объекты культивирования – это кижуч и чавыча, а в последнее время, и атлантический лосось, которого фермеры собираются выращивать в озерах, где тепло и молодь растет быстро. Помимо лососевых, исследуется возможность культивирования палтуса и рыбы-сабли. Для ее личинок в качестве оптимального субстрата подбираются водоросли разных видов. Что касается лососевых, выращиваемых в морских хозяйствах, то здесь на первом плане исследования, касающиеся профилактики их болезней и совершенствования технологии выращивания, а также генетические исследования. Основными направлениями работ генетиков являются следующие.

1. Разработка методов культивирования лососей, позволяющих избежать болезни почек, вызванной бактериальным возбудителем (в том числе, применение инъекций эритромицина).

2. Изучение причин и условий возникновения морской анемии чавычи, причиной которой является вирусная инфекция, передающаяся с икрой.

3. Исследование биологии лососевой вши (*Lepeophtheirus salmonis*): сроки и стадии развития, рост и выживаемость, устойчивость разных видов лососевых к заражению и природа ответа хозяина на заражение паразитом. Определялись дозы воздействия антипаразитарного агента ивермектина для разных видов лососевых.

4. Изучение необычной инфекции, вызванной диплонадной флагеллятой, напоминающей *Hexamita salmonis* и приводящей к большим потерям чавычи. Семга оказалась невосприимчива к этой инфекции.

5. Усовершенствование диеты и чередование в зимнее время периодов голодания и избыточного кормления рыб.

6. Контроль за полом; развитие и коммерциализация Y-специфического исследования ДНК чавычи; добавление этинил эстрадиола – эстрогена для феминизации лососей.

7. Хромомомные манипуляции – индукция триплоидии и гиногенеза у разных видов лососевых.

8. Исследование ДНК чавычи.

9. Выведение быстрорастущего кижуча путем активации гена гормонального роста.

10. Селективное размножение кижуча: селекция на протяжении более чем двух поколений привела к увеличению скорости смолтификации и роста.

Кроме этого, начаты и будут продолжаться исследования биохимических, ионных, иммунных и др. регуляторных процессов. Основные направления этих исследований могут быть представлены следующими позициями.

1. Экспрессия стрессовых протеинов, ее роль индикатора общего стресса и иммунные функции у нормальных рыб и рыб, пораженных инфекцией почек. Использовались поли- и моноклональные антистресс-протеиновые антитела для экспрессии стресс-протеинов. Проводилась корреляция между экспрессией стресс-протеинов у рыб в состоянии стресса и обычно используемыми показателями

стресса (содержанием кортизола в плазме и др.), сравнивались иммунные функции у нормальных рыб и рыб, имеющих стресс-протеины.

2. Влияние ионов кальция на экскрецию азота у лососей. Повышенное содержание ионов кальция может усилить вредный физиологический эффект экстремальных значений рН. Планируется выяснить, в какой степени выживаемость кумжи в щелочных условиях и ее способность к экскреции азота связана с регуляторной функцией жабр, которая зависит от концентрации кальция. При этом изучаются Са-зависимые механизмы и гормоны, управляемые концентрацией кальция (кальмодулин, станиокальцин и пролактин) в нормальных и экстремальных условиях среды.

3. Изучение роли естественной иммунной системы в устойчивости к заболеваниям кижуча. При этом оценивается роль наследственности при действии каждого из естественных иммунных факторов (лизозимы, С-реактивный протеин, макрофагная изменчивость), чтобы выбирать селективные критерии для выведения устойчивого к болезням лосося.

4. Формирование специфической иммунной системы тихоокеанских лососей на ранних стадиях развития бактериальной болезни почек. Предполагается, что икра и эмбрионы рыбы заражаются бактерией *Renibacterium salmoninarum*, когда иммунная система еще несовершенна. Исследование влияния бактерии на развивающуюся иммунную систему могло бы помочь при создании вакцины против этого заболевания.

5. Определение “энергетической цены” ионной и осмотической регуляции у икры и личинок коммерчески важных видов рыб. Для поддержания внутреннего ионного и водного баланса рыбы должны расходовать много энергии для активной регуляции внутренней среды, поэтому важно определить энергетические затраты при ионной и осмотической регуляции и соотнести эти затраты с действующими регуляторными механизмами. Исследования касаются таких видов, как тихоокеанский палтус, рыба-сабля, сельдь, радужная форель, чавыча, кижуч, семга и др. Лучшее понимание регуляторных процессов сделает возможным изменение практики культивирования рыбы, при этом уменьшатся общие энергетические затраты индивидуума, связанные с ионной регуляцией. Биоэнергетическое снижение затрат сможет привести к улучшению со-

стояния и увеличению скорости роста рыбы и к возможному снижению пищевых затрат.

6. Исследование полового созревания у чавычи и анализ влияния генетических факторов. Преждевременное половое созревание – серьезная финансовая проблема для индустрии культивирования, так как из-за него зрелый лосось имеет низкую рыночную стоимость. Применяются два подхода к проблеме. Количественные генетические исследования касаются выявления роли матери, отца и окружающей среды на рост, реакцию на стресс, гормональные изменения и срок преждевременного созревания. Молекулярно-генетический аспект исследования включает использование идентификации ДНК в определении соотношения преждевременного и нормального полового созревания рыб.

7. Взаимосвязь между реакцией рыбы на стресс на клеточном уровне и на уровне индивидуума, обладающего иммунной системой. Изучается, в какой мере ответ клеток на стресс путем производства стрессовых белков связан с реакциями иммунной системы рыб, в том числе и при борьбе с бактериальной почечной болезнью.

8. Исследование стрессового синдрома плавательного пузыря культивируемых рыб на примере арктического гольца. Под влиянием стресса плавательный пузырь увеличивается, рыба теряет способность поддерживать свое положение в толще воды и вскоре погибает от голода. Исследовалась связь между стрессом и заболеванием, причем в качестве стресса использовалась плотность поселения.

4.5. Марикультура сельди на Белом море

Культивирование беломорской сельди (*Clupea pallasii maris-abbi*) является типичным примером регуляции, осуществляемой единично на протяжении жизненного цикла вида. Вмешательство человека происходит на стадии оплодотворения икры и развития личинок – самой уязвимой стадии в индивидуальном развитии морских беспозвоночных и рыб.

Сельдь была основной промысловой рыбой Белого моря до середины 60-х годов. Интенсивный промысел в последующие годы существенно подорвал ее запасы. Кроме того, в 1959–1961 гг. на Белом море, как и в районах ее обитания у побережья Западной Европы, погибла морская трава зостера, на которую сельдь откладывала икру. Эксперты обсуждают две возможные причины ее гибели: или

грибковое заболевание, или естественные колебания численности. Сейчас заросли зостеры восстанавливаются, но в середине 60-х существование сельди, оставшейся без естественных нерестилищ, оказалось под угрозой [3]. Постоянно обсыхающая во время отлива водоросль фукус, на которую сельдь пыталась откладывать икру, оказалась плохим заменителем зостеры. Именно в это время и появилась идея заменить исчезнувшую зостеру искусственными нерестилищами из мелкочаеистой капроновой дели.

Такие работы проводились группой научных сотрудников Беломорской биологической станции Зоологического института РАН под руководством О.Ф. Иванченко с начала 70-х гг., а также исследователями из ПИНРО [13]. Методологическая база была всесторонне разработана и успешно воплощена в многочисленных научно-производственных экспериментах, выполненных в ряде районов Белого моря (Палкина губа, губа Чупа). Изучались разные типы субстратов: старая неводная дель, еловый лапник, капроновая дель, которая оказалась наиболее удобной в работе. Искусственные нерестилища из капроновой дели, установленные под лед в местах весеннего подхода сельди, покрывались слоем икры, в дальнейшем успешно развивавшейся. При этом выклев личинок превышал 90%.

