

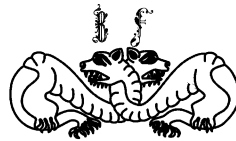
Р. СТИКНИ

**ПРИНЦИПЫ
ТЕПЛОВОДНОЙ
АКВАКУЛЬТУРЫ**

Р. СТИКНИ

**ПРИНЦИПЫ
ТЕПЛОВОДНОЙ
АКВАКУЛЬТУРЫ**

ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО



Москва
Агропромиздат
1986

БКК 47.2
С 80
УДК 639.3/.6

PRINCIPLES OF WARMWATER AQUACULTURE

Robert R. Stickney

Associate Professor
Department of Wildlife and Fisheries
Sciences
Texas A & M University

A Wiley-Interscience Publication
John Wiley & Sons

New-York — Chichester — Brisbane — Toronto

Перевод В. А. Пантаевой, И. С. Фроловой, А. С. Ельфимова под редакцией
канд. биол. наук Т. М. Аронович и канд. геогр. наук В. В. Сапожникова.

Стикни Р.

С 80 Принципы тепловодной аквакультуры: Пер. с англ.—
М.: Агропромиздат, 1986.— 288 с.

В книге известного американского ученого изложены методы культивирования тепловодных животных как в пресной, так и в морской воде. Описаны различные водные системы, причем основное внимание уделено замкнутым циркуляционным системам, показатели качества воды, корма и способы кормления, болезни и паразиты рыб, способы облова прудов. Изложены вопросы, связанные с размножением, селекцией и генетикой рыб. Предназначена для рыбоводов и ихтиологов.

С $\frac{4002030000-320}{035(01)-86}$ 466—86

БКК 47.2

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Аквакультура — быстро развивающаяся отрасль человеческой деятельности, которая ежегодно поставяет около 10 млн. т морепродуктов, что составляет около 10% мирового улова. Вместе с тем развитие этой отрасли хозяйства чаще основывается на эмпирическом опыте и интуиции, чем на глубоких научных знаниях.

Повышенный интерес к марикультуре во всем мире отразился в серии монографий, выпущенных за рубежом. Многие из этих книг вышли в переводе на русский язык в издательствах «Пищевая промышленность», «Легкая и пищевая промышленность» и ВО «Агропромиздат».

Так, в книге Дж. Бардача и др. «Аквакультура» (1978) было дано общее представление о состоянии аквакультуры в мире по странам и объектам культивирования; в книге П. Х. Милна «Морские хозяйства в прибрежных водах» (1978) освещены первые этапы исследовательской и практической работы по созданию аквахозяйств (выбор места, расчет нагрузок на сетные и другие ограждения, простейшие строительные расчеты и т. д.). В книге С. Спотта «Содержание рыбы в замкнутых системах» (1983) описано устройство замкнутых систем для содержания рыбы и беспозвоночных, а также систем биологической, механической и физической очистки воды. Книга Ф. Уитона «Техническое обеспечение аквакультуры» (1985) была посвящена техническому оснащению рыбоводных хозяйств, так как отставание в этой области наиболее болезненно отражается на практических результатах культивирования гидробионтов. Значительную часть книги автор посвятил физико-химическим свойствам воды, биохимии продукционно-деструкционных процессов и инженерным расчетам биофильтров, насосов и других технических устройств, понимая, что без знания этих вопросов невозможно оставить аквакультуру на научную основу.

В предлагаемой читателям книге Р. Стикни «Принципы тепловодной аквакультуры» даются чисто практические рекомендации по выращиванию различных гидробионтов. Основное внимание уделено вопросам биотехнологии культивирования тепловодных рыб и беспозвоночных. Р. Стикни — признанный авторитет среди ихтиологов США, помощник профессора факультета охраны природы и рыбного хозяйства Техасского университета. На страницах книги автор делится собственным опытом, приобретенным в экспериментальной и практической работе по разведению и выращиванию различных гидробионтов.

Р. Стикни пишет, что регулирование рыбных запасов и аквакультура с высокой плотностью посадки объектов — это две стороны хозяйственной деятельности, направленной на повышение рыбопродуктивности. Однако между рациональной эксплуатацией биологических ресурсов и аквакультурой имеется принципиальное различие. В Мировом океане основной и единственный элемент управления — регулируемый промысел. В аквакультуре биологические потенции различных гидробионтов или их сообществ реализуются в управляемых системах разного типа. Под биологической потенцией понимается направленное использование адаптивных реакций и изменчивости генотипа организмов под воздействием управляющих факторов в природе или эксперименте. Только управляемые системы, в которых сочетается управление средой и биологическими процессами, позволяют выявить, усилить, закрепить и реализовать биологические потенции гидробионтов для достижения максимального хозяйственного эффекта. Аквакультура в своем прикладном аспекте занимается разработкой конкретных биотехнологий культивирования гидробионтов, выступая как биоинженерная наука.

Понимая внутреннюю взаимосвязь между биохимическими процессами, связанными с метаболизмом животных и разложением кормов, с одной стороны, и физико-химическими процессами, определяющими основные гидрохимические параметры качества воды, с другой, — Р. Стикни показывает, как управлять этими процессами, практически не прибегая к экстраординарным мерам, причем самые сложные вопросы излагаются предельно просто и понятно.

Аквакультура является таким видом производственной деятельности, в которой используются последние достижения биологии, химии, биохимии, микробиологии, генетики, селекции и других наук. Специалистам в области аквакультуры, безусловно, необходимы знания биологии, однако большая часть их деятельности связана с гидрохимией, поскольку приходится поддерживать определенное качество воды и оптимизировать продукционно-деструкционные процессы в системе для максимальной реализации потенциальных возможностей культивируемых видов.

Во введении автор кратко излагает историю аквакультуры и перспективы ее развития, далее приведены обзор методов культивирования тепловодных гидробионтов в различных типах аква-систем, а также анализ влияния консервативных и неконсервативных параметров качества воды, используемой в аквахозяйствах. В отдельной главе рассмотрены сложные вопросы, связанные с пищевыми потребностями и питанием гидробионтов, предложены различные рецептуры искусственных кормов и приведены данные по росту гидробионтов. Освещены также вопросы воспроизводства, генетики и селекции, проводимой в аквахозяйствах с целью повышения выхода продукции. Большая глава посвящена болезням и паразитам гидробионтов в условиях аква- и марихозяйств, методам диагностики, профилактики и лечения заболева-

ний. Изложены методы облова прудов и обработки получаемой товарной продукции. Автор показывает, что потери на этих заключительных этапах могут принести большой экономический урон.

Приходится сожалеть, что автор ограничился изложением проблем культивирования только тепловодных гидробионтов. Кроме того, вне поля его зрения остались советские достижения в области аквакультуры, хотя в СССР накоплен большой опыт по культивированию лососевых, осетровых и карповых, а также японской ламинарии, гребешка и трепанга на Дальнем Востоке, мидий, кефали и глоссы на Черном море.

Большая часть книги Р. Стикни посвящена решению чисто практических задач культивирования гидробионтов, однако, когда возникает необходимость внести ясность в какой-либо теоретический вопрос, автор делает это, демонстрируя глубокое понимание биологических и гидрохимических проблем.

Есть основания надеяться, что написанная в простой и доступной форме книга Р. Стикни окажется полезной и интересной не только для ученых-ихтиологов и рыбоводов, но и всех, кого интересуют вопросы охраны окружающей среды и восстановления природных ресурсов водоемов.

**Т. М. Аронович,
В. В. Сапожников
(ВНИРО)**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Аквакультура известна в Азии уже, по меньшей мере, три тысячи лет, однако как научная дисциплина она еще только зарождается. Лишь в нескольких колледжах и университетах США читаются курсы по аквакультуре, а подготовка специалистов-практиков вообще не ведется. Информацию по вопросам аквакультуры часто можно встретить в отраслевых журналах, информационных листках, брошюрах и докладах. Немногие существующие учебники либо устарели, либо рассматривают аквакультуру в масштабах всего земного шара. Существует также несколько книг, в которых рассматриваются какой-то один вид или группа родственных видов, а также несколько пособий по специализированным областям аквакультуры.

В настоящей книге содержатся данные по выращиванию тепловодных животных в США. Объекты, выращиваемые в других странах, а также в холодной воде, не были вовсе исключены из рассмотрения, а использованы в качестве примеров в тех случаях, когда отсутствуют сведения по тепловодным видам. Культивируемые в других странах и в холодной воде виды рассматриваются также с точки зрения их пригодности для разведения в качестве экзотических животных в районах выращивания тепловодных видов, а также служат материалом для обобщений. Основное внимание, однако, уделено разведению канального сомика по двум основным причинам. Во-первых, выращивание канального сомика экономически выгодно на юге США, и в обозримом будущем он будет оставаться главным объектом разведения среди тепловодных рыб в США. Во-вторых, по всем аспектам разведения канального сомика имеется больше информации, чем по любому другому американскому тепловодному виду.

Эта книга также может оказаться полезной и просто для ихтиологов, которые не собираются заниматься аквакультурой, поскольку принципы, используемые в аквакультуре, могут быть применены в управлении традиционным рыбным хозяйством, правда, на несколько менее интенсивном уровне, чем при разведении рыбы. Физиологам, патологам и другим специалистам, которым приходится содержать водных животных для проведения опытов, могут пригодиться многие из изложенных в книге концепций.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АКВАКУЛЬТУРЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ

Аквакультура — это разведение водных организмов в контролируемых или полуконтролируемых условиях. Основное внимание в данной книге уделено тем организмам и прежде всего тем животным, которые могут быть использованы человеком в пищу. В широком смысле аквакультура включает также разведение тропических рыб, голянов и серебряного карася, объектов спортивного рыболовства, которыми затем заселяют пруды, реки и другие водоемы; воспроизводство морских организмов для увеличения их запасов, а также культивирование водорослей. Разведение мелких карповых, серебряного карася и рыб для спортивного рыболовства рассматривается в главе 9. Однако в основном книга посвящена разведению столовой рыбы. Некоторое внимание уделено в книге регулированию численности таких нежелательных водных растений, как укоренившиеся макрофиты и нитчатые водоросли, а также стимулированию роста полезных водорослей, например фитопланктона, однако культивирование декоративных водорослей не рассматривается.

Объекты, используемые в аквакультуре, можно отнести к тепловодным, холодноводным и обитающим в умеренных водах. За последние десятилетия накоплена обширная информация о разведении лососевых, именно данные по форели и лососю и положены в основу представлений о разведении тепловодных видов. Поскольку в аквакультуре используют лишь небольшое число холодноводных и обитающих в умеренных водах объектов, а также в связи с тем, что культивированию лососевых посвящено большое число различных публикаций, в данной книге основное внимание уделено тепловодным объектам аквакультуры.

В последнее время в США возрос интерес к использованию сточных вод очистных станций, хозяйствам аквакультуры с высокой плотностью посадки, а также к участкам для получения продукции различных водных растений и животных, которые затем используются в пищу или идут на корм скоту. Несмотря на то что в глобальном масштабе эта идея не нова, для американцев она в какой-то степени прогрессивна.

Приведенное выше определение аквакультуры относится как к соленым, так и пресным водам. Для описания морской аквакультуры используется термин «марикультура». Если необходимо проводить различия, рекомендуется использовать термины «марикультура» и «пресноводная аквакультура».

Объекты, используемые в аквакультуре во всем мире, относятся в основном к трем типам: моллюски, членистоногие и хордовые. В табл. 1.1 перечислены некоторые организмы каждого типа, встречающиеся в США. Представители других типов могут стать важными объектами аквакультуры в будущем, но ценность большинства из них как пищевых продуктов невелика. Исключение составляет морской еж (тип иглокожие), некоторые части тела которого считаются деликатесом, в особенности в Южной Европе и Японии.

Таблица 1.1. Представители типов моллюсков, членистоногих и хордовых, встречающиеся в США

Тип	Распространенное название	Научное название
Моллюски	Мерценария	<i>Mercenaria mercenaria</i>
	Американская устрица	<i>Crassostrea virginica</i>
	Гребешок	<i>Aequipecten irradians</i>
	Мидия	<i>Mytilus edulis</i>
Членистоногие	Синий краб	<i>Callinectes sapidus</i>
	Американский омар	<i>Homarus americanus</i>
	Белая креветка	<i>Penaeus setiferus</i>
	Красный лангуст	<i>Procambarus clarkii</i>
Хордовые	Канальный сомик	<i>Ictalurus punctatus</i>
	Радужная форель	<i>Salmo gairdneri</i>
	Морская черепаха	<i>Chelonia mydas</i>

АКВАКУЛЬТУРА И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ПРОБЛЕМА

В США, как и во всем мире, идет поиск новых источников пищи для человека. Наиболее логичным представляется использование в этих целях морской среды, которая, как полагали в течение длительного времени, является неисчерпаемым источником белка для человека. Однако Ритер (Ryther, 1969) показал, что достигнутая к настоящему времени интенсивность эксплуатации не может быть значительно увеличена из-за ограниченной первичной продуктивности. Айдилл (Idyll, 1970) также изучал возможности морской среды как источника пищи для человечества и пришел к тем же выводам, что и Ритер. Айдилл полагал, что некоторое увеличение продукции возможно при условии непосредственного использования в пищу криля и фитопланктона. С этой целью были проведены специальные исследования, но приемлемость таких продуктов в ближайшем будущем маловероятна. Одна из причин — вкусовые качества, другая — разъяснительная работа среди потребителей. В отличие от широко распространенного мнения недоедающие или даже голодающие люди не станут есть тот или иной

продукт только потому, что он имеется в продаже. Необходимо учитывать различные социальные и психологические факторы. В этом одна из причин непопулярности рыбного белкового концентрата (РБК), выпускавшегося в виде белого порошка без вкуса и запаха в качестве добавки к рациону человека (Finch, 1969). Несмотря на его безобидный внешний вид, население развивающихся стран трудно было убедить в пользе добавления РБК к повседневной пище, и эффект, который мог быть получен от его применения, в действительности достигнут не был.

Аквакультура может служить источником получения дополнительной продукции в пресных и морских водах. В соответствующих условиях плотности на единицу объема воды в хозяйствах аквакультуры значительно превосходят плотности, встречающиеся в естественной среде. Однако проблемы, безусловно, существуют. По мере увеличения плотности популяций на единицу объема воды увеличиваются и потребности в энергии для предприятий аквакультуры. Энергия подается в системы аквакультуры в виде электричества и корма. Оба эти вида энергии очень дороги, и, возможно, в обозримом будущем их стоимость еще больше возрастет. Даже если бы стоимость энергии для крупномасштабных предприятий аквакультуры в развивающихся странах не препятствовала их развитию, отсутствие одного из двух необходимых элементов (электричество или корм) может оказаться решающим.

Развитые страны не могут экспортировать собственную продукцию аквакультуры в развивающиеся страны. В США продукция аквакультуры считается деликатесной, даже пищей гурманов, поскольку цены на нее очень высоки.

В развивающихся странах деликатесная продукция аквакультуры (например, креветки и канальный сомик) производится на экспорт. Современный подход к проблеме производства продуктов питания для внутреннего потребления в развивающихся странах заключается в приспособлении нескольких небольших прудов под аквакультуру. Такие пруды с низкой плотностью посадки требуют минимума обслуживания. Например, одна семья или несколько семей могут иметь пруд для разведения рыбы. Пруд можно осушить или внести в него ядохимикаты, чтобы избавиться от уже живущих в нем рыб, после чего его можно заново заселить быстрорастущими и доступными видами рыб, питающихся низшими звеньями пищевой цепи. Обслуживание такого пруда сводится к зарыблению его и к удобрению продуктами жизнедеятельности наземных животных. Определенная плотность популяции в пруду обычно поддерживается путем естественного воспроизводства.

Большинство таких хозяйств аквакультуры находится в тропиках, где сезон роста для теплолюбивых видов часто длится круглый год. Сбор урожая обычно сводится к отлову того количества рыбы, которое необходимо для собственного потребления, часть продукции иногда продают на сторону.

В США такие хозяйства аквакультуры, обеспечивающие только собственные потребности производителя, не считаются прак-

тичными, хотя некоторые организации пропагандируют аквакультуру как источник получения нетрадиционных продуктов питания (Howard Community College and Foundation for Self-Sufficiency, Inc., 1977). Многочисленные фермеры и владельцы ранчо в США выращивают канального сомика и рыб других видов в небольших прудах. Большая часть выращиваемой рыбы потребляется на месте. Кроме того, ловля рыбы является еще и развлечением!