Искусственные нерестилища были изготовлены в ПИНРО и представляли собой стенку капронового сетного полотна длиной около 20 м, посаженного по всей длине по верхнему и нижнему краям на капроновые веревки. Сверху к нему привязывались веревки, снизу – грузы (см. рис. 10). Такое нерестилище не превышало 1.5–2 м в высоту, и его легко можно было ставить со льда и по открытой воде в нужном месте. В 1978 г. в Палкиной губе подо льдом было установлено 55 таких нерестилищ общей протяженностью в 15 км. Эти цифры отражают масштаб проделанной исследователями работы. В дальнейшем из-за сложной ледовой обстановки работы в Палкиной губе прекратились и возобновились уже в губе Чупа Кандалакшского залива.

Следующим этапом усовершенствования технологии сбора икры стало применение ловушек-нерестилищ, сменивших стену капроновой дели, впервые установленных в 1982 г. в Кандалакшском заливе Белого моря. При этом делью огораживается значительный участок, внутри которого расставляются нерестилища. Таким образом, икрой покрываются и нерестилища, и сети загородки. После этого важно вовремя извлечь субстрат с икрой из ловушки и помес-

тить его в море за ее пределами. Важно следить, чтобы слой икры не был слишком плотным, что приводит к ее гибели. Отнерестившуюся рыбу можно использовать в промысловых целях.

Внедрение этих разработок в течение ряда лет успешно осуществлялось совместными усилиями исследователей Зоологического института и рыбаков рыбзавода поселка Чупа в Кандалакшском заливе Белого моря с участием коллег из ПИНРО и ПО «Карелрыбпром», «Севрыба», Беломорской базы Гослова. Масштаб работ постепенно увеличивался, ставилось все больше нерестилищ, технология продолжала совершенствоваться, а выживаемость личинок сельди оставалась по-прежнему высокой и превышала 95%. В 1985 г. объединенными усилиями ученых и производственников удалось перейти от экспериментального к производственному уровню марикультуры сельди. В 1985 г. рыбаками Чупинского завода было установлено 97 искусственных нерестилищ. Из-за задержки заводом сроков выполнения работ часть сельди ко времени выставления нерестилищ уже отнерестилась, и икра была отложена лишь на 31 нерестилище. Средняя выживаемость личинок на них составляла 95%, на естественных нерестилищах она не превышала 25%.

По экономическим причинам в начале 90-х гг. промышленное развитие марикультуры сельди приостановилось. Хотелось бы надеяться на продолжение этой перспективной деятельности, способствующей увеличению численности важного промыслового объекта.

Часть 5.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АКВАКУЛЬТУРНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМА

Многие биотехнологические операции, выполняемые на аквафермах, однозначно приводят к внесению в водную среду продуктов метаболизма культивируемых гидробионтов (фекалии, псевдофекалии и экскреции), а также остатков несъеденного корма. В целом, реципиентом растворимых отходов акваферм является водная толща, а нерастворимые остатки накапливаются в донных отложениях.

Увеличивающееся поступление растворимых азота и фосфора может привести к гипернутрификации – сверхобогащению биогенными элементами гидроэкосистем, сопряженных с аквафермой. В конечном итоге это вызывает их эвтрофикацию – повышение уровня первичного продуцирования. Имеются указания на случаи «цветения» фитопланктона в местах расположения садковых хозяйств.

Наибольшие количества твердых отходов (преимущественно в виде органического углерода и азота) оседает на дно в непосредственной близости от садков. Перенасыщение бентической экосистемы органическими остатками вызывает резкое возрастание потребления кислорода донными осадками. Как следствие, возможно ускорение процессов реминерализации органического азота, снижение биомассы макробентоса и изменение видового состава донных сообществ. В экстремальных случаях наблюдается формирование под садками безжизненных бескислородных зон, в которых концентрируются двуокись углерода, метан и сероводород.

Имеются указания на обнаруженные локальные эффекты кислородного дефицита в водной толще непосредственно на аквафермах, обусловленного интенсивным дыханием объектов выращивания в садках.

Существенную нагрузку на водные экосистемы оказывают активные химические вещества, вносимые в воду с различными целями в процессе культивирования гидробионтов: медицинские препараты, средства дезинфекции, анестетики, биоциды, гормоны, стимуляторы роста, средства отпугивания хищников и паразитов и др. Опасность в данном случае представляет накопление долгоживу-

щих соединений в тканях культивируемых организмов, их потенциальная токсичность для некультивируемых гидробионтов, а также стимулирование повышения сопротивляемости антибиотикам микробиальных водных сообществ.

Высокая концентрация культивируемых объектов в районах акваферм приводит к резкому повышению угрозы инфекционных и стрессовых заболеваний гидробионтов.

Перечисленные виды негативных воздействий акваферм на сопряженные экосистемы не позволяет рассматривать аквакультуру как «экологически безопасный» или «экологически чистый» вид антропогенной деятельности на морском побережье. Показательны данные, полученные многими авторами для морских садковых хозяйств по выращиванию лососевых. Типичная норвежская ферма с годовой продукцией 200 т лосося и отлаженной системой контроля и технологии питания поставляет в год в окружающую среду порядка 2 т фосфора, 18 т азота и потребляет около 100 т кислорода в виде БПК-7. В шотландских водах ферма, культивирующая 50 т лосося в год с использованием 100 т корма, загрязняет среду, производя 19,4 т органического углерода, 2,2 т органического азота и 4 т растворимых нитратов. По-видимому, до 76% углерода и до 76% азота, скармливаемых лососевым рыбам при их выращивании в садках, поступает в водную среду, где их дальнейшая судьба будет зависеть преимущественно от особенностей гидрологического режима акватории.

Особенности распределения бентосных сообществ в районе садковых ферм, как правило, таковы. Непосредственно под садками макробентос отсутствует вовсе («абиотическая зона»). В радиусе порядка 30 м от садков бентос представлен «оппортунистическими» видами, толерантными к органическому (нетоксическому) загрязнению («зона оппортунистов»). На Белом море в «зоне оппортунистов» встречается, например, полихета *Capitella capitata*. На удалении от 30 до 100 м композиция бентоса постепенно восстанавливается («зона восстановления»). Аналогичная картина наблюдается в местах сброса стоков из береговых тэнков, предназначенных для культивирования лососевых рыб на берегу.

Процессы, протекающие при внесении корма в экосистему аквафермы, представлены графически на рис. 47, отображающем пути переноса остаточного органического материала, поступающего в

гидроэкосистему с садкового хозяйства. Очевидно, правильный расчет возможной нагрузки от аквафермы (садка) на прибрежную морскую экосистему является важнейшей задачей. Количественное описание процессов переноса биогенных загрязняющих элементов возможно с помощью видоизмененных уравнений баланса масс.

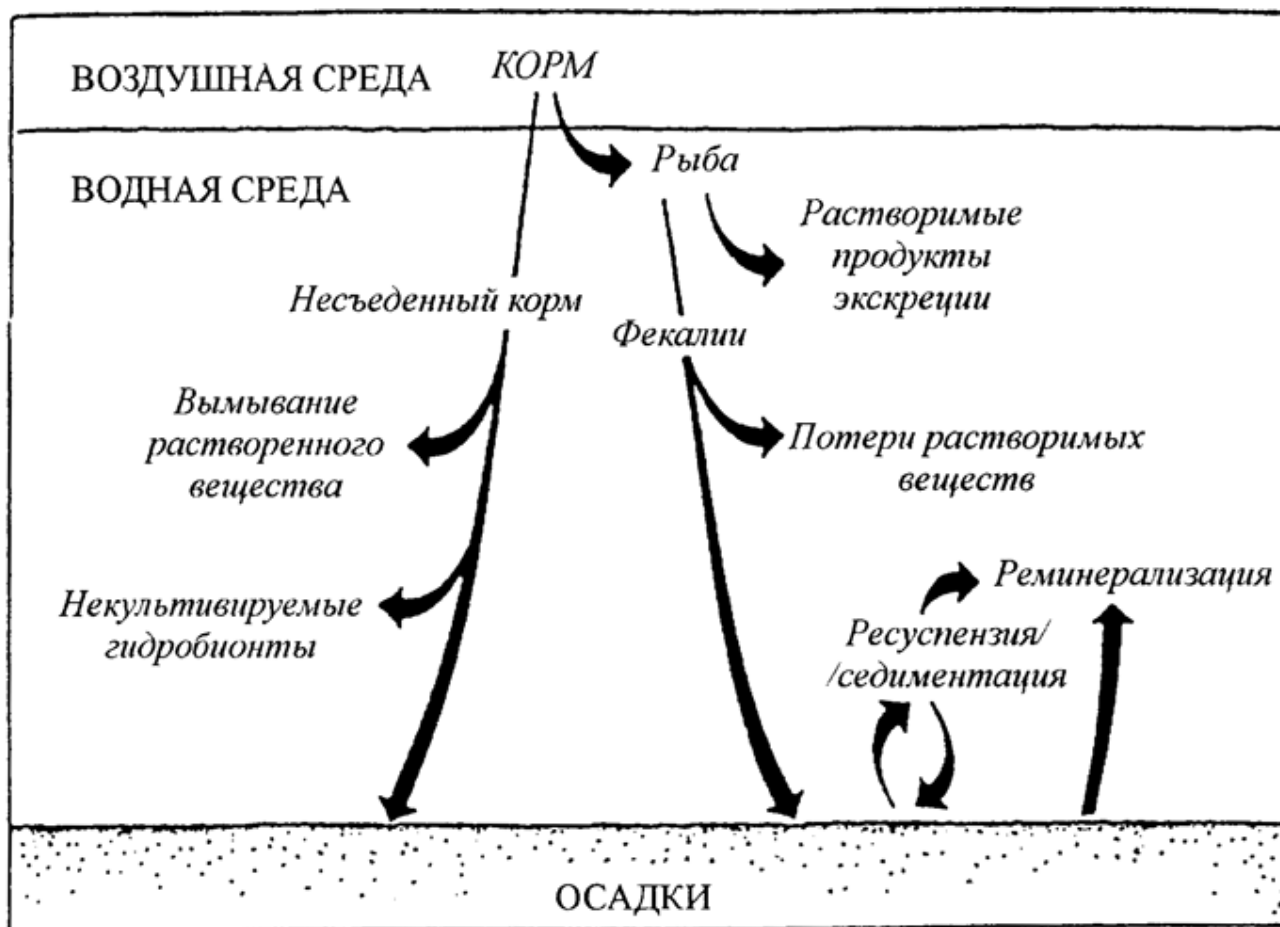


Рис. 47. Пути переноса загрязняющего органического вещества, поступающего в водную среду с садковых хозяйств

Пусть:

UW – доля несъеденного корма / 100 (по отношению к общему объему корма, внесенного в систему),

F – доля фекальных отходов / 100 (по отношению к съеденному корму),

FCR – коэффициент превращения корма (отношение веса внесенного в систему корма к весу, набранному культивируемыми организмами),

PD – продукция (прирост биомассы рыб),

O – общий выход взвешенного органического вещества.

Тогда:

TF – общий объем внесенного в систему корма = (если неизвестен) $PD \cdot FCR$,

TU – общий объем несъеденного корма = $TF \cdot UW$,

TE – общий объем съеденного корма = $TF - TU$,

TFW – общий объем фекальных отходов = $F \cdot TE$,

$$O = TU + TFW. \quad (1)$$

Полученные в экспериментах, проводимых на Белом и Баренцевом морях в 1998–2002 гг., величины UW изменяются в пределах от 1 до 30%; значения F изменяются от 25 до 30%.

Зная содержание углерода, азота и фосфора в кормах, можно определить выход каждого из этих элементов во фракциях несъеденного корма и в фекалиях.

UM – масса С, N или P, поступающих с не съеденным кормом,

$$UM = TF \cdot UW \cdot K, \quad (2)$$

EM – масса С, N или P, поступающих со съеденным кормом,

$$EM = (TF - TU) \cdot K \cdot E \quad (3)$$

TM – общая масса С, N или P, поступающих со съеденным и несъеденным кормом,

$$TM = UM + EM, \quad (4)$$

где K – содержание каждого компонента в корме, %; E – содержание каждого компонента в фекалиях, %.

Зная содержание различных органических компонентов в мясе рыбы, поступление этих компонентов в среду также можно рассчитать по разнице между их содержанием в кормах и в рыбе:

$$L = P (FC \cdot C_{\text{feed}} - C_{\text{fish}}), \quad (5)$$

где L – нагрузка на акваторию от азота или фосфора, кг в год ;

P – продукция рыбы (кг сырого веса в год),

FC – кормовой коэффициент (кг сырого веса корма / продукция рыбы),

C_{feed} – концентрация азота и фосфора в корме (% сырого веса),

C_{fish} – концентрация азота и фосфора в рыбе (% сырого веса).

Несколько более детальное описание поведения этих элементов в гидроэкосистеме и оказываемой ими нагрузки на водную среду может быть представлено следующим образом.

Нагрузка на акваторию от фосфора:

$$\text{Кг Р} = (A \cdot C_{dp}) - (B \cdot C_{fp}); \quad (6)$$

Нагрузка на акваторию от азота:

$$\text{Кг N} = (A \cdot C_{dn}) - (B \cdot C_{fn}), \quad (7)$$

где A – сырой вес сухих гранул, использованных в течение года (нормальное содержание воды в сухих гранулах – 8–10 %); B – сырой вес рыб в садке (по итогам получения урожая);

C_d = содержание фосфора (C_{dp}) и азота (C_{dn}) в сухих гранулах, в % от сырого веса;

C_f = содержание фосфора (C_{fp}) и азота (C_{fn}) в рыбе, в % от сырого веса.

Дисперсия привносимого органического вещества (распространение с течениями от садка) и нагрузка от него на акваторию зависит от объемов кормления, площади садковой фермы, глубины места, скорости течения и скорости оседания частиц взвеси:

$$d = D \cdot C_v / V, \quad (8)$$

где d – дисперсия частиц органического вещества; D – глубина места; C_v – скорость течения; V – скорость оседания частиц органического вещества (не съеденного корма и фекалий).

Используя приведенные выше формулы, проведем количественную оценку воздействия на гидроэкосистему для конкретного случая. Будем рассматривать форелевое садковое хозяйство, размещенное в Кандалакшском заливе, в губе Палкина (рис. 46, 48).

В 1994 г. в компании «Арктик Салмон» было закуплено 13,2 т посадочного материала. Выращивание началось 10 июля и завершилось 3 октября сдачей 43 т товарной рыбы. Средняя температура поверхности воды за весь период была 9,3 °С. Вес внесенного корма за этот период составляет 50 т.