Трудности, связанные с поиском подходящих источников водоснабжения для крупномасштабных предприятий аквакультуры на суше, очевидны, но на просторах Мирового океана как будто существуют неограниченные потенциальные возможности для развития аквакультуры. Однако из-за сложностей создания предприятий аквакультуры в открытом море распространение таких хозяйств будет в основном ограничено прибрежными районами (за исключением особых случаев). Из-за промышленного освоения прибрежных районов США они становятся все менее пригодными для создания предприятий аквакультуры. Кроме того, из-за стремления сохранить большие территории в их первоначальном виде многие участки земли стали недоступными для аквакультуры.

Поскольку осушение прибрежных болот регламентировано, предприятия марикультуры приходится размещать преимущественно в надприливных и подприливных районах вдоль побережья США. В отличие от прудов и других пресноводных систем аквакультуры, расположенных выше отметки высокого прилива, в море практикуется отгораживание крупных участков для выращивания рыб, подвешивание коллекторов для выращивания моллюсков, устройство плавающих платформ или плотов и ферм в океане. Такой метод культивирования можно использовать для андромных видов рыб, молодь которых получают в питомниках, расположенных на побережье, а затем выпускают в океан. Став взрослыми, эти рыбы возвращаются назад в реки для нереста, где их отлавливают и получают икру. В настоящее время такой метод применяется для разведения лососевых.

СОЗДАНИЕ НОВОЙ НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Принято считать, что разведение водных организмов зародилось в Китае 3,5—4 тыс. лет назад (Ling, 1974). В период правления династии Инь-Шанг уже существовали письменные руководства по этому вопросу (San-Dun, 1975). Несмотря на это, в тех странах, где разведением рыб занимаются издавна, значительного прогресса в этой области не наблюдалось до самого последнего времени, когда стал применяться более научный подход.

В США аквакультурой занимаются в основном в научных целях. Научный подход в течение многих лет применялся к разведению лососевых, поэтому в настоящее время по разведению форели и лосося имеется больше информации, чем по разведению любых других рыб. Интенсивные научные исследования лососевых вначале не касались возможностей их использования в аквакультуре.

туре, хотя в настоящее время работает значительное число ферм, где выращивают товарную форель. Основные затраты на научные исследования были обусловлены попытками спасти анадромных лососевых от вымирания из-за строительства плотин на пути миграций на многих реках и интенсивного рыболовства. Форелью, выращенной в течение нескольких последних десятилетий, в основном заселяли реки для увеличения естественных запасов и для спортивного рыболовства. Независимо от причин, вызвавших необходимость проведения исследований по лососевым, была получена значительная информация, которая вполне применима и для выращивания тепловодных объектов аквакультуры.

Тепловодная аквакультура — для США сравнительно новая область науки, хотя рыбоводники существуют в этой стране более ста лет. Эти питомники занимались разведением и выпуском молоди канального сомика (*Ictalurus punctatus*) задолго до того, как исследования, проведенные в Обернском университете, показали экономическую целесообразность разведения этого объекта непосредственно для потребления человеком (Swingle, 1957, 1958). Широкое распространение ферм для разведения канального сомика в 60-х годах стимулировало интерес, проявляемый к тепловодной аквакультуре в настоящее время.

Фермерам, занимающимся разведением канального сомика, повезло в том отношении, что они имели дело с рыбой, которую достаточно легко выращивать в искусственных условиях. Сомик переходит на искусственный корм сразу после рассасывания желточного мешка, устойчив к значительным колебаниям температуры воды, быстро растет и пользуется спросом на рынке, в особенности в южных штатах. Большинство других теплолюбивых рыб не обладают этими преимуществами, и тем не менее успех фермеров, занимавшихся разведением канального сомика, стимулировал работу с другими объектами.

Рост масштабов промышленного выращивания канального сомика и научные исследования происходили параллельно. Основной целью исследований было улучшение биотехники выращивания сомика, которого начали культивировать в промышленных масштабах с середины XX в. В 1955 г. под выращивание канального сомика было отведено менее 50 га. К 1975 г. эта площадь возросла до 18 809 га (National Academy of Sciences, 1978). В 1975 г. 2000 фермеров из 13 штатов получили 38 000 т рыбы, причем около 80% было выращено в штатах Миссисипи, Арканзас и Луизиана (National Academy of Sciences, 1978).

Что касается других объектов, перспективных для аквакультуры, то их промышленное разведение часто предпринималось без достаточной научной базы. В целом аквакультура в США развита хуже, чем в других странах. Проведенные недавно исследования показали, что аквакультуре будет принадлежать лишь незначительная роль в снабжении населения США продуктами питания (National Academy of Sciences, 1978). Продукция аквакультуры в США в 1975 г. составила всего 65 000 т, но, по дан-

ным Национальной академии наук (1978), к 1985 г. она может достичь 250 000 т, а к 2000 г.— 1 млн. т, если субсидии из государственных и частных источников увеличатся до необходимых размеров.

Развитие тепловодной аквакультуры в США затормозилось в конце 60-х годов, когда возник интерес к культивированию креветок. В Мексиканском заливе и вдоль побережья юго-восточных штатов наибольший интерес представляют креветки трех видов: белая (*Penaeus setiferus*), бурая (*P. aztecus*) и розовая (*P. duorarum*). Из-за высоких цен на рынке и превосходного вкуса выловленных из естественных водоемов креветок многие сочли, что этих животных можно использовать в качестве объектов аквакультуры. В соответствующие предприятия были вложены крупные суммы, но из-за недостатка данных по отдельным аспектам биологии этих животных практически все попытки их культивирования потерпели неудачу.

Т а б л и ц а 1.2. Реальные и потенциальные объекты аквакультуры в США *

Распространенное название	Научное название	Среда обитания
Белая креветка	<i>Penaeus setiferus</i>	Морская
Бурая креветка	<i>Penaeus aztecus</i>	»
Розовая креветка	<i>Penaeus duorarum</i>	»
Американский омар	<i>Homarus americanus</i>	»
Синий краб	<i>Callinectes sapidus</i>	»
Синяя мидия	<i>Mytilus edulis</i>	»
Мерценария	<i>Mercenaria mercenaria</i>	»
Американская устрица	<i>Crassostrea virginica</i>	»
Южная камбала	<i>Paralichthys lethostigma</i>	»
Летняя камбала	<i>Paralichthys dentatus</i>	»
Кефаль-лобан	<i>Mugil cephalus</i>	»
Циноскцион	<i>Cynoscion nebulosus</i>	»
Красный горбыль	<i>Sciaenops ocellata</i>	»
Барабанщик обыкновенный	<i>Pogonias chromis</i>	»
Дельфин	<i>Coryphaena hippurus</i>	»
Помпано	<i>Trachinotus carolinus</i>	»
Канальный сомик	<i>Ictalurus punctatus</i>	Пресноводная
Сомик	<i>Ictalurus furcatus</i>	»
Белый сомик	<i>Ictalurus catus</i>	»
Буффало	<i>Ictiobus spp.</i>	»
Желтый окунь	<i>Perca flavescens</i>	»
Тилапия	<i>Tilapia spp.**</i>	»
Белый амур	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	»
Пресноводная креветка	<i>Macrobrachium spp.</i>	
Лягушка	<i>Rana spp.</i>	Пресноводная
Морская черепаха	<i>Chelonia mydas</i>	Морская

* Названия (распространенные и научные) американских рыб приводятся в соответствии с принятыми Американским обществом рыболовства (1970).

** Трюавас (Trewavas, 1973) предложил разделить род *Tilapia* на два рода в зависимости от особенностей размножения: *Tilapia*, размножающиеся на субстрате и охраняющие свое потомство, и *Sarotherodon*, выращивающие мальков во рту. Если принять это предложение, то практически все культивируемые и изучаемые в США виды следует отнести к роду *Sarotherodon*. Большинство специалистов в области аквакультуры в США и за рубежом продолжают использовать родовое название *Tilapia*, и во всем мире «тиляпия» стало общепризнанным названием рыб семейства *Cichlidae*, выращиваемых в аквакультуре. В тексте данной книги используется название *Tilapia*.

Исследовательские работы с креветками продолжались в частных и государственных научных учреждениях. Результаты этих исследований начинают постепенно приносить плоды. В то же время более интенсивными стали научные исследования по изучению возможности содержания других объектов в условиях аквакультуры. Лососевые и канальный сомик пока остаются единственными видами, которых в промышленных масштабах выращивают в США, но возможности для использования других объектов в аквакультуре становятся все более реальными.

В табл. 1.2. приведены некоторые объекты, которых можно выращивать или уже выращивают в США. Несмотря на то что некоторые из этих видов в течение ближайших лет не будут широко использоваться в аквакультуре, в книге приведены данные об их культивировании.

Аквакультура не является четко очерченной областью, в ней сочетаются отдельные аспекты различных наук и видов деятельности. Специалистов в области аквакультуры чаще всего готовят как биологов, хотя значительная часть их деятельности лишь отдаленно связана с биологией. Для них в такой же, а возможно, даже и в большей степени важна химия, поскольку значительная часть их работы связана с поддержанием определенного качества воды.

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ВИДЫ, ВЫРАЩИВАЕМЫЕ В США

Некоторые объекты промышленного культивирования были завезены в США из-за рубежа. К таким объектам, которые привлекли к себе пристальное внимание исследователей в последние годы, относятся пресноводная креветка (*Macrobrachium rosenbergii*), белый амур (*Stenopharyngodon idella*) и тиляпия (*Tilapia aurea*, *T. nilotica*, *T. mossambica* и др.).

Мнения о целесообразности культивирования в США экзотических видов значительно расходятся. Это связано прежде всего с тем, что в прошлом такие попытки уже предпринимались и неудачно: влияние ввозимых видов на местные популяции было отрицательным. Пример тому — карп (*Cyprinus carpio*) и сом (*Clarius batrachus*).

Белый амур и тиляпия вначале были завезены в США для снижения численности водорослей. Выпуск этих рыб в естественные водоемы США подвергся резкой критике, и более чем в 30 штатах разведение белого амура было запрещено, хотя в большинстве из этих штатов он, по-видимому, все-таки живет. Изучение влияния экзотических рыб на местную фауну продолжается.

Stenopharyngodon idella был завезен в США в 1963 г. (Guillogu and Gasaway, 1978) и сейчас обитает, по меньшей мере, в 35 штатах. Родина его — Восточная Азия — от бассейна р. Амур до р. Западной (Lin, 1935), с чем и связано одно из его распространенных названий — белый амур. Высказывалось предположе-

ние, что белый амур не сможет размножаться в естественных водоемах США и таким образом постепенно вымрет. Сейчас, однако, полагают, что в отдельных водоемах, связанных с реками Миссисипи, Миссури и Арканзас, а также в некоторых других на территории страны существуют условия, при которых *C. idella* может размножаться (Stanley et al., 1978).

Способность белого амура регулировать распространение высшей водной растительности подтверждается многими авторами (Stott and Robson, 1970; Kilgen and Smitherman, 1971); в то же время было показано, что его присутствие в природных водах оказывает отрицательное влияние на некоторые аспекты качества воды (Lembi et al., 1978). Белый амур — рыба сугубо растительная, но питается селективно, поэтому с ее помощью можно уничтожить не всякую укоренившуюся растительность, встречающуюся в пруду (Colle et al., 1978).

Белого амура можно употреблять в пищу, его разводят вместе с другими видами, а также в прудах, удобряемых продуктами жизнедеятельности наземных животных (Buck et al., 1978).

Тилапия — тропическая рыба, родина которой Африка и Ближний Восток. В некоторых частях света ее разводят уже свыше 2000 лет (Hickling, 1963), но в США она культивируется недавно, поскольку была завезена в 60-х годах. Тилапия способна переносить высокие температуры (Allanson and Noble, 1964; Gleastine, 1974), но при температуре ниже 7—10°C большинство рыб погибает (Chimits, 1957; McBay, 1961; Avault and Shell, 1968; Gleastine, 1974). Таким образом, практически на всей территории континентальной части США (за исключением юга Флориды и Техаса) тилапия зимовать не может. Чтобы она могла перезимовать, должна быть либо необычно теплая зима, либо рыбу необходимо помещать в искусственно подогреваемые или геотермальные воды. В Техасе, например, в водоемах-охладителях нескольких электростанций уже некоторое время содержатся популяции *Tilapia augea*.

Тилапия не представляет значительной угрозы для природных популяций рыб на большей части территории США из-за ее неспособности переносить низкие температуры. Тем не менее следует избегать попадания тилапии и белого амура из питомников в природные водоемы.

Наиболее часто используемую в аквакультуре пресноводную креветку *Macrobrachium rosenbergii* на большей части территории США также следует содержать в теплой воде, поскольку она, как и тилапия, не переносит низких температур. Такие встречающиеся в природе виды, как *M. carolina* и *M. acanthurus* достигают товарного размера, но они пока еще не одомашнены в такой степени, как *M. rosenbergii*.

Экзотические виды, обитающие в США, останутся, по-видимому, частью водной фауны страны. Однако из-за проблем, вызванных вселением экзотических рыб в прошлом, импортировать их становится все труднее. Одним из аргументов противников все-

ления экзотических видов рыб является опасность занесения вместе с ними и новых болезней, которые могут поразить природные популяции рыб. В связи с этим при выборе потенциальных объектов аквакультуры следует рассчитывать только на те виды, которые уже обитают в США.

ЭКСТЕНСИВНОЕ И ИНТЕНСИВНОЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ

Критерий различия между аквакультурой и более традиционными аспектами управления рыбными запасами связан со степенью контроля человека над окружающей средой. Специалисты в области рыболовства пытаются управлять природными водными экосистемами обычно с целью развития спортивного или промышленного рыболовства. Различные методы используются для поддержания естественной продуктивности, а также для интенсификации роста и повышения выживаемости желаемых объектов. Некоторые из этих способов включают регулирование, избирательное зарыбление водоемов, управление природной средой, контроль за развитием водорослей и мелиорацию.

Вообще говоря, специалист в области аквакультуры осуществляет гораздо больший контроль за состоянием природной среды, чем специалист по управлению рыбными запасами. Специалист в области аквакультуры управляет водными системами с целью получения максимальной продукции из одного или небольшого числа видов и старается по мере возможности устранить любую конкуренцию и причины гибели объектов. Регулирование рыбных запасов и аквакультура с высокой плотностью посадки объектов представляют собой две стороны хозяйственной деятельности, направленной на повышение рыбопродуктивности. Управление осуществляется обычно в тех водоемах, где общая биомасса организмов в данный период времени относительно невелика, а площадь поверхности воды, необходимая для разведения нескольких сотен килограммов рыбы, превышает 1 га. Такой тип управления называется экстенсивным культивированием и известен во всем мире как прудовое рыбоводство. Выращивание сомов в количествах, не превышающих примерно 1500 кг/га, можно отнести к экстенсивному культивированию. Примером интенсивного культивирования являются хозяйства по выращиванию сомика в прудах при продуктивности 3000 кг/га. Еще более интенсивное выращивание гидробионтов производится в каналах, бассейнах, силосных емкостях и садках, продуктивность в которых достигает 10^6 кг/га (см. главу 2).

С ростом интенсивности культивирования обостряются проблемы, связанные с переуплотнением культивируемых организмов (эпизоотии, ухудшение качества воды, конкуренция за корм и в некоторых случаях каннибализм). По мере интенсификации требуется все больший контроль. Интенсификация связана также с увеличенным потреблением энергии и усложнением оборудования, обеспечивающего жизнедеятельность выращиваемых организмов.

Высокоинтенсивные методы аквакультуры развиваются и постоянно совершенствуются. Вместе с тем в большинстве промышленных хозяйств тепловодной аквакультуры применяется менее интенсивный прудовой метод выращивания.

МОНО- И ПОЛИКУЛЬТУРА

Большинство рыбоводов в США занимаются культивированием какого-либо одного объекта независимо от того, где ведется выращивание: в пруду, канале, силосной емкости, садках или в каких-либо других бассейнах. Такой тип выращивания известен как монокультура. Поликультура — разведение двух или более видов рыб в каком-либо одном водоеме — пользуется большой популярностью во многих странах (Bardach et al., 1972), поскольку при таком методе культивирования рыбы с различными особенностями питания могут занять разные пищевые ниши в пруду. По мере интенсификации процесса культивирования поликультура становится менее целесообразной.

В монокультуре выращиваемые объекты обычно не могут использовать всю водную толщу. Например, при разведении придонных видов незанятой остается большая часть водной толщи. Для увеличения выхода продукции одновременно с придонными видами можно выращивать и пелагические. Два или более вида, сосуществующие в прудовой поликультуре, безусловно, должны быть совместимыми. Наибольшего развития поликультура достигла в Китае, где выращиваются одновременно четыре или более вида рыб, питающихся соответственно бентосом, зоопланктоном, фитопланктоном и макрофитами (Bardach et al., 1972).