Таким образом:

$$PD = 43000 \text{ кг} - 13200 \text{ кг} = 29800 \text{ кг};$$

$$TF = 50000 \text{ кг};$$

$$FCR = TF/PD = 50000 \text{ кг}/29800 \text{ кг} = 1,7.$$

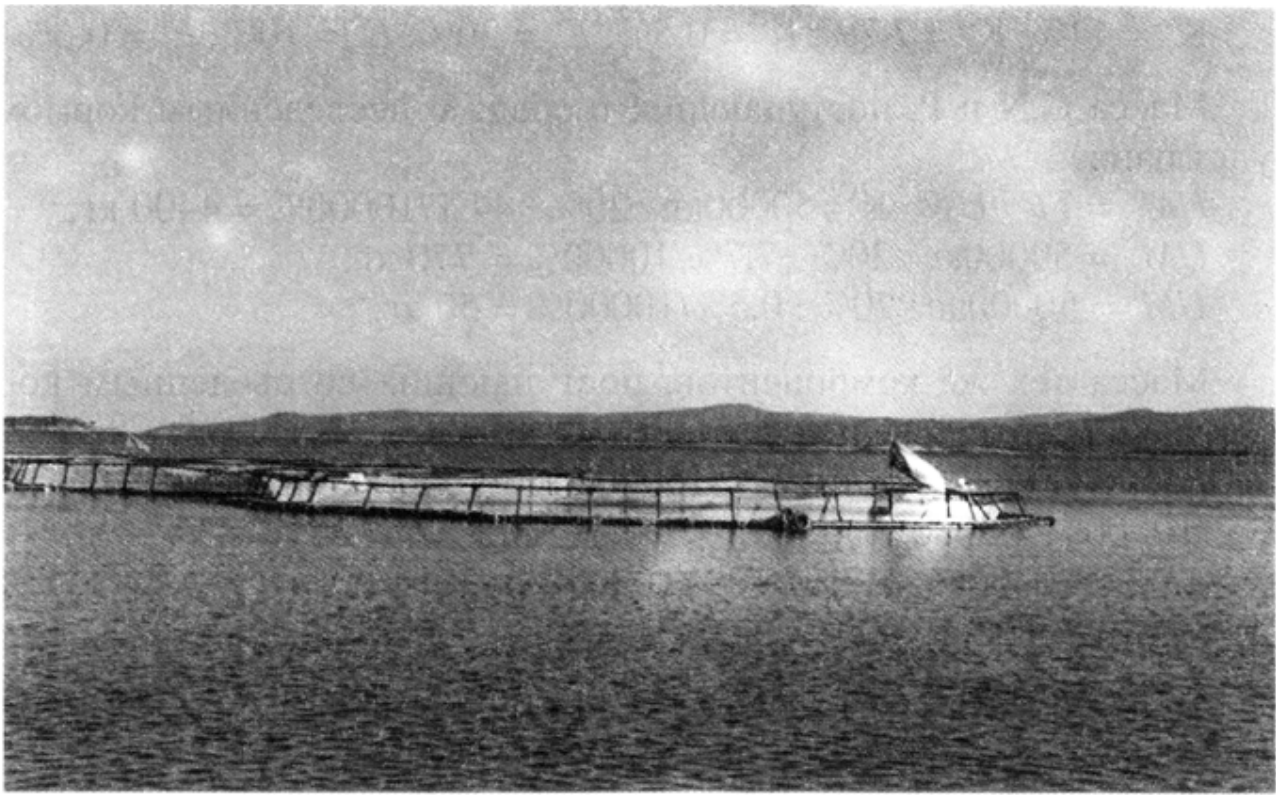


Рис 48. Форелевое садковое хозяйство в губе Палкина.
Кандалакшский залив. Белое море.

По полученным ранее экспериментальным данным было установлено, что: доля несъеденного корма составляет 20% по отношению к общему объему корма, внесенному в систему; доля фекальных отходов составляет 25% по отношению к съеденному корму.

$$UW = 20\%;$$

$$F = 25\%, \text{ тогда}$$

$$TU = TF \cdot UW = 50000 \text{ кг} \cdot 20\%/100\% = 10000 \text{ кг};$$

$$TE = TF - TU = 50000 \text{ кг} - 10000 \text{ кг} = 40000 \text{ кг};$$

$$TFW = F \cdot TE = 40000 \text{ кг} \cdot 25\%/100\% = 10000 \text{ кг}.$$

Таким образом, мы получаем общий выход взвешенного органического вещества, поступающего в окружающую среду с аквафермы:

$$O = TU + TFW = 10000 \text{ кг} + 10000 \text{ кг} = 20000 \text{ кг}.$$

Теперь посчитаем выход углерода азота и фосфора во фракциях несъеденного корма и в фекалиях. Экспериментальным методом было установлено содержание углерода и азота в корме и в фекалиях. Используя уравнение Редфельда (C:N:P=106:16:1), мы получаем количественные характеристики для фосфора:

$$K^C = 44\%; K^N = 7,7\%; K^P = 0,5\%; E^C = 30\%; E^N = 10\%; E^P = 0,6\% .$$

Масса С, N и P, поступающих в среду с несъеденным кормом, будет равна:

$$UM^C = TF \cdot UW \cdot K^C = 50000 \text{ кг} \cdot 20\% \cdot 44\% / 10000\% = 4400 \text{ кг};$$

$$UM^N = 50000 \text{ кг} \cdot 20\% \cdot 7,7\% / 10000\% = 770 \text{ кг};$$

$$UM^P = 50000 \text{ кг} \cdot 20\% \cdot 0,5\% / 10000\% = 50 \text{ кг}.$$

Масса тех же компонентов, поступающих со съеденным кормом, равна соответственно:

$$EM^C = (TF - TU) \cdot K^C \cdot E^C = (50000 \text{ кг} - 10000 \text{ кг}) \cdot 44\% \cdot 30\% / 10000\% = 5280 \text{ кг};$$

$$EM^N = 40000 \text{ кг} \cdot 7,7\% \cdot 10\% / 10000\% = 308 \text{ кг};$$

$$EM^P = 40000 \text{ кг} \cdot 0,5\% \cdot 0,6\% / 10000\% = 1,2 \text{ кг} .$$

Таким образом, мы можем посчитать общую массу С, N, P, поступающих со съеденным и несъеденным кормом:

$$TM^C = UM^C + EM^C = 4400 \text{ кг} + 5280 \text{ кг} = 9680 \text{ кг};$$

$$TM^N = 770 \text{ кг} + 308 \text{ кг} = 1078 \text{ кг};$$

$$TM^P = 50 \text{ кг} + 1,2 \text{ кг} = 51,2 \text{ кг} .$$

Рассчитаем теперь нагрузку от азота и фосфора, зная содержание N и P в мясе рыбы, в % от сырого веса. Эти данные могут быть получены по результатам сертификации товарной продукции.

$$C_{\text{fish}}^N = 2,1\%; C_{\text{fish}}^P = 0,01\%, \text{ тогда}$$

$$L^N = PD \cdot (FCR \cdot K^N - C_{\text{fish}}^N) = 29800 \text{ кг} (1,7 \cdot 7,7\% / 100\% - 2,1\% / 100\%) = 3275 \text{ кг};$$

$$L^P = 29800 \text{ кг} (1,7 \cdot 0,5\% / 100\% - 0,01\% / 100\%) = 253 \text{ кг}.$$

Для получения этих же показателей можно использовать более детальный расчет.

Нагрузка на акваторию от азота:

$$\text{КгN} = (TF \cdot K^N) - (PD \cdot C_{\text{fish}}^N) = (50000 \cdot 7,7\% / 100\%) - (29800 \text{ кг} \cdot 2,1\% / 100\%) = 3224 \text{ кг} .$$

Нагрузка на акваторию от фосфора:

$$\text{КгP} = (50000 \text{ кг} \cdot 0,5\% / 100\%) - (29800 \text{ кг} \cdot 0,01\% / 100\%) = 247 \text{ кг} .$$

Другой пример – товарное выращивание радужной форели в устье р. Выг. Посадочный материал – радужную форель доставляли с юга Карелии, из хозяйства ЗАО «Янисъярви». Форель выращивалась в 6-гранном садке площадью 78 м². Конечная плотность по-

садки составила 56 кг/м². Садки зарыбляли во второй половине мая при температуре воды 5–8°C. Средняя начальная масса составляла 529 г, средняя конечная масса–1970 г. Средний прирост равнялся 10,3 г/экз/сут, кормовой коэффициент 1,5, длительность выращивания 140 сут. Большую роль в хорошем росте форели сыграло использование финских кормов и 4-разовое кормление в строго установленных сроки, а также выращивание этой рыбы на бывшей семужьей реке. Это в какой-то степени компенсирует былую рыбохозяйственную ценность лососевой реки, которая была утрачена из-за постройки плотины ГЭС.