В США в поликультуре можно одновременно выращивать тилпию, питающуюся фитопланктоном, обыкновенного карпа или буффало, питающегося бентосом и зоопланктоном, и сомов, которые потребляют искусственный корм. В тех районах, где не запрещено разведение белого амура, его можно подселать к перечисленным видам, поскольку он питается макрофитами. Для ускорения роста кормовых организмов в воду можно вносить удобрения. При выращивании в поликультуре наиболее выгодным оказывается культивирование сомика, поэтому важно, чтобы разведение других рыб происходило не за счет сомика. Плотность посадки в водоем каждого вида в поликультуре примерно должна быть такой же, как и в монокультуре.

В качестве модификации традиционной техники поликультуры можно использовать ряд прудов, соединенных между собой трубами, по которым вода подается самотеком, но выращиваемые организмы содержатся отдельно. Если обеспечить такую систему удобрениями в виде фекалий наземных животных, то в ней можно выращивать виды, устойчивые к низкому качеству воды (например, *Tilapia* spp.), используя в качестве корма фитопланктон, развивающийся в первом пруду. Сравнительно небольшое количество воды, обогащенной питательными веществами, можно было бы

подавать во второй пруд, где вторичная продукция использовалась бы такими рыбами, как канальный сомик. Третий пруд можно было бы использовать для выращивания пресноводной креветки или какого-нибудь другого вида. Из нижнего пруда такой системы воду можно было бы подавать снова в верхний пруд; таким образом, вода остается в системе. Такие системы были созданы в США и использовались в экспериментальных целях (Stickney and Hesby, 1978), а их теоретические основы более подробно описаны в книге Р. Стикни (Stickney, 1978).

ПРЕСНОВОДНАЯ И МОРСКАЯ АКВАКУЛЬТУРА

В аквакультуре с успехом используются как стеногалинные, так и эвригалинные виды. Среди эвригалинных организмов большинство тепловодных видов в течение всего периода их жизни обычно встречаются либо в соленой, либо в пресной воде, хотя анадромные виды, такие, как лосось, и катадромные угри культивируются во многих странах мира (Brown, 1977). В большинстве случаев в аквакультуре используется вода с относительно небольшими различиями в солености, а разводимые виды встречаются в природе в условиях благоприятной солености. Эвригалинные виды можно разводить при такой солености, при которой в природе эти виды обычно не встречаются, хотя, прежде чем предпринимать такие попытки, следует провести исследования и установить, не является ли существенным снижение темпа роста или увеличение смертности из-за изменения солености воды.

В некоторых случаях может возникнуть необходимость изменить диапазон солености воды в зависимости от той стадии развития, на которой находятся культивируемые организмы. Так, например, для креветок рода *Macrobrachium* в периоды нереста и личиночного развития необходима вода низкой солености, а остальные стадии жизненного цикла могут проходить в пресной воде (Bardach et al., 1972).

Различные виды, обитающие в эстуариях, могут приспособляться к пресной воде, но поскольку они, как правило, не могут размножаться при низкой солености, то на период нереста их необходимо помещать в соленую воду. В штате Техас выпускали сцианопса (*Sciaenops ocellata*) и камбалу рода *Paralichthys* в водоемы с пресной водой. Из газетных сообщений о результатах этих экспериментов следует, что в некоторых случаях темп роста рыб был выше, чем в морской воде, однако смертность была высокой. Лобан (*Mugil cephalus*) часто встречается в пресной воде, и поэтому вполне возможно, что его можно будет разводить на материке в пресной воде*.

Некоторые пресноводные объекты можно выращивать и в соленой воде. Установлено, что различные виды тилапии могут пе-

* Хотя в литературе появились сообщения о созревании кефали в пресноводных прудах, икра и личинки могут развиваться только в воде повышенной солености.— *Прим. ред.*

переносить соленость воды, часто превышающую соленость вод в открытом море (Chervinsky, 1961, 1966; Chervinsky and Yashouv, 1971; Chervinsky and Zorn, 1974). Сомики, включая канальных, могут переносить соленость воды, превышающую 1‰ (Perry, 1967; Perry and Avault, 1968; Stickney and Simco, 1971), их выращивают в прибрежных лагунах, где соленость воды относительно низка. Тем не менее в большинстве случаев культивирование различных объектов проводится в воде той же солености, в которой данный вид обычно встречается в природе.

Как правило, с увеличением солености воды уход за оборудованием на предприятии усложняется, так как соленая вода обладает высокой коррозионной активностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Allanson, B., and R. G. Noble. 1964. The tolerance of *Tilapia mossambica* Peters to high temperatures. *Trans. Am. Fish. Soc.* 94: 323—332.
- Allen, K. O., and J. Avault, Jr. 1969. Effects of salinity on growth and survival of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 23: 319—323.
- American Fishereis Society. 1970. A list of common and scientific names of fishes. American Fisheries Society Special Publication No. 6. American Fisheries Society, Washington, D. C. 150 p.
- Avault, J. W., Jr. and E. W. Shell. 1968. Preliminary studies with the hybrid tilapia *Tilapia nilotica* × *Tilapia mossambica*. *PAO Fish. Rep.* 44: 237—242.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture*. Wiley-Interscience, New York. 868 p.
- Brown, E. E. 1977. *World fish farming culture and economics*. Avi, Westport, Conn. 397 p.
- Buck, D. H., R. J. Baur, and C. R. Rose. 1978. Utilization of swine manure in a polyculture of Asian and North American fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 216—222.
- Chervinsky, J. 1961. Study of the growth of *Tilapia galilaea* (Artemis) in various saline conditions. *Bamidgeh.* 13: 71—74.
- Chervinsky, J. 1966. Growth of *Tilapia aurea* in brackish water ponds. *Bamidgeh.* 18: 81—83.
- Chervinsky, J., and A. Yashouv. 1971. Preliminary experiments on the growth of *Tilapia aurea* Steindachner (Pisces, Cichlidae), in saltwater ponds. *Bamidgeh.* 23: 125—129.
- Chervinsky, J. and M. Zorn. 1974. Note on the growth of *Tilapia zilli* (Gervais) in sea water ponds. *Aquaculture*, 4: 249—255.
- Chimits, P. 1957. The tilapias and their culture. A second review and bibliography. *FAO Fish. Bull.* 10: 1—24.
- Colle, D. E., J. V. Shireman, and R. W. Rottman. 1978. Food selection by grass carp fingerlings in a vegetated pond. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 149—152.
- Finch, R. 1969. The U. S. fish protein concentrate program. *Comm. Fish. Rev.*, January: 25—30.
- Gleastine, B. W. 1974. A study of the cichlid *Tilapia aurea* (Steindachner) in a thermally modified Texas reservoir. M. S. thesis. Texas A & M University, College Station. 258 p.
- Guillory, V., and R. D. Gasaway. 1978. Zoogeography of the grass carp in the United States. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 105—112.
- Hickling, C. F. 1963. The cultivation of *Tilapia*. *Sci. Am.* 208. 143—152.
- Howard Community College and Foundation for Self-Sufficiency, Inc. 1977. *Essays on food and energy*. Foundation for Self-Sufficiency, Inc., Catonsville, Md., 184 p.

- Idyll, C. P. 1970. The sea against hunger. Crowell, New York. 221 p.
- Kilgen R. H., and R. O. Smitherman. 1971. Food habits of the white amur stocked in ponds alone and in combination with other species. *Prog. Fish-Cult.* 33: 123—127.
- Lembi C. A., B. G. Ritenour, E. M. Iverson, and E. C. Forss. 1978. The effects of vegetation removal by grass carp on water chemistry and phytoplankton in Indiana ponds. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 161—171.
- Lin, S. 1935. Life history of Waan Ue (*Ctenopharyngodon idella* (Cuv. and Val.)). *Lingnan Sci. J.* 14: 129—135.
- Ling, S. W. 1974. Keynote address. *Proc. World Maricult. Soc.* 5: 19—25.
- McBay, L. G. 1961. The biology of *Tilapia nilotica* Linnaeus. *Proc. Southeast Assoc. Game Fish Comm.* 15: 208—218.
- National Academy of Sciences. 1978. *Aquaculture in the United States. Report to the Senate Committee on Agriculture, Nutrition, and Forestry.* Washington. D. C. 93 p.
- Perry, W. G., Jr. 1967. Distribution and relative abundance of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, and channel catfish, *Ictalurus punctatus*, with relation to salinity. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 21: 436—444.
- Perry, W. G. Jr., and J. W. Avault, Jr. 1968. Preliminary experiments on the culture of blue, channel, and white catfish in brackish water ponds. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 22: 397—406.
- Ryther J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science.* 166: 72—76.
- San-Dun, G. 1975. Fish biology in China. *Copeia*, 1975; 404—412.
- Stanley, J. G., W. W. Miley I. I., and D. L. Sutton. 1978. Reproductive requirements and likelihood for naturalization of escaped grass carp in the United States. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 119—128.
- Stickney, R. R. 1978. The polyculture alternative in aquatic food production. In P. N. Kaul (ed.), *Drugs and food from the sea, myth or reality?* University of Oklahoma Press, Norman, pp. 385—392.
- Stickney, R. R., and J. H. Hesby. 1978. *Tilapia culture in ponds receiving swine waste.* In R. O. Smitherman, W. L. Shelton, and J. H. Grover (Eds.), *Culture of exotic fishes symposium proceedings.* Fish Culture Section, American Fisheries Society, Auburn, Ala., pp. 90—101.
- Stickney, R. R., and B. A. Simco. 1971. Salinity tolerance of catfish hybrids. *Trans. Am. Fish Soc.* 100: 790—792.
- Stott, B., and T. O. Robson. 1970. Efficiency of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) in controlling submerged water weeds. *Nature*, 226: 870.
- Swingle, H. S. 1957. Preliminary results on the commercial production of channel catfish in ponds. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 10: 160—162.
- Swingle, H. S. 1958. Experiments on growing fingerling channel catfish to marketable size in ponds. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 12: 63—72.
- Trewavas, E. 1973. On the cichlid fishes of the genus *Pelmatochromis* with proposal of a new genus for *P. congicus*; in the relationship between *Pelmatochromis* and *Tilapia* and the recognition of *Sarotherodon* as a distinct genus. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zool.* 25: 1—26.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Hickling, C. F. 1971. *Fish culture.* Faber & Faber, London. 317 p.
- McNeil W. H. (Ed.). 1970. *Marine aquaculture.* Oregon State University Press, Corvallis, 107 p.
- Meyer, F. P., K. E. Sneed, and P. T. Eschmeyer (Eds.). 1973. *Second Report to the fish farmers U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Resource Publication 113.* 123 p.
- Pillay, T. V. R. (Ed.). 1972. *Coastal aquaculture in the Indo-Pacific region.* Fishing News (Books), London. 497 p.

ВОДНЫЕ СИСТЕМЫ

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Выбор подходящего типа водной системы для любого предприятия по разведению водных организмов является решающим фактором для получения максимальной продукции и рационального использования имеющегося земельного участка и источника водоснабжения.

Водные системы могут быть различных типов, но их конструкция должна обеспечивать максимально благоприятные условия для содержания культивируемых организмов с учетом экономических факторов. Основным принципом аквакультуры, который относится ко всем аспектам любого способа культивирования, является создание таких условий, в которых культивируемые организмы не испытывают действия стресса. Это условие относится прежде всего к водной системе.

Культивирование водных организмов может осуществляться в проточной или непроточной воде. Одной из наиболее распространенных систем для культивирования организмов в непроточной воде являются пруды. К системам культивирования с проточной водой относятся бассейны, каналы, силосные емкости и садки. В непроточных системах должны быть предусмотрены устройства для подачи и отвода воды при заполнении и осушении пруда. Источник водоснабжения должен восполнять потери на испарение и просачивание, а также обеспечивать поддержание требуемого качества воды. В проточных системах вода постоянно подается в выростные емкости и вытекает из них, хотя скорость водообмена (т. е. время, необходимое для замены всего количества воды) может значительно различаться в разных системах.

Проточные системы культивирования могут быть открытыми или замкнутыми. В открытых системах вода, выходящая из емкости, больше в нее не возвращается, в то время как в замкнутых системах воду используют многократно, пропуская ее через устройство или серию устройств, в которых ее качество восстанавливается. Кроме того, существуют полужамкнутые системы, в которых часть воды циркулирует, а часть ежедневно заменяется.

Как правило, в непроточных водных системах осуществляется экстенсивное культивирование, а в проточных — интенсивное. При

прудовом разведении канального сомика можно ежегодно получать 3000 кг/га или более, в то время как некоторые типы открытых или замкнутых проточных систем могут давать 10^6 кг/га. Эта цифра, однако, не совсем точна, так как она основана, скорее, на доступной площади водной поверхности, чем на объеме. В открытых и замкнутых проточных системах общий объем воды за период выращивания животных значительно превышает объем воды, содержащейся в любой данный момент времени в емкости для культивирования. В любом случае потребности в жизненном пространстве при экстенсивном культивировании значительно превышают потребности в нем при интенсивном выращивании (при одинаковом количестве конечной продукции).

Необходимо помнить, что интенсивные системы культивирования требуют повышенных капиталовложений. Кроме того, чем интенсивнее система, тем выше ее потребности в энергии и затраты на обслуживание. Еще в 70-х годах сохранялась тенденция к усложнению систем культивирования и ведению высокоинтенсивного хозяйства. Каждая новая система требовала больше энергии, чем предшествующая. Современные высокие цены на все виды энергии заставили многих вновь вернуться к прудовому рыбоводству.

Это не означает, что интенсивные системы культивирования не должны впредь разрабатываться. В некоторых случаях интенсивные системы культивирования можно эксплуатировать без больших затрат (например, на теплых отработанных водах электростанций, геотермальных водах или теплых водах из артезианских скважин). Проточные бассейны и каналы, как правило, необходимы при проведении исследовательских работ по аквакультуре, поскольку экспериментальные условия в прудах труднопроизводимы.

В некоторых случаях замкнутые циркуляционные водные системы являются единственно экономически выгодными для предприятий по разведению водных организмов. Например, в некоторых городских районах может существовать благоприятный рынок сбыта для определенных водных объектов, но земельные участки стоят слишком дорого. Замкнутая система может быть построена практически в любом помещении типа склада. Если городской район расположен в такой климатической зоне, где период роста водных животных ограничен, устройство выростных емкостей в помещении может растянуть сезон выращивания до 12 мес. Такая интенсивная система может оказаться экономически выгодной в том случае, если более традиционные хозяйства для выращивания данного объекта расположены так далеко, что стоимость транспортировки продукции составит значительную часть ее рыночной цены. Затраты на транспортировку животных, выращенных в городской черте в замкнутой системе, будут минимальными даже если другие расходы на культивирование будут выше, чем при традиционных и менее интенсивных способах выращивания.

Ниже в этой главе рассмотрены источники воды и различные водные системы. Поскольку одна или несколько особенностей системы могут быть использованы при создании другой, каждая особенность рассматривается подробно. В дальнейшем эта особенность может быть упомянута, но уже без подробностей. Общие принципы создания систем излагаются здесь не столько для описания конкретных систем, сколько с целью оказания практической помощи при выборе систем в конкретных климатических, экономических и других условиях.

ИСТОЧНИКИ ВОДЫ И ЕЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

Источник воды имеет решающее значение для эффективности любого предприятия аквакультуры. В некоторых системах после первоначального заполнения водой требуются лишь незначительные ее количества, что является большим преимуществом. К таким системам относятся, например, гидроизолированные пруды в районах с невысоким испарением и замкнутые системы с циркуляцией. Однако вся вода, добавляемая в систему культивирования, должна быть соответствующего качества, чтобы культивируемые организмы не оказались в состоянии стресса.

В некоторых случаях имеется несколько источников водоснабжения, в других выбор весьма ограничен. Если существует единственный источник водоснабжения, необходимо действовать с учетом имеющихся ограничений по количеству, качеству и т. д. Например, в системах культивирования часто приходится использовать городскую воду. Поскольку дозы хлора, вносимые в питьевую воду, смертельны для многих водных организмов, ее необходимо пропускать через фильтр с активным углем или обрабатывать сульфитом натрия для удаления хлора до подачи воды в систему культивирования. В замкнутых системах оба эти процесса не вызывают трудностей или больших дополнительных затрат, зато в открытых или крупных непроточных системах фильтрация — процесс очень трудоемкий и дорогостоящий.

ВОДА ИЗ СКВАЖИН

Многие хозяйства аквакультуры расположены в районах с большими запасами грунтовых вод, хотя развитие промышленности и ирригации значительно сократило эти запасы. В районах, богатых грунтовыми водами, воду различного качества и количества можно получать с разных горизонтов. Потенциальные расходы и качество воды можно определить по разрезам скважин в районе предполагаемого строительства.

Перед тем как приступать к бурению скважины, необходимо точно определить максимальную потребность в воде (в л/мин). Хотя стоимость бурения с увеличением диаметра скважины воз-

растает, недостаток воды впоследствии может привести к потере всей продукции. Во многих случаях, когда качество воды становится неудовлетворительным, требуется добавление больших количеств свежей воды, иначе большая часть культивируемых животных может погибнуть. Скважина, рассчитанная на несколько больший, чем необходимо в настоящее время, расход воды, позволит в будущем расширить существующее предприятие. Кроме того, выгоднее пробурить одну скважину большого диаметра, чем две малого диаметра с одинаковым расходом.

Конкретные потребности в воде зависят от типа системы и культивируемых видов. Как правило, воды должно быть достаточно для того, чтобы заполнить индивидуальный пруд за неделю, а лучше за 24—48 ч. Если в хозяйстве много прудов, продолжительность их заполнения не должна превышать 3—4 нед. Если эти требования удовлетворяются, запас воды окажется достаточным и в экстренных случаях, возникающих в процессе выращивания, поскольку после заполнения в непрерывной подаче больших количеств воды нет необходимости.

В открытых системах воды должно быть достаточно для замены ее несколько раз в день. В зависимости от плотности и видов культивируемых организмов могут потребоваться одна или две смены воды в час. Таким образом, вода необходима 24 ч в день, семь дней в неделю в течение всего сезона выращивания. Скважины, дающие воду для таких систем, должны обеспечивать дополнительный расход на случай механических повреждений, а также если биомасса в емкостях для культивирования превысит возможности системы для поддержания требуемого качества воды при стандартном расходе.

Большинство скважин крепится обсадными трубами, предотвращающими поступление воды с других горизонтов, где качество воды ниже, и посторонних включений. Насосы и трубопроводы, применяемые в хозяйствах аквакультуры, подробно описаны в книге Уитона (1977). В большинстве случаев требуемый расход составляет, по крайней мере, 1000 л/мин даже для небольшого хозяйства аквакультуры. Крупные хозяйства требуют значительно более высоких расходов.

В некоторых районах страны, особенно с развитыми сельским хозяйством и промышленностью, неглубокие скважины могут давать воду, загрязненную поверхностными стоками, содержащими фекалии, пестициды, биогенные элементы и другие химические вещества, хотя содержание кислорода в воде может быть высоким. Вместе с тем вода из глубоких скважин часто свободна от загрязняющих веществ, но содержит недостаточно кислорода. На глубине, превышающей несколько сотен метров, температура воды часто повышенная, что можно с успехом использовать при культивировании водных организмов. Однако при определении экономической эффективности использования воды повышенной температуры необходимо учитывать дополнительные расходы, связанные с бурением более глубокой скважины. В некоторых

районах, например в прибрежных участках юго-восточной части США, вода из глубоких скважин может оказаться слишком теплой для аквакультуры и ее придется охлаждать перед использованием. Даже более глубокие скважины (около 700 м) в прибрежных районах штатов Южная Каролина и Джорджия могут давать воду, по содержанию соли пригодную для мариккультуры.

В некоторых районах могут быть пробурены и мелкие скважины соленой воды. В Западном Техасе, в районе р. Пекос, соленые воды расположены прямо под поверхностью в количествах, достаточных для обеспечения водой крупного предприятия по разведению водных организмов. Соленость такой воды, как правило, составляет менее $\frac{1}{4}$ океанической, но в ней можно выращивать некоторых эвригалинных и многих пресноводных организмов. Если в районе предполагаемого строительства имеется именно такая вода, в ней необходимо определять относительное содержание различных солей и сравнивать его с морской водой. Необходимо выполнять также и другие стандартные химические анализы, чтобы убедиться, что вода действительно пригодна для культивирования водных организмов. По-видимому, самый лучший способ проверки пригодности воды для аквакультуры заключается в опытном выращивании небольшого числа предназначенных для культивирования животных. Если предполагается также и разведение животных, необходимо провести дополнительные опыты для определения пригодности воды в течение сезона размножения.

Не все глубокие скважины свободны от загрязнений, связанных, по-видимому, с поверхностными смывами. При обследовании трех скважин (две существовали уже несколько десятилетий, а одна была пробурена в 1977 г.), которые выходят на уровень грунтовых вод на глубине 500 м в пойме р. Бразос в восточной части центрального Техаса, содержание аммиака* в каждой из них составляло 2 мг/л, хотя в воде из глубоких скважин аммиака вообще не должно быть. Происхождение аммиака осталось невыясненным, но было высказано предположение, что грунтовые воды имели выходы на поверхность вблизи города, расположенного в нескольких километрах от скважины, и загрязнение происходило именно в этих местах. Загрязнение глубоких скважин поверхностными смывами может происходить также, если скважина неправильно закрыта или в закрытии имеются дефекты. Поверхностное загрязнение особенно опасно в районах с пористым грунтом.

В последнее время все острее становится проблема понижения уровня грунтовых вод в результате возрастающей потребности в воде. По мере понижения уровня грунтовых вод в каком-то одном районе скважины начинают пересыхать и требуются более глубокие скважины для добычи воды. В конце концов водоносный слой может оказаться неспособным удовлетворить потребности

* Автор везде употребляет термин аммиак, хотя известно, что в воде преобладают ионы аммония. Правильнее называть аммиак в водном растворе аммонийным азотом.— *Прим. ред.*

всех водопользователей, и потребители, которым вода необходима постоянно или часто и в больших количествах, вынуждены отказываться от скважин. Затраты на бурение новой, более глубокой скважины или поиск других источников воды могут стать препятствием на пути создания предприятий аквакультуры. В некоторых случаях (особенно в штате Арканзас) владельцы хозяйств по разведению сомика-кошки вынуждены были ликвидировать свои предприятия и перенести их в штаты с более надежными источниками водоснабжения (например, в штат Луизиана). В прибрежных районах понижение уровня грунтовых вод может привести к засолению воды. Если подземные воды изымаются и не восстанавливаются, возможно также оседание грунта.

В хозяйствах аквакультуры часто используются поверхностные источники соленой воды, хотя воду отличного качества можно получать и из неглубоких скважин. Если качество поверхностной воды низкое (значительное загрязнение, высокая мутность, повышенная соленость), проблему может решить неглубокая скважина, дающая соленую воду. Такие скважины могут быть пробурены прямо под поверхностными водами или на участке земли, примыкающем к источнику поверхностной соленой воды. Устья многих прибрежных рек, марши и пляжи имеют под собой песчаные «линзы», через которые проникает поверхностная вода и которую можно откачивать. Часто такие песчаные «линзы» способствуют очищению воды от загрязнителей и обеспечивают более стабильную соленость, чем у поверхностных вод.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДЫ

В форелевых хозяйствах в качестве источников воды часто используются горные ручьи или ключи, которые дают воду высокого качества для использования в выростных каналах и инкубационных цехах. Обычно отработанную воду возвращают в ручей в месте, расположенном несколько ниже того, откуда ее забирали. К сожалению, тепловодные хозяйства редко бывают расположены в таких районах, где имеется в больших количествах чистая незагрязненная вода из ручьев и ключей да еще и требуемой температуры. Вода горных ручьев и ключей слишком холодна, чтобы обеспечить быстрый рост теплолюбивых видов, и в большинстве случаев поверхностные воды, доступные в подходящих по климату районах США, должны подвергаться той или иной обработке для использования в хозяйствах аквакультуры. Тем не менее во многих хозяйствах поверхностные воды — единственный источник водоснабжения. Иногда дополнительным источником может служить вода из артезианских скважин.

Хозяйства по культивированию канального сомика в основном сосредоточены на юге США, в сельскохозяйственных районах. Если в качестве источника водоснабжения для культивирования рыбы выбраны река или ручей в районах земледелия, необходимо проверить их на загрязненность химикатами, используемыми в

сельском хозяйстве. Эти химикаты могут попадать в естественные водоемы с дождями. Пестициды и гербициды представляют серьезную опасность для культивируемых видов, в то время как избыток удобрений может привести к развитию в водоемах токсичной растительности. В поверхностных водах могут содержаться также различные промышленные и бытовые отходы и остатки несъеденного корма. Поскольку концентрации химических веществ такого типа могут варьировать по сезонам или в зависимости от интенсивности осадения, химический анализ необходимо повторять несколько раз. В качестве загрязнений в поверхностных водах могут содержаться также нежелательные виды и болезнетворные организмы.

Если для водоснабжения хозяйства аквакультуры используются река или ручей, необходимо определять максимальный и минимальный ежегодные стоки, воды должно хватать в течение всего года (Milne, 1976). Водоемы и природные озера, которые обычно являются надежными источниками водоснабжения, в некоторых случаях также могут пересохнуть, либо уровень воды настолько понизится, что оставшуюся воду невозможно будет забирать. Заборные устройства хозяйств аквакультуры должны быть расположены таким образом, чтобы при любом изменении уровня воды доступ к ней не был затруднен.

Озера и водоемы реже используются в качестве источника водоснабжения, чем реки и ручьи, но и такие крупные водоемы можно с успехом использовать в различных системах культивирования. В проточных системах, вода из которых вновь возвращается в источник, отработанную воду желательно отводить в пруд для отстаивания и лишь после этого подавать в циркулирующую систему.

ПОСТОРОННИЕ ВИДЫ И ОБРАСТАНИЕ

При использовании в хозяйствах аквакультуры поверхностных вод чаще, чем при использовании других источников водоснабжения, возникает проблема заражения воды и культивируемых объектов посторонними организмами (патогенными и непатогенными). Болезнетворные организмы и паразиты, присутствующие в поступающей воде, могут проникнуть во все элементы системы и осложнить ее работу. Удалить бактерий, простейших и особенно вирусов из поступающей воды трудно. Непатогенные организмы легче поддаются контролю, тем не менее в некоторых районах непатогенные организмы проникают в емкости для культивирования и конкурируют с выращиваемыми объектами.

В пресных водах различные представители семейства Centrarchidae, например ушастый окунь, обычно присутствуют среди культивируемых видов. Мелкие карпы, буффало, сельдь-доросомма и др. также могут проникать в системы для культивирования, минуя насосы и арматуру. Борьба с ушастыми окунями и другими нежелательными рыбами в бассейнах и выростных каналах не

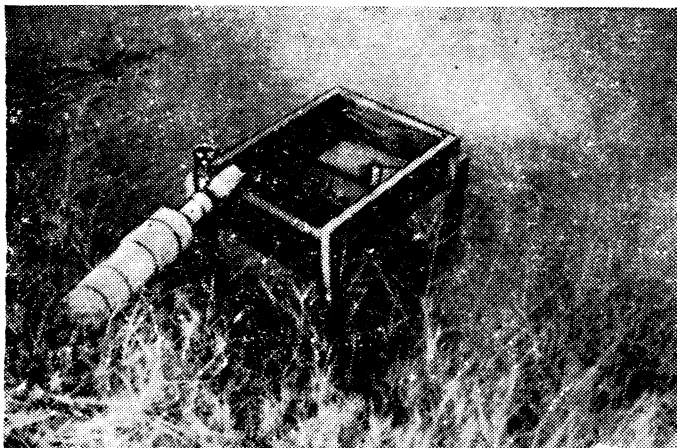


Рис. 2.1. Простой деревянный ящик, дно которого затянуто нейлоновой или металлической сеткой, можно использовать для фильтрации поступающей в пруд воды

так трудно, как в прудах. Для предотвращения попадания в систему нежелательных объектов поступающую воду можно пропускать через фильтр из нейлона или мелкую металлическую сетку (рис. 2.1). В противном случае нежелательные организмы быстро начнут расти за счет культивируемых. В системах интенсивного культивирования и в прудах хищников можно удалить с помощью фильтрации, но предотвратить их попадание в садки или отгороженные участки крупных водоемов почти невозможно. В небольших пресноводных озерах и водоемах перед зарыблением садков можно вносить химикаты, токсичные для рыб, но в крупных водоемах это нецелесообразно.

Обрастание может создать серьезную проблему в морских и пресноводных системах культивирования. В обоих случаях арматура трубопроводов зарастает губкой и мшанкой. В соленой воде морские желуди, оболочники и другие животные часто засоряют трубы и настолько плотно заселяют выростные емкости, что качество воды резко ухудшается. Во многих солонатоводных системах культивирования используется сдвоенный трубопровод для подачи воды от источника до выростных емкостей. Вода поступает по одному из трубопроводов, в то время, как второй заполняется пресной водой и выдерживается, с тем чтобы обрастатели погибли. В зависимости от интенсивности обрастания оба трубопровода работают попеременно с интервалами от одной до нескольких недель.

Серьезные трудности создает обрастание при использовании проволочных ограждений и садков в морской воде. Различные типы сетных и проволочных материалов, не прошедших предварительную обработку для предотвращения обрастания и гниения от

продолжительного пребывания в соленой воде, могут оказаться значительно поврежденными. Обрастание может быть настолько плотным, что вода вообще перестанет проникать в садки, в результате чего ее качество значительно ухудшится. Кроме того, материал садка может не вынести тяжести обрастателей и порваться. Такие случаи были зарегистрированы во Внутреннем море (Milne, 1976). Исследования, проведенные в Шотландии (Milne, 1976), показали, что с точки зрения устойчивости к обрастанию гальванизированная сварная проволока эффективнее, чем нейлон и полипропилен. Выпускается также сварная проволока с резиновым или пластмассовым покрытием, которая не подвержена коррозии, если покрытие не нарушается. К сожалению, такая проволока плохо предотвращает обрастание. Для уменьшения обрастания применялись материалы с медным покрытием или сплавы с высоким содержанием меди. Проволоку из медных сплавов можно применять для сооружения садков, необходимо только следить, чтобы медь не оказалась токсичной для культивируемых организмов. Проволоку с высоким содержанием меди необходимо тщательно проверять на различных культивируемых видах.

Во многих случаях механическое удаление обрастаний — единственный эффективный метод борьбы с ними. При выращивании в садках это довольно трудно, но выполнимо. Однако если водные организмы культивируются в больших отгороженных участках эстуариев, природных озер или в ручьях, то извлечение таких отгородок из воды для очистки может вызвать потерю значительного числа животных. Выходом из такого положения может быть сооружение сдвоенного ограждения, с тем чтобы оно оставалось на месте, пока другое сушат и чистят. Для очистки ограждений от обрастания можно также использовать водолазов, однако и то, и другое обходится очень дорого.

Садки можно извлекать из воды для очистки с интервалами, зависящими от интенсивности обрастания. Рыб из садка на это время пересаживают в другой садок и помещают в воду. Эту операцию можно совместить с взвешиванием рыбы и регулированием частоты кормления (см. главу 5). Извлеченный из воды садок высушивают в течение нескольких дней, после чего обрастания удаляют жесткой щеткой. Если требуется частая очистка всех садков, целесообразно иметь два комплекта. В пресной воде обрастание не столь значительно, и чистка, если в ней есть необходимость, может быть выполнена между двумя сезонами выращивания.

ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

Одна из наиболее часто встречающихся и трудных проблем, связанных с использованием поверхностной воды в системах аквакультуры, заключается в высоком содержании в ней в отдельных случаях взвешенных веществ (глина, ил, мелкий песок). При высоком содержании этих веществ они осаждаются в прудах и дру-

гих выростных емкостях и со временем могут их даже целиком заполнить. Эти осадки особенно нежелательны в бассейнах и в некоторых случаях могут вызвать гибель животных. Если дно бассейна покрыто каким-либо субстратом (для содержания определенных организмов дно иногда покрывается слоем устричных раковин, песка или гравия), то он задерживает мелкие частицы взвеси и они не выносятся водой. Осадки могут быть причиной гибели некоторых бентосных организмов (см. главу 4).

РАСТВОРЕННЫЕ ГАЗЫ

Содержание кислорода в воде из некоторых источников, особенно скважин, низкое, зато содержание других растворенных газов, в частности углекислого газа и азота, высокое. Воду с низким содержанием кислорода перед использованием необходимо аэрировать. Для этого можно использовать механические аэраторы, описанные ниже, однако разбрызгивание или распыление воды в выростных емкостях также достаточно эффективно.

Если концентрация углекислого газа или азота в воде из скважин высока, она может оказаться токсичной для рыб. Растворимость углекислого газа и азота в воде, как правило, зависит от давления. При атмосферном давлении концентрации этих газов быстро снижаются до безопасных уровней. Аэрация, необходимая при низком содержании в воде кислорода, способствует удалению из нее избытка углекислого газа и азота.

Еще одной проблемой, которая часто возникает при использовании как соленой, так и пресной поверхностной воды, является высокое содержание сероводорода. Сероводород токсичен для водных организмов и обладает специфическим запахом тухлых яиц. Сероводород, если он присутствует, необходимо удалять до того, как вода поступает в выростные емкости. Это осуществляется с помощью аэрации или разбрызгивания воды.