Таким образом:

$$PD = 4368 \text{ кг} - 1290 \text{ кг} = 3078 \text{ кг};$$

$$TF = 1,5 \cdot 3078 = 4617 \text{ кг};$$

$$FCR = TF/PD = 1,5;$$

$$UW = 20\%;$$

$$F = 25\%.$$

$$\text{Тогда } TU = TF \cdot UW = 4617 \text{ кг} \cdot 20\%/100\% = 923,4 \text{ кг}$$

$$TE = TF - TU = 4617 \text{ кг} - 923,4 \text{ кг} = 3693,6 \text{ кг}$$

$$TFW = F \cdot TE = 3693,6 \text{ кг} \cdot 25\%/100\% = 923,4 \text{ кг}.$$

Общий выход взвешенного органического вещества, поступающего в окружающую среду с аквафермы, составил

$$O = TU + TFW = 923,4 \text{ кг} + 923,4 \text{ кг} = 1846,8 \text{ кг}.$$

Выход углерода азота и фосфора во фракциях несъеденного корма и в фекалиях: $K^C = 44\%$;

$$K^N = 7,7\%; K^P = 0,5\%; E^C = 30\%; E^N = 10\%; E^P = 0,6\% .$$

Масса С, N и P, поступающих в среду с несъеденным кормом, будет равна:

$$UM^C = TF \cdot UW \cdot K^C = 4617 \text{ кг} \cdot 20\% \cdot 44\%/10000\% = 406 \text{ кг};$$

$$UM^N = 4617 \text{ кг} \cdot 20\% \cdot 7,7\%/10000\% = 71 \text{ кг};$$

$$UM^P = 4617 \text{ кг} \cdot 20\% \cdot 0,5\%/10000\% = 4,6 \text{ кг}.$$

Масса тех же компонентов, поступающих со съеденным кормом, равна соответственно:

$$EM^C = (TF - TU) K^C \cdot E^C = (4617 \text{ кг} - 923,4 \text{ кг}) 44\% \cdot 30\%/10000\% = 487 \text{ кг};$$

$$EM^N = 3693,6 \text{ кг} \cdot 7,7\% \cdot 10\%/10000\% = 28 \text{ кг};$$

$$EM^P = 3693,6 \text{ кг} \cdot 0,5\% \cdot 0,6\%/10000\% = 0,11 \text{ кг}.$$

Таким образом, мы можем посчитать общую массу С, N, P, поступающих со съеденным и несъеденным кормом.

$$TM^C = UM^C + EM^C = 406\text{кг} + 487\text{кг} = 893\text{кг};$$

$$TM^N = 71,1 \text{ кг} + 28 \text{ кг} = 99\text{кг};$$

$$TM^P = 4,6 \text{ кг} + 0,11 \text{ кг} = 4,71\text{кг}.$$

Нагрузка от азота и фосфора

$$C_{\text{fish}}^N = 2,1\%;$$

$$C_{\text{fish}}^P = 0,01\%.$$

Тогда

$$L^N = PD (FCR \cdot K^N - C_{\text{fish}}^N) = 3078 \text{ кг} (1,5 \cdot 7,7\%/100\% - 2,1\%/100\%) = 291 \text{ кг};$$

$$L^P = 3078 \text{ кг} \cdot (1,5 \cdot 0,5\%/100\% - 0,01\%/100\%) = 23 \text{ кг}.$$

Для получения этих же показателей можно использовать более детальный расчет:

Нагрузка на акваторию от азота:

$$\text{КгN} = (TF \cdot K^N) - (PD \cdot C_{\text{fish}}^N) = (4617 \cdot 7,7\%/100\%) - (3078\text{кг} \cdot 2,1\%/100\%) = 290 \text{ кг}.$$

Нагрузка на акваторию от фосфора:

$$\text{КгP} = (4617\text{кг} \cdot 0,5\%/100\%) - (3078\text{кг} \cdot 0,01\%/100\%) = 23 \text{ кг}.$$

В обобщенном виде результаты применения этих уравнений представлены на рис. 49. Необходимо отметить, что в действительности усредненные величины биогенной нагрузки существенно варьируют в каждом конкретном случае в зависимости от особенностей района размещения садков, сезона, выращиваемого вида, типа кормов и режима кормления, состояния здоровья культивируемых рыб и т.д.

Полученные соотношения между величинами вносимого в садок корма, неусваиваемой взвеси, растворяющегося органического вещества и конечного урожая позволяют рассчитывать нагрузку на естественную акваторию от садкового сооружения.

Рассчитаем теперь дисперсию привносимого вещества и нагрузку от него на акваторию для условий губы Палкина (первый пример). Для этого нам необходимо знать: глубину места (D), скорость течения (C_v), скорость оседания несъеденного корма (V).

$$D = 12\text{м};$$

$$C_v = 0,05\text{м/с};$$

$$V = 0,06\text{м/с}$$

Данная скорость установлена на основании эксперимента. Замерялось время оседания гранул, диаметром 5мм на глубину 0,5 м. В результате нескольких опытов средняя скорость была принята равной 0,06м/с.

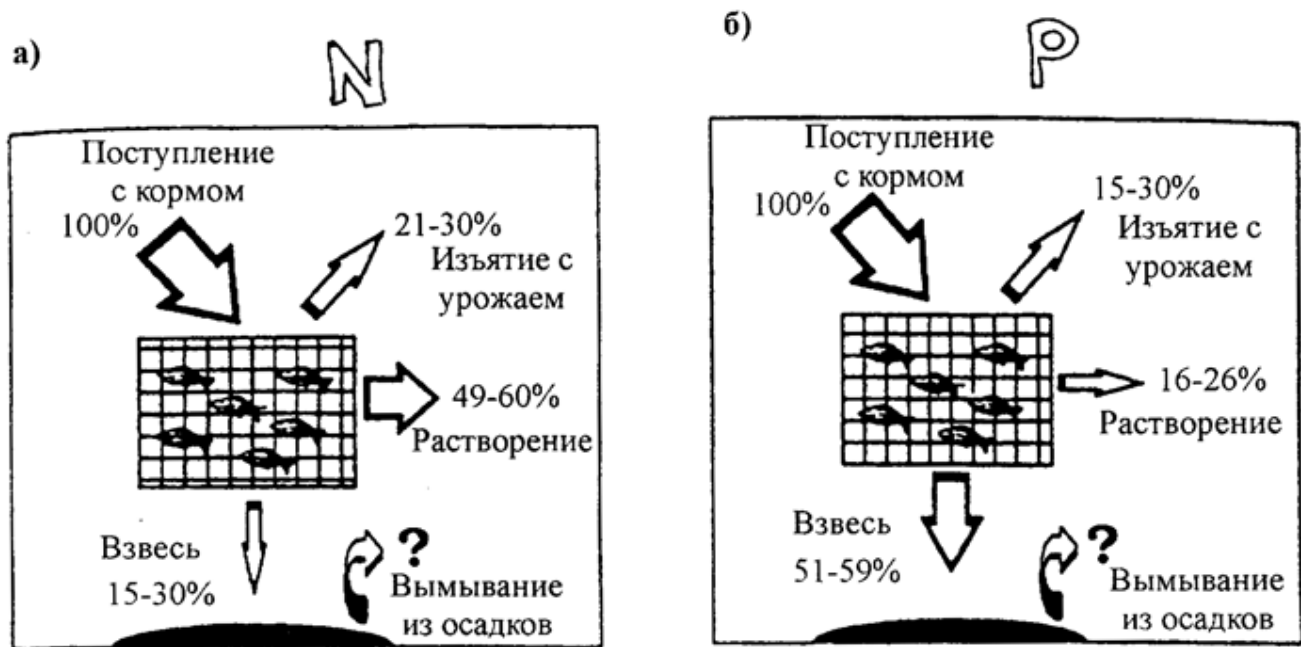


Рис. 49. Динамика азота (а) и фосфора (б) в кг/т культивируемой рыбы за сезон. Кормовой коэффициент 1,5. Содержание фосфора и азота в корме 0,9 и 7,2 % сухого веса соответственно.