ЖЕЛЕЗО

В воде из артезианских скважин содержание железа часто выше, чем в большинстве поверхностных вод. Даже если содержание железа не вызывает непосредственной гибели культивируемых организмов, оно может быть достаточно высоким, чтобы вызвать коррозию поверхности металлов, находящихся в контакте с водой. Под землей железо, как правило, существует в восстановленном виде. На поверхности в результате взаимодействия с кислородом оно окисляется с образованием гидроксида железа. Разбрызгивание или аэрация воды с высоким содержанием железа значительно ускоряют процесс окисления. Гидроокись железа выпадает в осадок и скапливается на дне. Этот процесс лучше всего проводить в отстойнике, который располагают перед выростными емкостями. Таким образом, содержащий железо осадок не попадает в выростные емкости. Как и в случае с нежелательными

ми газами, содержащимися в артезианской воде, флокуляция гидроокиси железа описанным выше способом способствует также насыщению воды кислородом.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

Удаление из поступающей воды взвешенных веществ и посторонних организмов (за исключением некоторых микроорганизмов) может быть выполнено с помощью механической фильтрации. Особенно широкое распространение получили песчаные и гравийные фильтры, выпускаемые промышленностью. Хорошие результаты дают и диатомовые фильтры, но они засоряются быстрее, чем песчаные и гравийные из-за очень малого размера пор диатомового заполнителя. Если нагрузка на механический фильтр слишком велика, закупоривание ускоряется. Все фильтры требуют периодической обратной промывки. Если необходимость в обратной промывке возникает чаще, чем раз в день, фильтр должен быть заменен фильтром с большей пропускной способностью.

Если в воде содержится очень много глины и мелкого песка, целесообразно перед фильтрацией и подачей воды в выростные емкости пропустить ее через отстойник. Здесь большинство взвешенных веществ осаждается, если воде дать постоять от нескольких минут до нескольких дней. Отстойник должен вмещать недельный запас воды для системы или несколько больше. Под действием ветра осадок может вновь перейти во взвешенное состояние, и это необходимо учитывать при устройстве отстойника. Длинный узкий резервуар, ориентированный по коротким осям в направлении доминирующих ветров, уменьшает возможность ветрового перемешивания.

Вода может проходить через фильтр под действием собственной силы тяжести (рис. 2.2) или пропускаться через него под

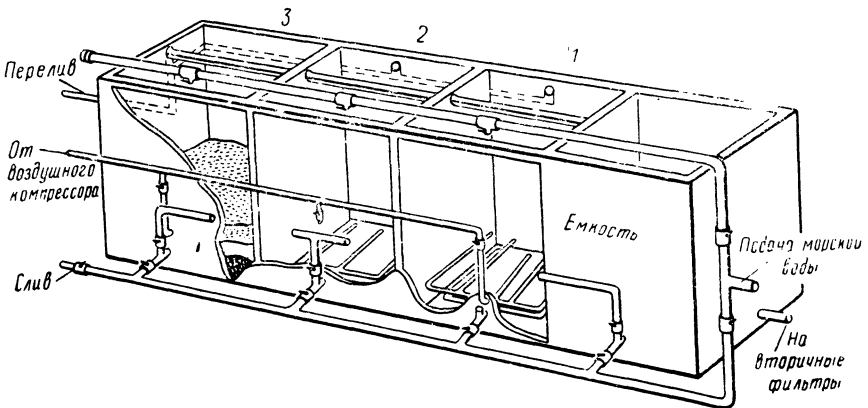


Рис. 2.2. Гравийный самотечный фильтр. Фильтрация происходит в трех отдельных камерах, что позволяет промывать фильтры по очереди без прекращения подачи воды в емкости для культивирования

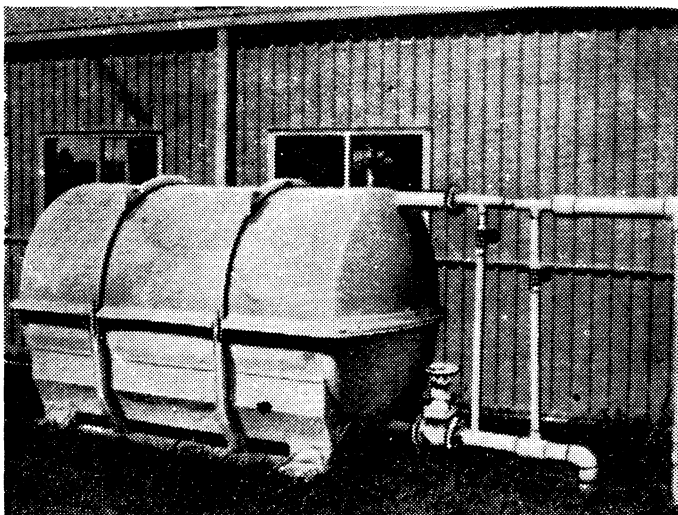


Рис. 2.3. Песчано-гравийный фильтр, работающий под давлением. Вода подается сверху насосом и под давлением перекачивается через наполнитель фильтра. Отфильтрованная вода выходит из нижней части и поступает в камеры для культивирования, расположенные в помещении (на заднем плане). Вертикальная труба (справа) используется для обратной промывки. Промывочная вода подается снизу. Вместе с промывочной водой, которая выходит из верхней части фильтра, из него выводится осадок, промывочная вода с осадком отводится по вертикальной трубе (слева) в сборник.

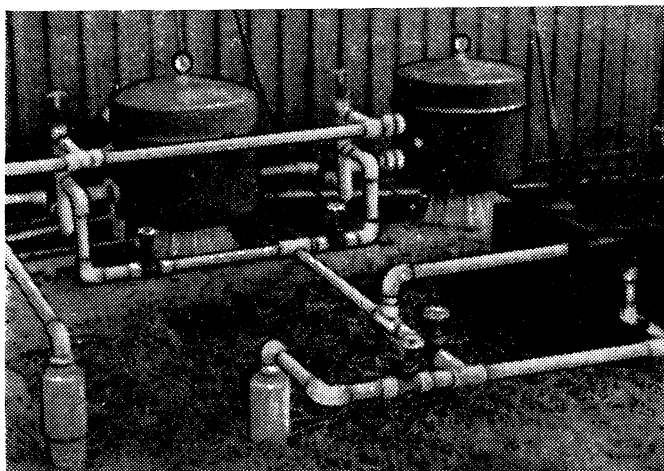


Рис. 2.4. Выпускаемые промышленностью для плавательных бассейнов песчаные фильтры могут использоваться в хозяйствах аквакультуры. Обратная промывка фильтров затруднений не вызывает. Использование двух или более фильтров позволяет производить обратную промывку без прекращения подачи воды в емкости для культивирования, расположенные в помещении (на заднем плане)

давлением (рис. 2.3 и 2.4). Оба способа эффективны, но в первом случае воду необходимо перекачивать дважды, а во втором требуется только один насос. При наличии соответствующей арматуры один и тот же насос можно использовать для подачи воды на фильтр и обратной промывки засорившегося фильтра. С помощью манометров, расположенных в месте поступления воды и после фильтра, по падению давления можно выявить закупорку фильтра.

Очень мелкие частицы могут пройти через песчаный фильтр и затем осесть в выростных емкостях. В прудах это не вызывает осложнений, но в бассейнах и выростных каналах это может вызвать взмучивание воды и нежелательное накопление осадка. В таких случаях можно применять патронные фильтры, способные удалять частицы размером 1 мкм, однако они резко ограничивают расход воды и работают при относительно высоком давлении. Такие фильтры могут быть эффективны при добавлении небольших количеств воды в замкнутые циркуляционные системы культивирования, но непригодны для крупных систем или прудов. Патроны необходимо часто заменять, поскольку они засоряются, что увеличивает эксплуатационные расходы. Эти фильтры применяются в основном в лабораторных условиях и для промышленных хозяйств непрактичны.

ЗАМКНУТЫЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ВОДНЫЕ СИСТЕМЫ

Замкнутые циркуляционные системы используются в основном в экспериментальных целях, а также для выращивания личинок в промышленных или лабораторных условиях. Было предпринято много попыток выращивать в замкнутых системах товарную рыбу, но попытки эти не имели успеха из-за высоких затрат. Однако работа в этом направлении продолжается.

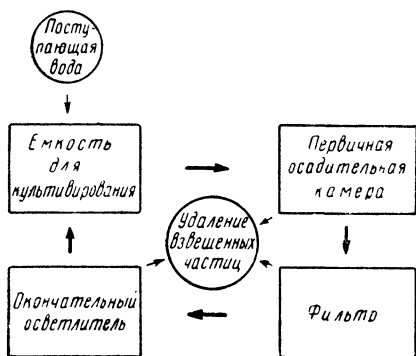


Рис. 2.5. Схема замкнутой циркуляционной системы. По крайней мере, один насос необходим между какими-либо двумя камерами. Между остальными камерами вода проходит самотеком

УСТРОЙСТВО ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ

Многие элементы замкнутых циркуляционных систем присущи только этим системам, другие, например выростные емкости, широко используются также в полузамкнутых и открытых водных системах. Замкнутые системы состоят, как правило, из четырех элементов: выростной емкости, первичного отстойника, биологического фильтра и окончательного осветлителя или вторичного отстойника (рис. 2.5).

Каждый из этих элементов важен для системы, хотя в некоторых конструкциях замкнутых систем один или более из них отсутствуют. Элементы системы могут представлять собой самостоятельные устройства или быть скомбинированы таким образом, что система будет состоять как бы из одного или двух отделений. Каждый элемент может быть очень крупным или относительно небольшим, но каждый должен быть пропорционален остальным, чтобы система могла эффективно работать. Замкнутые системы бывают разных размеров: одни размещаются в кузове грузовика, в других можно выращивать животных массой несколько тысяч килограммов.

ВЫРОСТНЫЕ ЕМКОСТИ

В замкнутых, полузамкнутых и открытых системах аквакультуры обычно используются относительно небольшие круглые бассейны, прямоугольные каналы или силосные емкости. Материал, из которого изготавливаются выростные емкости, зависит от доступности, цены и в некоторых случаях от вида выращиваемых организмов. Наиболее широко распространенные материалы — бетон, дерево, плексиглас, формованные пластмассы и листовый металл (обычно алюминий и нержавеющая сталь и, как правило, только в пресной воде из-за возможной коррозии в морской среде). Размеры емкостей колеблются, хотя диаметр большинства круглых и ширина прямоугольных бассейнов менее 10 м, а глубина редко превышает 1 м. Промышленные бассейны, как правило, больше экспериментальных, диаметр которых может быть меньше 1 м при той же глубине или мельче. Материал, используемый для изготовления емкостей, а также краску или другое вещество, применяемое для покрытия внутренних стенок, необходимо проверять на токсичность.

На рис. 2.6 показана одна из модификаций замкнутой водной системы, которая включает выростные каналы, расположенные под открытым небом, и бассейн-отстойник, в котором происходит очистка воды. Каналы, соединенные последовательно или параллельно, могут быть земляными, бетонными или пластмассовыми прямоугольной формы. Один насос необходим, чтобы подавать воду в канал или группу каналов или забирать ее на выходе из каналов и возвращать в бассейн.

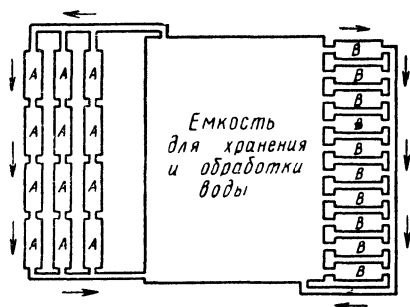


Рис. 2.6. Схема двух типов замкнутых циркуляционных водных систем с каналами и емкостью для хранения и очистки воды. Размеры систем могут быть различными:

А — ряды лотков, вода поступает из одного в другой самотеком в направлении, указанном стрелками; В — каждый лоток получает воду непосредственно из емкости, затем вода циркулирует в направлении, указанном стрелками

По каналам вода движется под действием силы тяжести. Вместимость бассейна должна превышать суммарную вместимость всех каналов, с тем чтобы вода в нем могла находиться, по крайней мере, несколько дней перед поступлением в каналы. В схеме должны быть предусмотрены устройства, предотвращающие попадание культивируемых организмов в бассейн. В большинстве случаев бассейн не заселяют. Исключения возможны, если в бассейне устанавливаются садки или если он многоцелевого назначения.

Если каналы соединены параллельно в секции (см. схему А на рис. 2.6), необходимо следить за качеством воды в нижней части секции. Если каналов в секции слишком много или плотность посадки очень высока, содержание аммиака в воде возрастает, а кислорода снижается, в результате чего в нижней части секции могут возникнуть заморные явления. Для предупреждения такой ситуации общая длина секции каналов не должна превышать 200—300 м.

Выростные емкости, изготовленные из дерева, металла, стекловолокна или пластмассы, могут находиться на открытой площадке, однако лучше размещать их в закрытом помещении, так как при этом легче осуществлять контроль за параметрами окружающей среды, а также предотвращать засорение арматуры и ухудшение качества воды в результате развития водорослей под действием солнечного света. В любом случае каждая емкость для культивирования в типичной замкнутой системе имеет самостоятельный подвод воды, хотя дренажная труба может быть общей для большой группы емкостей.

Круглые бассейны имеют преимущество перед прямоугольными: в них отсутствуют мертвые зоны, которые образуются в углах, где скапливаются продукты обмена и несъеденный корм, что отрицательно отражается на качестве воды. В круглых бассейнах твердые вещества часто собираются в центре, откуда их можно удалить с помощью правильно установленной дренажной трубы. Для предотвращения образования мертвых зон торцы прямоугольных каналов делают закругленными (рис. 2.7).

В прямоугольный канал вода обычно поступает сверху с одного конца и выходит с другого через стояк, оборудованный сливным устройством по типу трубы Вентури. Это сливное устройство (рис. 2.8) особенно целесообразно приме-

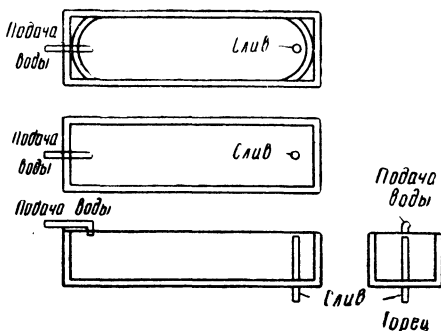
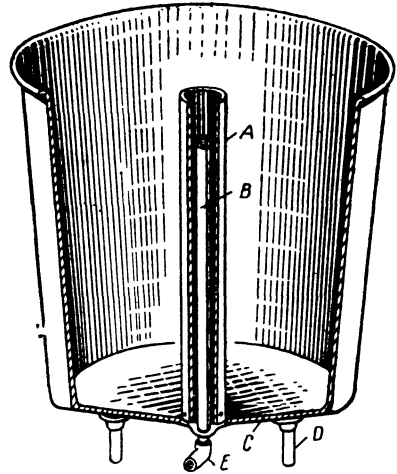


Рис. 2.7. Прямоугольные бассейны с арматурой для подачи и слива воды. Для обеспечения плавного движения воды через бассейн торцы могут быть скруглены, как показано на верхнем рисунке. Все размеры могут варьировать

Рис. 2.8. Круглый бассейн со сливной трубой, выполненной в виде трубки Вентури:

А — внешний стояк с отверстиями или прорезями у дна для сбора отходов; В — внутренний стояк, который регулирует уровень воды, его можно снимать для удаления осадка из бассейна; С — днище бассейна с наклоном в сторону слива; D — ножка, привинченная на фланце к днищу бассейна. В пространстве между днищем и полом уложен сливной трубопровод; E — патрубок, соединяющий центральный стояк со сливным трубопроводом



нять в круглых бассейнах, поскольку фекалии и остатки корма скапливаются между двумя стояками и для их удаления достаточно просто вынуть внутреннюю трубу. Такие бассейны являются, как правило, самоочищающимися и требуют минимального постоянного обслуживания. Другим преимуществом описанного дренажного устройства является способность поддерживать постоянным уровень воды в бассейнах в случае выхода из строя насоса или другого оборудования, что может привести к прекращению подачи воды.

Дренажное устройство особенно эффективно, если в бассейне поддерживается определенная круговая скорость. Для этого вода из трубы подается по касательной к поверхности воды. Для получения желаемых результатов необязательно поддерживать высокую скорость воды (несколько сантиметров в час достаточно). В некоторых случаях круговая скорость способствует созданию потока, по которому культивируемые животные могут ориентироваться или плавать. При разбрызгивании воды и высокой круговой скорости возможно травмирование молоди или личинок. Для предотвращения этого можно уменьшить давление, а требуемый расход поддерживать с помощью регулирующих кранов или подавать воду под поверхность. Для самоочищения бассейна круговую скорость необходимо поддерживать на достаточном уровне. Если от движения воды личинки прижимаются к мелкоячейной сетке, закрывающей сливную трубу, для предотвращения их утечки необходимо создавать очень слабое течение, а дренажные трубы делать с большой площадью поверхности. Сливная система может остаться, но самоочищение ухудшится. Большие участки наружной трубы можно вырезать и заворачивать в газ, через который будет проходить выходящая вода. Вода должна проходить медленно, чтобы личинки не выносились вместе с ней и не застревали на фильтрующей ткани.

Для эффективной работы дренажной системы бассейны или каналы для культивирования должны быть небольшими. Для более крупных бассейнов диаметр сливной трубы можно увеличи-

вать, но не безгранично. Наружные стояки диаметром более 30 см применяются редко, а диаметр внутренней трубы, как правило, не превышает 10 см. Диаметр внутренней трубы должен, разумеется, соответствовать предполагаемому максимальному расходу. Бассейны диаметром свыше 20 м, по-видимому, непрактичны. Точно так же прямоугольные каналы не должны быть слишком длинными, чтобы качество воды не могло значительно ухудшаться между участками подачи и отведения воды. Каналы, расположенные в помещении, обычно имеют ширину 3—5 м и длину 25—50 м. Большинство значительно меньше.

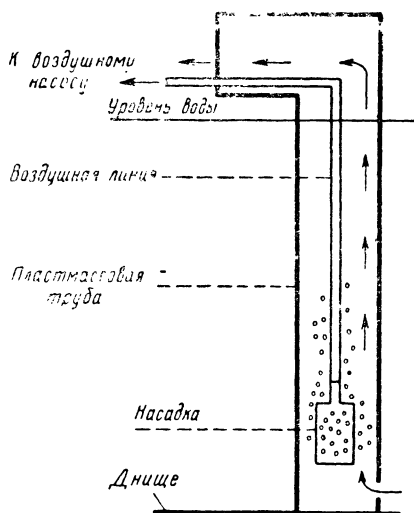
Конструкция выростных бассейнов должна обеспечивать их быстрый спуск и заполнение во время облова и зарыбления. Эти процессы ускоряются при очень больших диаметрах подводящего и сливного трубопроводов. Во время обычной работы подводящая линия должна быть оборудована устройствами для уменьшения расхода воды по сравнению с тем, который требуется при заполнении, когда он может быть максимальным. Для регулирования расхода поступающей воды применяются различные устройства.

Устройства для регулирования расхода выпускаются промышленностью, при желании их можно изготовить на месте. В крупных бассейнах эффективное регулирование расхода может быть достигнуто путем уменьшения диаметра подающей трубы непосредственно перед входом в выростные емкости. В сочетании с соответствующим давлением получается струйное движение, которое способствует аэрации емкости. Другим способом регулирования расхода является использование задвижек, хотя при этом струйный эффект несколько уменьшается. Промышленные регуляторы расхода часто основаны на принципе продавливания воды через сужение. При этом создается струйный эффект, способствующий аэрации.

Прямоугольные бассейны или каналы, даже оборудованные описанной выше дренажной системой, чаще нуждаются в очистке, чем круглые, поскольку большая часть оседающих на дно отходов не выносятся к сливному отверстию, за исключением тех случаев, когда скорость потока очень высока. Для поддержания требуемого качества воды в таких бассейнах может потребоваться очистка с помощью сифона. Единственное преимущество прямоугольных бассейнов — эффективное использование полезной площади.

При выращивании личинок, а также молодых и взрослых особей с небольшой плотностью посадки их можно выдерживать в течение некоторого времени в прямоугольном бассейне без проточности или с небольшой проточностью. В таких случаях для создания небольшой циркуляции можно использовать эрлифт (рис. 2.9). Эрлифты, расположенные с определенными интервалами по периметру бассейна, обеспечивают медленную циркуляцию и исключают возможность образования застойных зон, в которых качество воды может значительно ухудшаться. Помимо

Рис. 2.9. Схема эрлифта. Вода выно-сится в направлении, указанном стрел-ками, пузырьками воздуха, поднимаю-щимися по пластмассовой трубе (обыч-но диаметр трубы не превышает 2—5 см). Скорость протекающей воды можно регулировать, опуская или под-нимая насадку



циркуляции эрлифты обеспечи-вают насыщение воды кислоро-дом. Устройство и работа воз-душных насосов рассмотрены ниже.

В полупромышленных систе-мах культивирования некоторых объектов и прежде всего форели были испытаны специализиро-ванные бассейны — силосные ем-кости (рис. 2.10). Из-за значи-тельного объема воды по сравнению с обычными бассейнами та-кого же диаметра для поддержания хорошего качества воды в си-лосных емкостях может потребоваться быстрая промывка. Такие емкости более всего подходят для содержания пелагических ви-дов рыб, поскольку площадь дна для культивирования донных видов рыб мала по сравнению с вместимостью. Применение си-лосных емкостей позволяет значительно увеличить объем воды, когда площадь поверхности ограничена, а высота не лимитиро-вана. Высота силосных емкостей часто достигает нескольких мет-ров, их можно сооружать как на открытом воздухе, так и в по-мещении.

Для поддержания качества воды в случае выхода из строя на-соса воду следует подавать в нижнюю часть емкости, а отводить из верхней (на линии подачи воды должен быть установлен одно-проходный вентиль для предотвращения вытекания по ней воды при уменьшении давления).

Воду можно спускать с помощью вертикальной сливной тру-бы, но ее трудно обслуживать в высокой емкости. При этом сле-дует предусмотреть второй, донный водовыпуск, чтобы силосную емкость можно было опорожнить, не извлекая вертикальной тру-бы. В такой емкости требуется дополнительная аэрация. Воздух необходимо подавать на разных уровнях, чтобы обеспечить его равномерное распределение.

Сбор «урожая» в силосных емкостях может быть несколько за-труднен из-за их глубины. Для облегчения этой операции в ниж-ней части емкости можно устроить специальную ловушку. Основ-ная проблема при использовании силосных емкостей для культи-вирования заключается в поддержании качества воды, особенно если емкость включена в замкнутую систему циркуляции. В не-замкнутой системе силосная емкость представляет собой просто

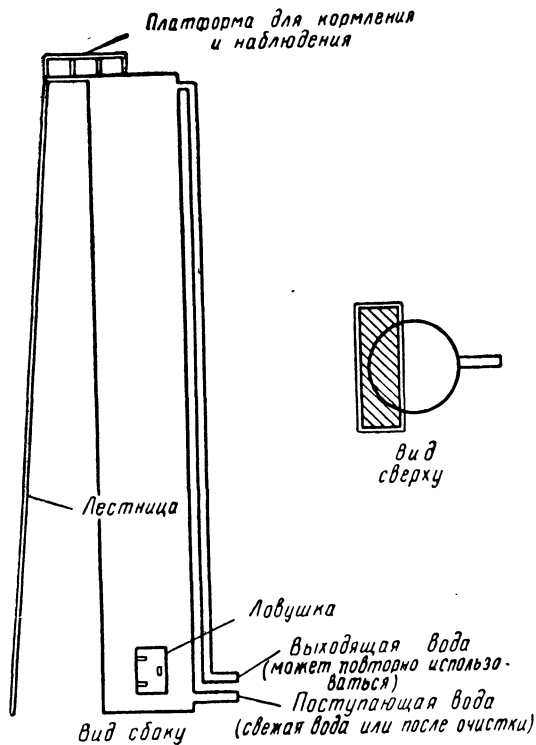


Рис. 2.10. Схема силосной емкости для культивирования пелагических рыб. Размеры могут варьировать

вертикальный резервуар и не имеет определенных преимуществ, если горизонтальная площадь не лимитирована. Применение силосных емкостей при выращивании форели рассмотрено в работе Басса (Buss et al., 1970).

Каждая замкнутая водная система может включать одну или несколько выростных емкостей наряду с тремя другими основными элементами системы. Выпускные патрубки нескольких бассейнов могут быть объединены в общую спускную систему. Сточная вода может пропускаться через фильтры грубой и тонкой очистки и биофильтры перед повторной подачей в бассейны. В таких системах каждый элемент системы очистки должен по своей пропускной способности соответствовать суммарному объему всех выростных емкостей. Преимущества крупных фильтров грубой и тонкой очистки и биофильтров заключаются в экономии площади, особенно внутри помещений, сокращении числа обратных промывок и обводных линий. В общем случае стоимость строительства нескольких крупных емкостей меньше стоимости сооружения нескольких мелких с одинаковым суммарным объемом.

Когда вода из нескольких выростных емкостей забирается для очистки, выход из строя оборудования может привести к потере всех особей в системе. Прекращение подачи энергии может вызвать серьезные последствия для любой замкнутой системы, однако выход из строя одного насоса или аэратора не будет иметь столь опасных последствий, если каждая выростная емкость будет оборудована собственными механическими устройствами, а не общими для нескольких емкостей.

В крупной водной системе заболевания быстро распространяются по разным бассейнам, но этот процесс может быть предотвращен или ограничен, если каждый бассейн имеет собственную систему очистки сточных вод. В замкнутой системе лечебные мероприятия часто приводят к уничтожению полезных бактерий, что вызывает ухудшение качества воды, и увеличению стресса, испытываемого рыбами.

При проведении исследований часто нежелательно смешивать сточную воду из различных бассейнов. Если целью экспериментов является сравнительное изучение содержания в воде различных химических веществ или показателей ее качества (например, температура, содержание растворенного кислорода, аммиака, соленость), смешивание воды после обработки делает нецелесообразным последующее восстановление ее качества. В экспериментах по кормлению часто используются рационы с различным содержанием определенного компонента для определения потребности животного в этом ингредиенте. Если стоки из различных бассейнов перед обработкой объединяются, а затем снова подаются в выростные емкости, испытуемый компонент рациона может раствориться в воде. В таком случае этот ингредиент может оказаться даже в тех бассейнах, где его не должно быть. Для предотвращения этого каждая выростная емкость должна иметь собственную систему очистки.

ПЕРВИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК

В большинстве замкнутых систем аквакультуры выходящая из бассейна вода сразу поступает в первичный отстойник. Вода должна поступать в отстойник и выходить из него вблизи поверхности, чтобы уже осевшие примеси не попали снова в воду. Впускное и выпускное отверстия должны отстоять как можно дальше одно от другого, чтобы обеспечить максимальное время пребывания воды в отстойнике.

Вместимость отстойника должна быть достаточной для того, чтобы значительно уменьшить скорость поступающей в нее воды. С уменьшением скорости начинается выпадение взвешенных веществ. В дне отстойника устроен сливной патрубок для удаления взвеси и слива жидкости, если это необходимо.

Осаждение взвешенного вещества — очень важный процесс, поскольку он уменьшает нагрузку на фильтр системы. В некоторых конструкциях систем первичный отстойник исключен или выпол-

нен заодно с биологическим фильтром. Осадок, собранный в отстойнике или каким-либо другим способом, например путем механической фильтрации, может быть использован как органическое удобрение. В типичных замкнутых системах циркуляции осадок состоит в основном из фекалий, остатков корма и отмерших бактерий.

БИОФИЛЬТРЫ

В экспериментальных замкнутых системах циркуляции были испытаны механические фильтры, но забивание фильтров и связанная с этим низкая эффективность фильтрации могут вызвать значительное ухудшение качества воды. Механические фильтры могут стать анаэробными и превратиться в источник токсичных веществ. Правильно отрегулированный механический фильтр действительно эффективно задерживает взвешенные вещества, но не в состоянии удалять растворенные продукты обмена. Удаление таких веществ — главная задача биологических фильтров, или, как их называют, биофильтров.

Основная цель биологической фильтрации — нитрификация аммонийного азота, выделяемого почками и жабрами водных организмов. Бактерии, которые осуществляют этот процесс, и его отдельные стадии рассмотрены в главе 3. Чтобы биологический фильтр эффективно удалял продукты обмена из замкнутой системы, необходимо поддерживать аэробные условия. Если биофильтр становится анаэробным, будет дополнительно выделяться аммиак, нитрификация прекратится и вода может стать непригодной для культивируемых организмов. Для поддержания аэробных условий воду, поступающую в биофильтр, насыщают воздухом или его пропускают через сам биофильтр.

Биофильтры можно устанавливать в помещении или на открытом воздухе, но его внутренняя часть должна быть закрыта от солнца или яркого искусственного света для предотвращения развития нежелательных водорослей. Развитие водорослей может привести к закупориванию фильтра; а если среди водорослей присутствуют синезеленые, могут появиться нежелательные запахи или вода просто может стать токсичной из-за выделяемых этими водорослями продуктов обмена (см. главу 5).

В аквакультуре получили распространение следующие типы биофильтров: капельные, погружные, вертикальные и с вращающимся диском.

Капельные биофильтры. Вода поступает в капельные фильтры сверху и под действием силы тяжести проходит через него с такой скоростью, что она не покрывает наполнитель, хотя все внутренние части фильтра остаются постоянно смоченными. На городских станциях очистки сточных вод часто применяются биофильтры с гравийным наполнителем. Эти установки гораздо крупнее тех, которые применяются в экспериментах, за исключением одной, которая была смонтирована на городской очистной

станции и превращена в замкнутую циркуляционную систему для выращивания канального сомика (Davis, 1977). Крупные капельные фильтры оборудованы вращающимися устройствами, которые равномерно распределяют воду над наполнителем. В большинстве экспериментальных биофильтров, применяемых в настоящее время, имеются стационарные системы распределения воды. На рис. 2.11 показан небольшой капельный фильтр.

Погружные фильтры. По конструкции погружные биофильтры часто сходны с фильтрами грубой очистки, но в погружных фильтрах имеется еще среда, на которой развиваются бактерии. Вода входит с одного конца фильтра, проходит через наполнитель и выходит с противоположного конца (см. рис. 2.11).

Погружные биофильтры могут быть безнапорными, т. е. вода через них может проходить под действием силы тяжести, напорными, т. е. работать под давлением; в этом случае фильтр закрывают водонепроницаемым кожухом. В напорных фильтрах подводящие и отводящие трубы могут быть расположены на любой высоте, так как перелив здесь исключен. В безнапорной системе трубы располагаются так, как показано на рис. 2.11.

Вертикальные фильтры. Вода поступает в нижнюю часть фильтра, проходит вверх через наполнитель и выходит из верхней части. В вертикальный фильтр может быть встроен фильтр грубой очистки, который располагают ниже уровня по-

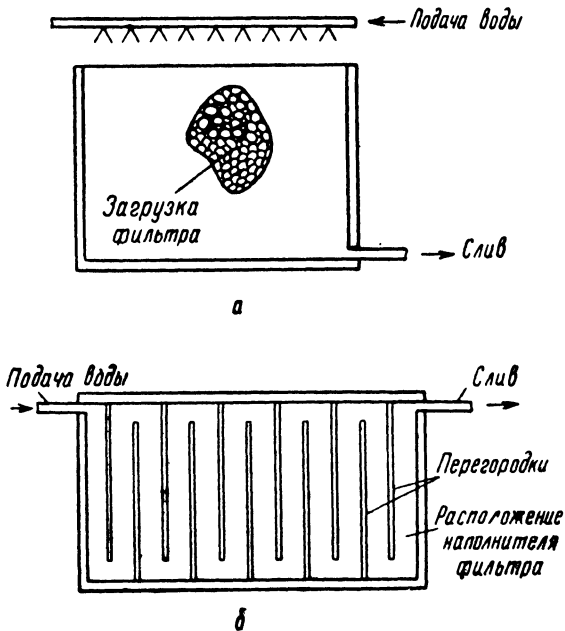


Рис. 2.11. Схемы капельного (а) и погружного (б) биофильтров. Погружной фильтр снабжен водонепроницаемой крышкой и перегородками

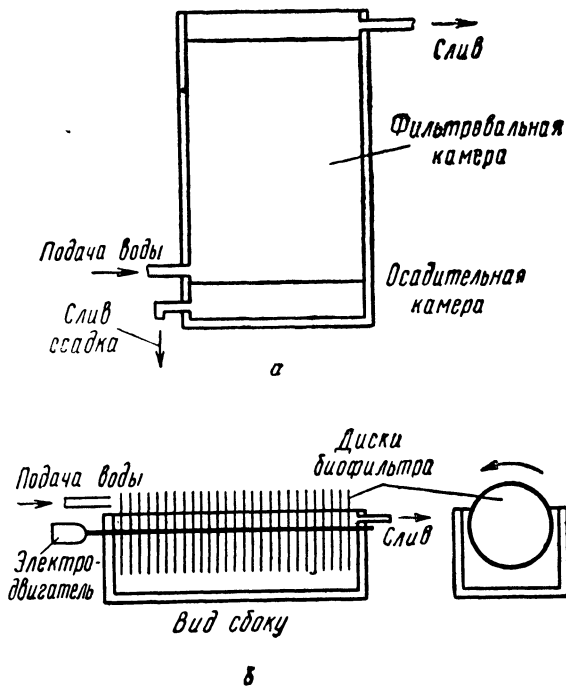


Рис. 2.12. Схемы биофильтров:
 а — вертикального; б — с вращающимися дисками

ступления воды (рис. 2.12). Во всех биофильтрах наблюдается тенденция к накоплению взвешенного вещества по мере того, как масса бактерий отделяется от стенок и от наполнителя. В связи с этим рекомендуется в днище фильтра устраивать сливной клапан, через который по мере необходимости удаляется накопившийся осадок.