Теперь мы можем определить величину дисперсии (d):

$$d = D \cdot C_v / V = 12 \text{ м} \cdot 0,05 \text{ м/с} / 0,06 \text{ м/с} = 10 \text{ м}.$$

Это значит, что в губе Палкина, где течение невелико и наблюдаются застойные явления, разнос избыточного органического вещества от садков не превысит 10 м.

Рассчитаем теперь дисперсию привносимого вещества и нагрузку от него на акваторию для второй фермы:

$$\begin{aligned} D &= 3,3 \text{ м}; \\ C_v &= 0,4 \text{ м/с}; \\ V &= 0,06 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

Соответственно, дисперсия может быть рассчитана следующим образом:

$$d = D \cdot C_v / V = 3,3 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м/с} / 0,06 \text{ м/с} = 22 \text{ м}.$$

Графически данная закономерность отображена на рис. 50. Мы видим, что в первом случае оседание неусваиваемого органического

вещества будет происходить в радиусе не более 10 м от садка, т.е. нагрузка от сооружения аквакультуры на среду будет очень значительна. Во втором случае дисперсия осуществляется в радиусе 22 м; соответственно, нагрузка будет меньше в два раза. Очевидно, что для снижения негативного воздействия садкового хозяйства на среду необходимо таким образом подбирать условия, чтобы они “гасили” антропогенную нагрузку от садкового устройства (в данном случае – размещать садки в местах с большой проточностью, например, в устье реки, как во втором случае).

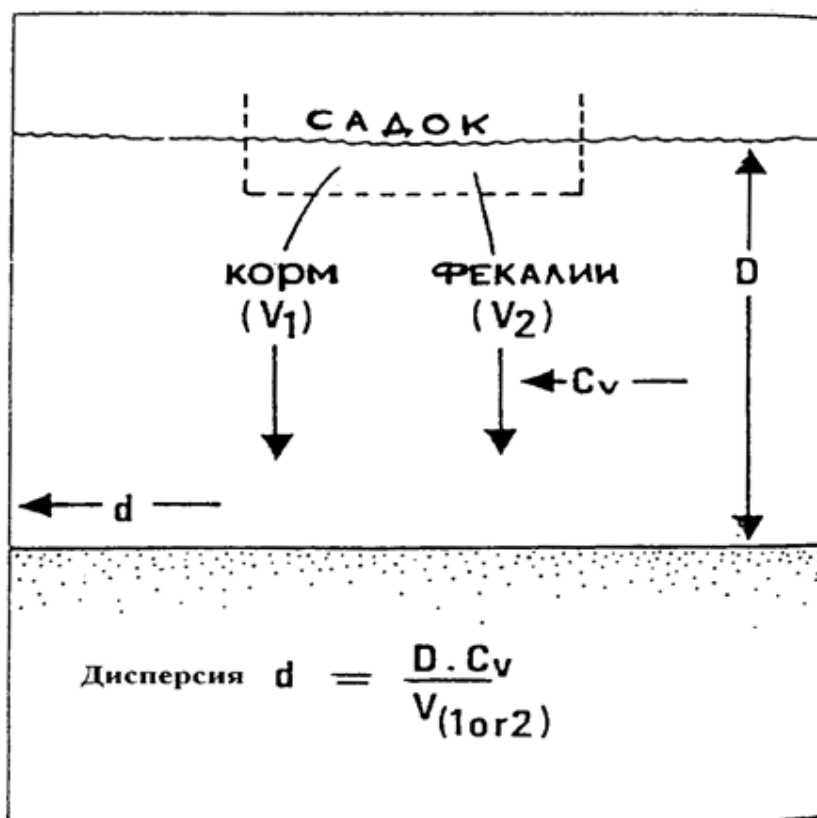


Рис. 50. Дисперсия взвешенных органических частиц в районе садковой аквафермы (D –глубина места, C_v –скорость течения, V_1 и V_2 –скорость оседания частиц корма и фекалий).

Описанные подходы и положения позволяют оценить уровень воздействия садковых акваферм на сопряженные гидрэкосистемы.

Часть 6.

АКВАКУЛЬТУРА КАК ПРИЧИНА КОНФЛИКТОВ

Как видно из изложенного, аквакультура не является экологически абсолютно безопасным видом деятельности. Развитие аквакультуры является одной из форм увеличения антропогенного пресса на береговую зону морей и океанов. Увеличение антропогенной нагрузки идет по следующим направлениям:

- расширение списка эксплуатируемых акваторий, вплоть до открытых вод Мирового океана;
- совершенствование технологии культивирования и ускорение времени оборота продукции;
- превращение отдельных водоемов и акваторий в культурно возделываемые угодья;
- мелиорация естественных водоемов;
- преобразование и формирование новых экосистем.

Основная нагрузка от аквакультуры возникает в результате поступления в воду прибрежной зоны большого количества органического вещества, в основном, в виде корма. В некоторых случаях аквафермеры сознательно идут на эвтрофирование акватории, стимулируя процессы первичного продуцирования (например, внося минеральные удобрения для получения продукции водорослей и рыб-фитофагов).

По результатам комплексных социальных, экономических и экологических исследований в северных морях аквакультура может быть признана одним из наиболее устойчивых видов человеческой деятельности в прибрежной зоне. Развитие аквакультуры приводит к созданию новых рабочих мест, стабилизирует ситуацию в районе, придает работающим людям чувство уверенности в своих силах и завтрашнем дне.

Вместе с тем, развитие аквакультуры нередко приводит к серьезным конфликтам с другими берегопользователями [46, 45]. Достаточно острые конфликты отмечены, например, на побережьях Канады, Аляски, Северо-Запада России и др. В качестве примера (кейса) нами изучена ситуация в районе размещения садков фермы "Ударник" (губа Палкина Кандалакшского залива). По результатам исследований, выделены следующие основные категории конфликтов, связанных с аквакультурой.

1. Конфликты интересов различных берегопользователей на ограниченном пространстве прибрежной зоны (затруднения, создаваемые при развитии аквакультуры рекреации, спортивному рыболовству, плаванию, яхтингу, коммерческому рыболовству и др.).

2. Конфликты развития, связанные с прибрежным строительством (например, гидротехнических объектов: портовых комплексов, объектов приливной энергетики и др.).

3. Экологические конфликты (снижение качества водной среды, эвтрофирование, интродукция новых видов, атаки на объекты выращивания со стороны тюленей и чаек).

4. Эстетические конфликты (нарушение естественного пейзажа).

5. Юридические конфликты, обусловленные недостатками существующей правовой базы берегопользования.

6. Психологические конфликты (воровство и вандализм).

Фактически районы развития аквакультуры превращаются в своего рода концентраторы биомассы, продукции, энергии, человеческих интересов, финансов и пр. В обстановке подобной гиперконцентрации интересов самых разных сторон возможно возникновение достаточно острых конфликтов.

Для преодоления конфликтов наиболее важным шагом представляется формирование четких правовых основ берегопользования, в частности – определения ясных прав на воду, землю, биологические ресурсы и др. Прочие предложения по регулированию конфликтов могут быть сгруппированы в следующие категории.

1. Организационные решения:

А) принимать во внимание возможное развитие аквакультуры при планировании развития береговой зоны.

Б) определить сходство и различие аквакультуры и сельского хозяйства.

В) выделить специальные зоны (районы) для развития аквакультуры.

Г) разработать специальные программы поддержки аквакультуры.

Д) создать механизмы координации процессов развития (например, специальные агентства).

Е) развивать методы государственного регулирования (поддержки).

Ж) развивать методы мирного урегулирования конфликтов путем переговоров за круглым столом и партиципации.

2. Научные решения:

А) научно определить возможную экологическую нагрузку от аквакультуры на прибрежную зону.

Б) применять научно обоснованные методы управления (например, основанные на принципах КУПЗ – комплексного управления прибрежными зонами).

В) разработать и поддерживать академические научные программы, направленные на изучение процессов, протекающих в аквакультуре.