Фильтры с вращающимся диском. Этот биофильтр работает на несколько ином принципе, чем описанные выше. В нем наполнитель перемещается через воду, в то время как в капельных, погружных и вертикальных фильтрах он неподвижен. Фильтр состоит из большого числа круглых вращающихся пластин, насаженных на общую ось. Пластины помещены в лоток, причем часть из них находится в погруженном состоянии, а часть сообщается с атмосферой (см. рис. 2.12). Пластины медленно вращаются (всего несколько оборотов в минуту), на них развиваются бактерии, как и в других типах биофильтров. Попеременное поступление в лоток воды, загрязненной продуктами обмена, и воздуха обеспечивает постоянное снабжение бактерий питательными веществами и кислородом. Эксперименты по оценке эффективности биофильтров с вращающимися дисками в аквакультуре дали положительные результаты (Lewis and Вунак, 1976). Тем не менее три других типа фильтров способны выдержать большую нагрузку и шире применяются в аквакультуре.

Размер биофильтра. Размер биофильтра, необходимый в каждом конкретном случае, зависит от многих факторов. Надежных формул, в которых требуемый размер фильтра являлся бы функцией числа, вида и биомассы животных в выростных емкостях, общего объема воды в системе и расхода, пока не существует, хотя некоторые шаги в этом направлении, касающиеся замкнутых циркуляционных систем, уже сделаны (Parker and Simco, 1973; Davis, 1977). При первоначальном введении в действие замкнутой системы биофильтр начинает работать только после того, как его наполнитель окажется заселенным соответствующими бактериями. На это может потребоваться несколько недель, если фильтр не будет заселен бактериями с ранее работавшего фильтра. Еще один способ ускорения заселения фильтра бактериями — внесение неорганического источника азота, например хлористого аммония.

Общая биомасса организмов в новой замкнутой системе культивирования обычно невелика по отношению к несущей способности системы, поэтому вначале количество продуктов обмена невелико. Для заселения фильтра бактериями может потребоваться несколько дней или даже недель, но микроорганизмы присутствуют в атмосфере и со временем заселяют биофильтр. Поскольку заселение биофильтра микроорганизмами частично зависит от органической нагрузки, в незаселенной или малозаселенной водной системе бактериальная флора будет развиваться медленнее, чем в системе с большей плотностью посадки. Это, однако, не означает, что для новой замкнутой системы культивирования обязательна высокая плотность посадки. В таких условиях наличия продуктов обмена будет достаточно для быстрого заселения биофильтра. Однако, если продукты обмена начнут накапливаться до того, как биофильтр станет работать с максимальной эффективностью, стресс, который будут испытывать при этом животные, может быть очень велик. При низких плотностях культивируемых объектов, хотя заселение бактериями и происходит медленно, количество продуктов обмена часто не успевает достичь критического уровня до того, как биофильтр начнет нормально функционировать.

В начале сезона выращивания требования, предъявляемые к биофильтру, невелики, поскольку биомасса животных в емкостях для культивирования и количество продуктов обмена также невелики. По мере роста культивируемых животных эффективность биофильтра может снизиться настолько, что качество воды, проходящей через него, почти или совсем не улучшается. Качество воды (содержание аммиака и растворенного кислорода) необходимо постоянно контролировать путем отбора проб из выходящей после фильтра воды, по крайней мере, ежедневно. При появлении симптомов снижения эффективности фильтра необходимо принять меры, которые могут заключаться в изменении расхода воды через биофильтр, увеличении подачи в него воздуха, добавлении наполнителя или уменьшении биомассы животных.

Расчетные формулы для системы очистки воды в лососевых питомниках (Speese, 1973; Liao and Mayo, 1972) применимы и к тепловодным системам при введении соответствующих поправок на температуру, концентрацию аммиака, растворенного кислорода и с учетом разницы между лососевыми и тепловодными рыбами. Как правило, чем больше фильтр, тем лучше, хотя сооружение слишком большого фильтра обходится довольно дорого. Однако в этом случае в начале цикла выращивания можно использовать небольшую площадь фильтра, а остальную держать в резерве и вводить в действие по мере необходимости.

Загрузка биофильтра. Химические реакции, происходящие в биофильтрах, осуществляются различными группами бактерий, которым необходимы аэробные условия и достаточно места для развития. В качестве наполнителя биофильтра подходит почти любой нетоксичный материал, который обладает достаточной площадью поверхности. В прошлом наиболее широко применялись песок и гравий, поскольку оба обеспечивают достаточную площадь поверхности на единицу объема. Однако при использовании этих материалов не только для механической фильтрации возникает ряд проблем.

Во-первых, песок и гравий — плотные материалы, поэтому фильтровальная камера должна быть достаточно прочной, чтобы этот материал не повреждал ее стенки. Во-вторых, биофильтры с песком и гравием содержат очень мало пустот и часто забиваются, что вызывает необходимость обратной промывки один или два раза в сутки. Частые обратные промывки приемлемы в открытых водных системах, в которых основную роль играет механическая фильтрация, но в замкнутых системах даже кратковременное выведение биофильтра из действия может создать определенные трудности для обратной промывки. При использовании многоступенчатых песчаных или гравийных фильтров можно выключить один или несколько фильтров и пропускать воду через остальные. Это, как правило, приемлемо для открытых водных систем. В замкнутой циркуляционной системе, которая работает с максимальной нагрузкой, отключение части биофильтра может немедленно вызвать стресс у культивируемых животных, даже если обратная промывка продолжается всего несколько минут. Рыбы могут не погибнуть, но стресс, вызванный уменьшением содержания кислорода, наряду с увеличением концентрации аммиака может привести к прекращению питания, возникновению болезней или развитию паразитов.

Засорение песчаного или гравийного биофильтра происходит в результате накопления частиц корма, фекалий и другого взвешенного материала, а также когда бактериальная пленка отделяется от поверхности фильтра, при этом вода продолжает проходить через фильтр, но оказываемое ей сопротивление очень велико. В результате площадь контакта воды с наполнителем резко сокращается. Эффективность фильтра снижается, и, поскольку вода застаивается в узких каналах, он становится анаэробным. При

таких условиях фильтр начинает продуцировать аммиак, вместо того чтобы его нитрифицировать (см. главу 3). Когда фильтр забивается, возникает необходимость в обратной промывке.

Под промывкой понимается пропускание больших объемов воды через фильтр в обратном направлении. Трубопровод должен быть устроен таким образом, чтобы осадок и ил уходили в сливную трубу, а не попадали обратно в систему. Скорость потока воды, необходимая для обратной промывки, как правило, равна скорости потока при нормальной работе фильтра или превышает ее. Воду обратной промывки рекомендуется сливать, а не возвращать в отстойник, поскольку скорость потока может быть настолько велика, что большинство взвешенных веществ не осядет там, а вновь попадет в выростные емкости.

Существует мнение, что если наполнитель уложен плотно, то объем фильтра может быть значительно уменьшен, однако из-за засорения и повышения давления это не так. На самом деле материал с меньшей площадью поверхности и большим расстоянием между частицами часто более эффективен, чем песок или гравий, занимающий тот же объем биофильтра.

Аквариумисты наряду с песком и гравием применяют древесный уголь, известняк и устричные раковины. Поскольку в типичном аквариуме плотность животных невелика, эти материалы часто оказываются весьма эффективными для поддержания высокого качества воды. Однако замкнутые системы культивирования с высокой плотностью посадки отличаются от простых аквариумов. Если плотность организмов в аквариуме не превышает нескольких сотен граммов на 1 л и количество ежедневно задаваемого корма составляет несколько процентов массы их тела, фильтрующая способность системы быстро оказывается исчерпанной. В аквакультуре такие условия скорее правило, чем исключение, именно поэтому от биофильтров требуется высокая эффективность.

За последние несколько лет было испытано несколько наполнителей для фильтров. Многие из них оказались гораздо эффективнее обычного песка и гравия. Наиболее подходящим материалом была признана инертная пластмасса*. Поливинилхлорид (ПВХ) широко применяется в качестве наполнителя биофильтра. Обрезки поливинилхлорида часто валяются возле хозяйств аквакультуры, поскольку трубы из этого материала применяются чаще, чем из металла. ПВХ не корродирует и нетоксичен для культивируемых животных. Отрезки поливинилхлоридных труб, листы ПВХ и другие пластмассы с успехом применялись в качестве наполнителей фильтров. Перспективными в этом отношении являются также тефлон и пенопласт. Материал должен быть подготовлен таким образом, чтобы площадь поверхности была максимальной, но закладывать его надо неплотно, чтобы не увеличивалось

* Инертные материалы с гидрофобной поверхностью имеют преимущества только в тех фильтрах, где часто требуется обратная промывка. В остальных случаях карбонатный материал (ракушечник, кораллы и т. д.) значительно эффективнее.— *Прим ред.*

сопротивление. Если выбранный материал обладает плавучестью, биофильтр необходимо закрыть крышкой.

Пластины в фильтре с вращающимися дисками выполнены, как правило, из пластмассы или стекловолокна. В продаже имеются листы гофрированного стекловолокна, которые, будучи нарезанными кольцами, служат хорошим наполнителем биофильтра.

При использовании легкого материала для наполнения фильтра необходимость в обратной промывке практически отпадает, хотя некоторые вещества могут пройти через первичный отстойник и осесть на биофильтре. Кроме того, участки бактериальной пленки могут отделяться от поверхности фильтрующего материала и оседать на дне. В связи с этим у дна необходимо предусмотреть сливное отверстие для удаления осадка.

Поддержание рН. Накапливание растворенных химических веществ в замкнутых циркуляционных водных системах ведет к снижению рН, если система не забуферена. По мере увеличения кислотности организмы начинают испытывать стресс, и при очень низких значениях рН они могут погибнуть. Низкий рН может также неблагоприятно отразиться на микроорганизмах, населяющих биофильтр. Увеличение кислотности обусловлено в основном органическими кислотами и углекислотой. В главе 3 рассматриваются происходящие при этом химические реакции и влияние углекислоты на качество воды.

Ветзель (Wetzel, 1975) отмечал, что аммиак при высоких рН интенсивно сорбируется на взвешенном веществе — это еще одна важная причина для предотвращения увеличения кислотности воды. Поскольку бактерии также связаны с поверхностью, процесс нитрификации можно интенсифицировать, если адсорбированный аммиак и микроорганизмы находятся в непосредственной близости на частицах несъеденного корма или на наполнителе фильтра.

Для большинства пресноводных систем культивирования рН должен составлять примерно 7 (диапазон 6,5—8,5), в то время как для морских систем он должен превышать 8 (такова разница в рН между пресной и морской водой). Для поддержания рН на требуемом уровне в качестве буфера часто применяется карбонат кальция в виде известняка или устричных створок. По мере уменьшения рН карбонат кальция медленно растворяется и увеличивает рН (см. главу 3).

Устричные створки и известняк недороги и почти не требуют ухода после помещения в систему. Со временем на поверхности буфера может образоваться пленка из бактерий, которая будет препятствовать растворению карбоната кальция, поэтому периодически с интервалом примерно в несколько недель его необходимо очищать, чтобы буферная способность системы не изменялась.

Количество буферного материала в системе не играет существенной роли. Как правило, оно составляет несколько килограммов на 1 м³ фильтра, при этом буфер часто расположен рядом с трубой для слива воды из биологического фильтра.

Хотя каждый элемент замкнутой системы циркуляции имеет

собственное назначение, все элементы до некоторой степени действуют как биофильтры. Это объясняется тем, что все элементы системы, так же как и трубопроводы, имеют поверхности, на которых могут развиваться бактерии. Теоретически это увеличивает эффективность системы, а на практике связано с определенными трудностями. Бактерии настолько интенсивно развиваются в трубах, что прохождение воды затрудняется или совсем приостанавливается. Чтобы уменьшить опасность такого блокирования, можно пользоваться трубами очень большого диаметра и сократить до минимума все возможные ограничения потока. В определенных участках системы необходимо предусмотреть люки для обслуживания.

ВТОРИЧНЫЙ ОТСТОЙНИК

В некоторых замкнутых циркуляционных системах используется вторичный отстойник, или окончательный осветлитель. Такая емкость может быть полезной для сбора твердых включений, прошедших через биофильтр, но она совсем необязательна. По конструкции окончательный осветлитель в принципе не отличается от первичного отстойника. Для интенсификации осаждения здесь, как и в первичном отстойнике, необходимо уменьшить расход (рис. 2.13).

По мере увеличения в системе концентрации растворенных органических веществ часто начинает образовываться пена, особенно если вода, выходящая из биофильтра, падает с некоторой высоты во вторичный отстойник. Пена может образовываться из различных органических веществ, в том числе и из растворенных белков. Удаление пены снижает общую нагрузку на биофильтр, так как из системы отводится органическое вещество. Пену легче всего удалять с поверхности вторичного отстойника или любого другого элемента системы, где она возникает. Если поперек поверхности окончательного осветлителя близко к месту образования пены установить вертикально доску или лист металла, то пена будет здесь собираться (см. рис. 2.13) или перетекать через край, тогда ее можно отводить по желобу или давать возможность испаряться. Вместо вертикальной можно использовать горизонтальную доску или металлический лист. В этом случае пена собирается на горизонтальной поверхности и с нее испаряется. Разработаны и более сложные устройства для удаления пены, в том числе движущиеся панели. Они пригодны для более крупных, чем описано выше, водных систем, которые предназначены в основном для исследовательских целей.

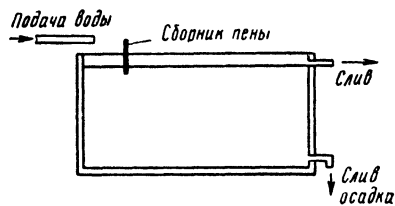


Рис. 2.13. Схема типичной вторичной (или первичной) осадительной камеры с устройствами для сбора пены и слива осадка

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВОДЫ

Чем меньше механических устройств входит в состав замкнутой циркуляционной системы, тем лучше, так как меньше вероятность выхода их из строя. Для успешной работы водной системы иногда бывает достаточно одного высокоэффективного непрерывно действующего насоса. Насос можно располагать между двумя любыми элементами, за исключением систем, в которых используется вертикальный фильтр. В этом случае желательно располагать насос на входной линии в фильтр. В системе любого типа элементы, расположенные ниже насоса, могут получать воду самотеком. Если в системе действует более одного насоса, иногда требуется сложная электрическая схема, обеспечивающая соответствующий расход во всех емкостях. Увеличение числа электрических устройств, связанных с водной системой, также повышает вероятность выхода их из строя.

При правильной эксплуатации насосы могут непрерывно работать в течение нескольких лет. Если насосы работают периодически, могут время от времени выходить из строя стартеры. В морских системах насосы с металлическими лопастями обычно функционируют хорошо, если работа организована непрерывно, но быстро корродируют, если включаются периодически. Применение металлических насосов с арматурой из ПВХ почти исключает возможность загрязнения воды следовыми металлами, поскольку металл почти не контактирует с водой.

Количество воды, которую необходимо перемещать по водной системе, зависит от ее размера и оптимального расхода (последний необходимо часто определять экспериментально, поскольку нагрузка на биофильтр по мере роста животных увеличивается).

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ТРЕТИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ

Нитраты и фосфаты накапливаются в замкнутой циркуляционной водной системе, даже если в ней предусмотрен очень эффективный биофильтр. Хотя оба эти вещества необходимы в качестве биогенных элементов для развития растительности и не являются непосредственно токсичными для водных организмов в нормальных условиях, при очень высоких концентрациях нитраты могут быть токсичными (Westin, 1974). Нитраты можно удалять путем нитрификации до элементарного азота, и этот способ нашел применение в аквакультуре (Meade, 1974; Balderston and Sieburth, 1976). Эффективное удаление как нитратов, так и фосфатов достигается путем включения в систему водных растений, которые можно располагать сразу за биофильтром или окончательным осветлителем либо помещать их прямо в окончательный осветлитель.