Г) разработать новые природоохраняющие технологии.

2. Политические решения:

А) организовать местные, региональные и т.д. Советы по аквакультуре.

Б) вовлекать представителей аквакультуры (аквафермеров) в процесс принятия решений по развитию и управлению прибрежной зоны.

В) формировать лобби в правительственных структурах, поддерживающее развитие аквакультуры.

3. Учебно-образовательные решения:

А) повышать уровень информированности и знаний местных органов власти об аквакультуре и ее проблемах.

Б) проводить разъяснительную работу среди населения по вопросам развития аквакультуры.

В) повышать уровень профессиональной подготовки аквафермеров (например, путем организации обучающих курсов).

Мы видим, что конфликты вокруг аквакультуры создаются человеком, и человек же призван преодолевать их. В частности, для преодоления некоторых реально существующих конфликтов в ходе выполнения проекта в Кандалакшском заливе Белого моря был предложен ряд конкретных мероприятий.

1. Ежегодное перемещение садков в соответствии с рекомендациями биологов и океанологов (принцип мобильности).

2. Оптимизация процесса кормления (режим и тип питания).

3. Оборудование садковых ферм противотюленевыми загрязнениями.

4. Организация учебных экскурсий и занятий для студентов и школьников.

5. Организация места проведения практики для студентов – будущих аквафермеров.

Предложения по урегулированию конфликтов доложены на рабочем совещании Отдела Прибрежных Зон и Малых Островов ЮНЕСКО в г. Мапуто (Мозамбик).

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохина В.С. Этапы становления лососевой аквакультуры на Европейском Севере России. – Проблемы товарного выращивания рыб России. – Мурманск, изд. ПИНРО, 1995, с. 5–16.
2. Бергер В.Я., Луканин В.В. Адаптивные реакции мидии Белого моря на изменение солености среды. // Исследование мидии Белого моря. – Л.: Зоол. Ин-т АН СССР, с. 4–21.
3. Бергер В.Я., Наумов А.Д. Рассказы о Белом море. Петрозаводск, Карелия. 1992, 128 с.
4. Бергер В.Я., Наумов А.Д. Влияние солености на способность морских звезд *Asterias rubens* прикрепляться к субстрату. // Биология моря, 1996, т. 22, № 2, с. 99–101.
5. Блинова Е.И., Макаров В.Н. Инструкция по биотехнике культивирования ламинарии сахаристой в двухгодичном цикле в Баренцевом море. 1987, М. – 34 с.
6. Блинова Е.И., Макарова Г.Е. Культивирование морских водорослей за рубежом. // Обз. Инф., сер. «Марикультура». 1990, вып. 3, с. 1–57.
7. Возжинская В.Б., Донные макрофиты Белого моря. 1986, М. – 191 с.
8. Галкин Ю.И. К вопросу об увеличении промысловой продуктивности Белого и Баренцева морей путем акклиматизации. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры в Белом море. 1985, Л., Зоол. Ин-т АН СССР, с. 122–133.
9. Гемп К.П. О культивировании *Chondrus crispus* (L.) Stackh. В северных морях СССР. // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. 1967, Мурманск, с. 95–99.
10. Гемп К.П. Разведение анфельдии в Белом море. Часть II. // Отчет СевПИНРО. Инв. № Б 565. 1969, Архангельск. – 164 с.
11. Гудимов А.В. Мидия *Mytilus edulis* L. // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998, Апатиты, с. 529–581.
12. Гудимова Е.Н. Голотурия *Cuscutaria frondosa* (Gunner, 1776). // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. 1998, Апатиты, с. 453–528.
13. Душкина Л.А., Зеленков В.М., Иванченко О.Ф., Логинова Г.М. Искусственные нерестилища как способ повышения численности личинок малопозвонковой сельди *Clupea pallasii* Val. (на примере сельди Белого моря). 1981 // Тр. ПИНРО, вып. 45, с. 45–55.
14. Евтушенко В.А., Наумова Л.А. Северные каменные лабиринты – памятники орудий труда. – 2 Международный семинар «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей», 1998, Кандалакша–С.-Петербург, изд. РГГМУ, с. 215 – 220.
15. Жизнь растений, т. 3. М., 1977, Просвещение.
16. Коренников С.П., Макаров В.Н., Шошина Е.В., Потелова В.В., О необходимости изменения правил промысла морских растений в Белом море. // Рыбное хозяйство. № 2. 1983, с. 29–32.

17. Кузнецов В.В., Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.-Л., 1960. – 322 с.
18. Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море. Л.: 1983 – 35 с.
19. Кулаковский Э.Е., Житний Б.Г., Гадзиева С.В. Культивирование мидий на Карельском побережье Белого моря. Петрозаводск, 2003. – 158 с.
20. Кулачкова В.Г. Паразиты мидии съедобной – объекта марикультуры в Белом море. // Исследование мидии Белого моря. Л., Зоол. Ин-т АН СССР. 1985, с. 88–97.
21. Лавровская Н.Ф. Выращивание водорослей и беспозвоночных в морских хозяйствах. М.: Пищевая промышленность, 1979. – 124 с.
22. Левин В.С. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей. – Санкт-Петербург, 1994. – 240 с.
23. Луканин В.В., Ошурков В.В., Бергер В.Я. О распределении и запасах мидии в Кандалакшском заливе Белого моря. // Итоги и перспективы изучения биологических ресурсов Белого моря. Л., Зоол. Ин-т АН СССР. 1983, с. 49–55.
24. Макаров В.Н. Инструкция по биотехнике культивирования ламинарии сахаристой в двухгодичном цикле в условиях Белого моря. Мурманск, 1982. – 60 с.
25. Макаров В.Н. Современное состояние марикультуры водорослей. // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты, 1998, с. 295–299.
26. Макаров В.Н. Концепция рационального природопользования зарослей промысловых водорослей. // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты, 1998, с. 338–345.
27. Макаров В.Н., Кулаковский Э.Е. Изучение возможности культивирования беломорской *Laminaria saccharina* (L.) Lam. В условиях бикультуры ламинария-мидия. // Материалы 1-го координационного совещания «Повышение продуктивности и рациональное использование биологических ресурсов Белого моря». Л., 1982, с. 54–55.
28. Марковцев В.Г., Брегман Ю.Э., Пржеменецкая В.Ф. и др. М. Агрбпромиздат, 1987. – 192 с.
29. Наумов А.Д., Федяков В.В. Вечно живое Белое море. Санкт-Петербург. 1993. – 335 с.
30. Ошурков В.В. Динамика и структура некоторых сообществ обрастания и бентоса Белого моря. // Экология обрастания в Белом море. Л., Зоол. Ин-т АН СССР. 1985, с. 44–59.
31. Петров Ю.Е. Отдел бурые водоросли (Phaeophyta). // Жизнь растений, т. 3. М. Просвещение. 1977, с. 143–191.
32. Саранцова О.Л., Кулаковский Э.Е. Экология морской звезды *Asterias rubens* L. В условиях марикультуры мидии на Белом море. // Исследование мидии Белого моря. Л., Зоол. Ин-т АН СССР. 1985, с. 78–87.
33. Саут Р., Уиттик А. Основы альгологии. М, 1990. – 595 с.
34. Сергиевский С.О., Бергер В.Я. Физиологические различия основных фенотипов окраски раковины брюхоногого моллюска *Littorina obtusata*. // Биология моря, № 2. 1984, с. 36–44.

35. Стоценко А.А. Теоретические основы проектирования гидротехнических сооружений морских плантаций.– дисс. Докт. Тех. Наук/Дальневосточный политехнический институт им. В.В. Куйбышева, Владивосток, 1990, с. 1 – 38.
36. Супрунович А.В. Аквакультура беспозвоночных. – Киев.: 1988. – 155 с.
37. Сухотин А.А. Размерно-весовые характеристики и соотношение частей тела беломорских мидий *Mytilus edulis* L. При подвесном культивировании и в естественном поселении. // Экологические и физиологические исследования беломорских гидробионтов. Л., Зоол. Ин-т АН СССР. 1989, с. 45–55.
38. Сухотин А.А., Сергиевский С.О. Полиморфизм окраски и особенности роста беломорских мидий в условиях марикультуры. // Популяционные исследования беломорских моллюсков. Санкт-Петербург. Зоол. Ин-т РАН. 1995, с. 141–158.
39. Шошина Е.В. Перспективы культивирования красных водорослей в северных морях России. // Промысловые и перспективные для использования водоросли и беспозвоночные Баренцева и Белого морей. Апатиты. 1998, с. 300–305.
40. Шошина Е.В. Биология *Ahnfeltia plicata* (Rhodophyta) Белого моря. – Апатиты.: 1990. – 43 с.
41. Berger V., Dahle S., Galaktionov K., Kosobokova X., Naumov A., Rat'kova T., Savinov V., Savinova T. White Sea. Ecology and environment. St.-Petersburg-Tromsø. 2001. – 158 pp.
42. Chaussade J., Corlay J.-P. Atlas des pêches et des cultures marines. France, Europe, Monde. Éditions Ouest-France – Le Marin. 1990. – 252 pp.
43. Cook R.H. Canada (by Biological Station St- Andrews). New Brunswick. ICES. Mariculture Committee. F: 1, 6- 8, 12 – 15, addendum to 16. Vol. 11, 1992, p. 4 – 19.
44. Deveau L.E. Cultivation of *Chondrus crispus*. // XIII Intern. Seaweed Symp. Vancouver, Canada, August 1989. Canada. P. A-30.
45. De Voe M.R., Pomeroy R.S., Wypyszinski A.W., 1992. Aquaculture conflicts in the Eastern United States.- World Aquaculture 23 (2): 24 – 26.
46. Dickson F. Aquaculture Conflicts in Pacific Canada.- World Aquaculture 23 (2): 1992. 28 – 29.
47. Hansen J.E., Packard P., Doyle W.T. Mariculture of red algae. // Report T-CSGCP-002. A California Sea Grant College Program Publication. Univ. Calif. Sea. 1981. – 41 pp.
48. Kluikov Ye.Yu., Lukyanov S.V., Shilin M.B., Lazareva M.A. Ecological studies in the Gulf of Kandalaksha.- Baltic Floating University Bulletin N 2: 1996. p. 54 – 55.
49. Lüning K. Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* species. // J. Phycol. Vol. 16. 1980. P. 1-15.
50. Meer J.P. van der, The domestication of seaweeds. // Bioscience. Vol. 33, N 3. 1983. 172–176.
51. Morgan K.C., Simpson F.J. The cultivation of *Palmaria palmata*. Effects of light intensity and nitrate supple on growth and chemical composition. // Bot. Mar. Vol. 24. 1981. P. 273–278.
52. Neish A.C., Shacklock P.F., Fox C.N., and Simpson F.J. The cultivation of *Chondrus crispus* factors affecting growth under different green-house conditions. // Can. J. Bot. Vol. 55. 1977. P. 2263–2272.
53. Shilin M. Coastal conflict resolution in the White Sea-Barents Sea, case study: aquaculture. Paper presented at the UNESCO-CSI Workshop in Maputo, 19–23 November 2001.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ШИЛИН Михаил Борисович – родился в 1957 г. в Санкт-Петербурге (тогда – Ленинграде). Во время учебы в школе начал сотрудничать с журналами «Юный Натуралист» и «Костер» в качестве внештатного корреспондента экологических рубрик. В настоящее время продолжает заниматься экологической журналистикой, являясь соредактором немецкого журнала “Seeluft” («Морской Воздух»).

В 1980 г. закончил С.-Петербургский государственный университет по специальности «гидробиология», после чего в течение 10 лет работал в экспедициях Гидрографической службы Военно-Морского флота. С 1990 г. преподает экологию в Российском государственном гидрометеорологическом университете и в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете. В 1991 г. защитил кандидатскую диссертацию, посвященную вопросам мониторинга прибрежных морских экосистем. Материалы диссертации положены в основу монографии «Экологический мониторинг прибрежной зоны арктических морей», написанной совместно с В.Б. Погребовым. Является одним из соавторов концепции экологического образования в технических университетах (1997). В 1998 – 1999 гг. прошел стажировку в Университете Джорджия (США) в институте Экологии Ю. Одума. С 2000 г. – участник Европейского проекта ТЕМПУС / ТАСИС «Развитие обучения и практики в комплексном управлении прибрежной зоной»; совместно с коллегами из университета Кадис подготовил учебное пособие «Стратегии планирования в управлении береговой зоной». В настоящее время занимается разработкой образовательных программ для сотрудников Особо Охраняемых Природных Территорий Северо-Запада России в рамках проекта НГО «Балтийский Фонд Природы».

САРАНЧОВА Ольга Леонидовна – родилась в 1958 г. в Ленинграде. В 1981 г. окончила С.-Петербургский (тогда – Ленинградский) государственный университет по специальности «гидробиология», будучи с 1977 г. (и по настоящее время) сотрудником Беломорской биологической станции Зоологического института РАН. Ее участие в работах по аквакультуре мидии было отмечено в 1982 г. бронзовой медалью ВДНХ СССР. В 1988 г. защитила кандидатскую диссертацию, в которой рассматривались вопросы аутэкологии морской звезды и мидии Белого моря – видов, являющихся важными компонентами естественных и искусственных биоценозов. Исследования физиологии морских организмов были продолжены в других водоемах (Баренцево море, Бискайский залив) и на других видах, в том числе и на промысловых моллюсках побережья Франции совместно с коллегами из IFREMER (1995–1996, 1998–1999 гг.). В настоящее время продолжает исследования аутэкологии и распределения ранних стадий развития наиболее массовых беспозвоночных биоценозов бентоса и обрастания Белого моря. Помимо этого читает курс лекций по аквакультуре в РГГМУ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Часть 1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ АКВАКУЛЬТУРЫ.....	7
1.1. Знакомство с аквакультурой.....	7
1.2. История аквакультуры.....	10
1.3. Распределение аквакультуры по географическим регионам.....	13
1.4. Перспективы полярной аквакультуры, ее объекты и задачи.....	15
1.5. Формы и методы аквакультуры.....	26
Часть 2. АЛЬГОКУЛЬТУРА.....	33
2.1. Формы, задачи и общие принципы культивирования водорослей.....	33
2.2. Бурые водоросли как объект альгокультуры.....	36
2.3. Значение бурых водорослей.....	39
2.4. Бурые водоросли, важные для промысла и культивирования на Севере.....	40
2.5. История культивирования.....	42
2.6. Размножение и цикл развития ламинариевых.....	47
2.7. Культивирование ламинарии на грунте.....	50
2.8. Культивирование ламинарии в двухгодичном цикле.....	51
2.9. Культивирование ламинарии в одногодичном цикле.....	56
2.10. Значение и перспективы промысла и культивирования красных водорослей на Севере.....	60
Часть 3. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ.....	65
3.1. Общие подходы к марикультуре водных беспозвоночных.....	65
3.2. Конхокультура.....	66
3.3. Возможности культивирования и промысла омаров и крабов.....	101
3.4. Культивирование иглокожих.....	106
Часть 4. РЫБОВОДСТВО	113
4.1. Краткая история рыбоводства.....	113
4.2. Особенности пастбищного рыбоводства.....	115
4.3. Пастбищное и товарное рыбоводство: преимущества и недостатки ..	120
4.4. Марикультура лососевых.....	129
4.5. Марикультура сельди на Белом море.....	149
Часть 5. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АКВАКУЛЬТУРНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМА.....	152
Часть 6. АКВАКУЛЬТУРА КАК ПРИЧИНА КОНФЛИКТОВ.....	163
ЛИТЕРАТУРА	166
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	169