Для третичной очистки воды можно использовать водяной гиацинт (*Eichhornia crassipes*), или водяной китайский каштан (*Eleocharis dulcis*). Каждое из этих растений быстро растет и

эффективно извлекает из воды растворенные питательные вещества. Водяной каштан пригоден для употребления в пищу. Водяной гиацинт считается сорняком, когда заселяет природные водоемы, но его можно использовать на корм скоту, как и большинство других водных растений (Boyd, 1968a, 1968b).

Емкости с водными растениями необходимо либо размещать на открытой площадке, либо устраивать над ними искусственное освещение. При определении экономичности водной системы необходимо учитывать затраты на освещение, поскольку при крупномасштабном выращивании затраты энергии могут быть значительными.

Независимо от того, будут ли использоваться растения на корм скоту, их необходимо периодически удалять. Растительность может развиваться очень бурными темпами, что потребует частого ее удаления. Не предназначенные для продажи растения можно оставлять на земле для высыхания, для этого должно быть предусмотрено достаточно места. Из-за высокого содержания влаги водную растительность, предназначенную на корм скоту, необходимо перед отправкой высушивать или скармливать в непосредственной близости от хозяйства, иначе стоимость транспортировки сделает ее использование неэкономичным.

Если культивируемых животных предполагается содержать при высокой плотности всего несколько месяцев, возможно, целесообразнее воздержаться от использования водной растительности и позволить питательным солям накапливаться в системе. В период облова воду с содержащимися в ней растворенными биогенными веществами можно слить и в начале нового сезона выращивания залить новую. Если концентрация биогенных веществ слишком повысилась, целесообразно заменить всю воду или ее часть, однако это невозможно, если ресурсы воды ограничены. Еще один способ снижения содержания биогенных веществ — увеличить объем фильтра путем добавления фильтровальных элементов. И наконец, можно уменьшить биомассу гидробионтов в системе культивирования.

РЕЗЕРВНОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В системе интенсивного культивирования должны быть предусмотрены резервные механические устройства либо должны быть разработаны специальные мероприятия на случай выхода из строя насоса или другого механического оборудования. Поскольку в замкнутой системе циркуляции, как правило, предусматривается аэрация, обычно применяется устройство, обеспечивающее достаточное содержание в воде кислорода на случай выхода из строя насоса. На это время в линию включается запасной насос или незначительная неполадка быстро устраняется. В системах культивирования применяются воздуходувки, воздушные компрессоры, механические перемешиватели и баллоны со сжатым воздухом или кислородом. За исключением баллонов со сжатым газом, все уст-

ройства работают на электричестве, и в случае аварии в электросети бездействуют. Во многих хозяйствах аквакультуры в качестве запасного оборудования применяется газолиновый или дизельный генератор, от которого могут работать и насосы, и аэра-торы.

Некоторые специалисты, занимающиеся разведением гидробионтов, экономят на запасном оборудовании, однако в случае выхода из строя основного оборудования такая экономия может привести к полной потере выращенного «урожая». Запасное оборудование необходимо в любом хозяйстве аквакультуры, но отдельные виды вспомогательного оборудования можно считать не обязательными, а желательными. Во многих случаях желательно иметь устройство для предварительной обработки воды, особенно если она из поверхностного источника. Выше рассматривалась механическая фильтрация, но существуют и другие способы обработки. Если, например, вода излишне жесткая или щелочная или в ней содержится слишком много неорганических химических веществ, ее можно пропустить через ионообменник для удаления этих загрязнений. Ионообменники могут быть очень дорогими (в зависимости от типа ионообменной смолы и объема воды, подвергаемой обработке), и смолу необходимо периодически заменять. В замкнутой системе использование ионообменника может быть и целесообразно, но для открытой системы затраты слишком велики.

В системах аквакультуры для окисления органических веществ и обезвреживания бактерий в циркулирующей воде применяются озонаторы. Однако озон исключительно токсичен, и после обработки воде необходимо давать отстояться, чтобы озон вновь превратился в молекулярный кислород (из O_3 в O_2), прежде чем ее можно будет подавать в выростные емкости или на биофильтр. Поскольку время полураспада озона составляет 15 мин (Layton, 1972), озонатор целесообразно использовать, если система имеет небольшой расход или если часть воды можно исключать из основного потока на время обработки до тех пор, пока озон не превратится в молекулярный кислород. Уитон (Wheaton, 1977) считает, что в системах аквакультуры следует избегать измеримых доз озона. Содержание озона в воде может быть снижено или он может быть вовсе выведен из воды пропусканием ее через активный уголь (Sander and Rosenthal, 1975).

По данным Келли (Kelly, 1974), обработка воды от одной до нескольких минут озоном при концентрации его менее 2 мг/л обеспечивала 90%-ную гибель бактерий, вирусов и некоторых простейших. Использование озона может предотвратить циркуляцию бактерий в замкнутой системе, при этом озон не будет оказывать отрицательного действия на бактериальную активность биофильтра, если обработанную озоном воду пропускать через активный уголь.

Для бактерицидной обработки воды с успехом применялось также УФ-облучение. Эффективность действия УФ-лучей на бак-

терий и других микроорганизмов зависит от длины волны. Диапазон длин волн УФ-излучения 150—4000 Å, но наиболее эффективная длина волны для бактерицидного облучения составляет примерно 2600 Å (Koller, 1965).

УФ-лампы могут быть подвешены над выростными емкостями или другими элементами системы либо могут быть погружены в воду. В подвесных устройствах могут быть использованы стандартные флуоресцентные лампы, которые наряду с УФ-лучами обеспечивают также и белый свет. Выпускаемые промышленностью погружные устройства, способные обрабатывать большие объемы воды, легко включаются в открытые или закрытые системы культивирования. В погружных устройствах вода пропускается через лампы, заключенные в стеклянные или кварцевые трубки. Слой воды, проходящий через лампы, должен быть как можно тоньше для достижения максимальной эффективности, в связи с этим во многих устройствах применяется несколько близко расположенных между собой УФ-ламп, заключенных в цилиндрический водонепроницаемый кожух. Проблемы, связанные с использованием таких устройств, включают загрязнение поверхности стеклянным или кварцевым трубкам, что вызывает необходимость их очистки для поддержания эффективности обработки и замены ламп примерно раз в год.

ПОЛУЗАМКНУТЫЕ ВОДНЫЕ СИСТЕМЫ

Все водные системы, включая и замкнутые циркуляционные, постоянно или периодически требуют небольших количеств воды для восполнения потерь на просачивание, переливы и испарение. Система, в которой вода заменяется через определенные промежутки времени, но, по крайней мере, частично циркулирует, называется полужамкнутой. Поскольку такие системы не нашли широкого распространения в аквакультуре, их рассмотрение носит в основном теоретический характер.

Полужамкнутые водные системы могут быть получены из любой замкнутой водной системы непрерывным добавлением значительных количеств свежей воды и выведением таких же количеств воды. В начале сезона выращивания, когда требования к качеству воды еще не столь велики, экономически целесообразно эксплуатировать систему по замкнутому циклу. По мере того как качество воды начинает ухудшаться, необходимо добавлять свежую воду сначала в небольших, а затем в больших количествах, по мере необходимости. К концу сезона выращивания замена воды может проводиться даже ежедневно. Все компоненты системы продолжают работать, но нагрузка на них уменьшается, поскольку продукты обмена разбавляются, а взвешенные вещества вымываются.

Свежая вода, поступающая в систему, должна направляться прямо в выростные емкости. Если вода поступает из источника с дефицитом кислорода, может потребоваться предварительная

аэрация. Избыточную воду можно отводить от одного из отстойников или после биофильтра. Если используется вода из поверхностного источника, может возникнуть необходимость в ее предварительном озонировании или УФ-облучении для обезвреживания болезнетворных организмов.

ОТКРЫТЫЕ ПРОТОЧНЫЕ СИСТЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Культивирование животных в открытых проточных емкостях позволяет обойтись без всех основных компонентов замкнутой или полужамкнутой системы, за исключением выростных емкостей и насосов. Механическая фильтрация, УФ-облучение, озонирование, а также резервное и вспомогательное оборудование могут понадобиться, но не в таком количестве, как для описанных выше систем. Основным требованием для открытых проточных систем культивирования является достаточное количество воды соответствующего качества. Вода обычно подается в выростные емкости через флейту, а выпускается через трубку Вентури.

Используемые для выращивания бассейны или лотки могут быть круглыми, прямоугольными или иметь какую-либо другую форму (рис. 2.14 и 2.15). Частота смены воды в выростных емкостях зависит от вида культивируемых организмов, их плотности, скорости выделения продуктов обмена, их состояния, а также при-

меняемого режима кормления. При низкой плотности посадки можно поддерживать удовлетворительное качество воды, заменяя воду 1 раз или 2 раза в день. При высоких плотностях воду приходится заменять каждые несколько минут.

Для экономии воды при помещении живых организмов в бассейны расход должен быть низким и постепенно увеличиваться по мере их роста и ухудшения

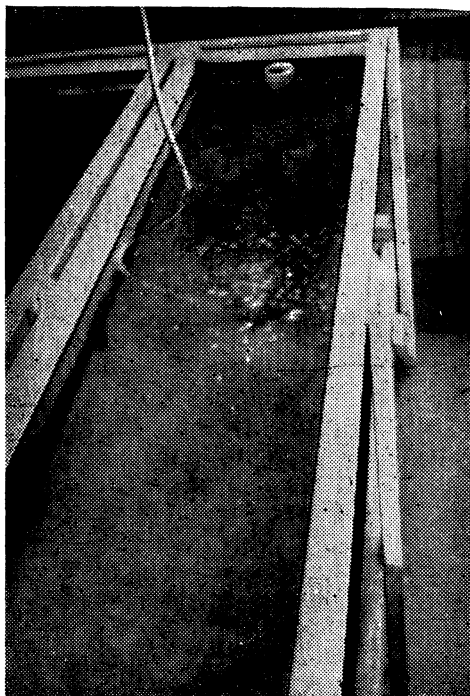


Рис. 2.14. Проточный алюминиевый лоток для экспериментального выращивания небольшого количества организмов или для выдерживания мальков перед заселением других типов водных систем. Вода поступает с ближнего конца и выходит через трубку Вентури в дальнем конце. Дополнительная аэрация обеспечивается воздуходувкой через насадки

качества воды. Точные потребности в воде зависят от конкретной системы и должны быть установлены путем контроля качества воды. Поскольку в открытых проточных водных системах качество воды может быть очень высоким, выход из строя насоса или отключение электроэнергии может не оказывать немедленного отрицательного влияния на культивируемых животных, но качество воды начнет быстро ухудшаться. Промежуток времени между выходом из строя оборудования и наступлением стресса может быть достаточным для ремонта оборудования или подключения резервных устройств.

Открытые проточные системы экономически невыгодны для большинства тепловодных хозяйств аквакультуры из-за недостатка воды. Если ресурсы воды ограничены, эксплуатационные расходы при работе такой системы будут нецелесообразно высоки. Количество энергии, необходимое для прокачивания воды через открытые системы, часто очень велико, если не используется вода из артезианских скважин. Охлаждение или нагревание воды перед подачей в систему также экономически нецелесообразно, за исключением лабораторных установок.

Весьма перспективны открытые системы культивирования, работающие на теплых водах электростанций. В настоящее время существуют экспериментальные хозяйства и даже небольшое число промышленных хозяйств, которые работают на сбросных водах электростанций.

САДКОВЫЕ ХОЗЯЙСТВА

В садках можно выращивать некоторых беспозвоночных, но в США в них почти повсеместно выращивают рыб. Садки можно помещать в любой водоем, проточный и непроточный, однако размещать их в прудах нецелесообразно, поскольку сбор урожая весьма затруднен. В ручьях и крупных водохранилищах, где выращиваемую рыбу очень трудно обловить без каких-либо специальных приспособлений, садковый метод может оказаться более целесообразным, чем другие методы интенсивного выращивания. Рыба в садках содержится в ограниченном относительно небольшом объеме воды, и кормление, облов и лечебные мероприятия упрощаются.

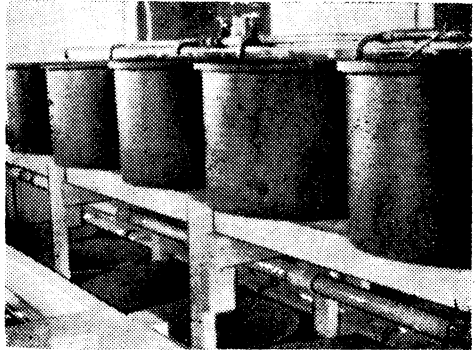


Рис. 2.15. Круглые полипропиленовые емкости для экспериментального культивирования

В аквакультуре применяются садки различных форм и размеров. Круглые и прямоугольные садки зарекомендовали себя одинаково хорошо. Садки, используемые в исследовательских целях, обычно имеют объем не более 1 м³, в них, как правило, содержится несколько сотен животных товарной массой 0,5 кг. С крупными садками трудно работать, при подъеме из воды их можно повредить. Кроме того, если в садках вспыхивает эпидемия, потери будут больше, чем при использовании небольших садков. Общие затраты на единицу объема воды выше при использовании мелких садков. При экономической оценке садкового хозяйства необходимо учитывать стоимость сооружения садков.

Садки могут быть изготовлены из различных материалов. В большинстве случаев применяют стальные рамы, обтянутые металлической сеткой с покрытием или без него. В пресной воде желательно применять гальванизированную сетку или сетку с покрытием из резины или винила, в соленых водах такое покрытие просто необходимо из-за быстрой коррозии. В морской воде сетка без покрытия просуществует всего несколько месяцев, поэтому садки должны быть изготовлены из инертного материала или покрыты защитной краской, стекловолокном, эпоксидным составом или другим материалом, который предотвратит прямой контакт металла с водой. Садки могут быть изготовлены из нейлона и других синтетических материалов, но в этом случае они получаются непрочными.

Каждый садок должен быть оборудован собственным поплавком. В качестве материала для изготовления поплавков широкое распространение получил пенопласт, но он подвержен гниению, и его необходимо защищать от действия волн и истирания прочным легким кожухом. Выпускаются и другие материалы, обеспечивающие плавучесть, но все они дороже пенопласта.

Если садки свободноплавающие, т. е. не присоединены к неподвижному или плавучему пирсу, они обычно связаны друг с другом канатом и удерживаются на месте с помощью якоря. Правильно установленный садок выступает над водой всего на несколько сантиметров.

Садки можно закрывать крышками, чтобы рыба не уходила. Применяются тяжелые деревянные крышки или крышки, изготовленные из того же материала, что и стенки и дно. Садки могут быть снабжены кольцевыми кормушками, изготовленными из металла, дерева или пластмассы. Стороны кольца должны на несколько сантиметров выступать из воды. Плавающий корм находится внутри кормушки, но не проходит через стенки садка. Плавающий корм можно также удерживать в садках, если полосу мелкочаеистой дели или сетки шириной несколько сантиметров прикрепить изнутри к верхней стенке каждого садка. Конец этой мелкочаеистой материи также должен находиться под водой. Таким образом, гранулированный корм не будет мешать потоку воды через садок. При этом гранулы не должны тонуть, иначе большая часть корма уйдет из садка.

Первоначальная стоимость садков может быть очень высокой в зависимости от выбранного материала и размера отдельного садка. Срок службы зависит от выбранного материала и характера окружающей среды, в которую помещен садок. Срок службы рам обычно составляет пять лет, сетку приходится менять чаще.

Одним из наиболее целесообразных применений садков в аквакультуре, по крайней мере, теоретически является использование сбросных вод электростанций. Как тепловые, так и атомные электростанции нуждаются в больших количествах воды для конденсации пара. Для обеспечения электростанции охлаждающей водой рядом с ней обычно сооружаются водоемы-охладители либо вода закачивается из эстуария, природного озера или реки. Вода поступает в конденсатор по подводным каналам и отводится обратно или в другое место по отводным каналам. Из-за потенциального отрицательного влияния на окружающую среду температура воды после прохождения через установку должна изменяться не более чем на несколько градусов. Тем не менее в тропических и умеренных районах температура воды в отводящих каналах может быть слишком высокой для культивирования животных в летнее время.

Несмотря на это, теплая вода из отводных каналов может значительно удлинить сезон выращивания, если садки поместить в водоем, из которого забиралась вода на охлаждение, после того как температура в нем станет ниже оптимальной для культивируемых видов. В некоторых случаях это позволяет выращивать животных круглогодично. Если весной температура выходящей воды начинает превышать оптимальную для культивируемых видов, садки можно переместить в более подходящие температурные условия. Такая рыба, как тилапия, которую нельзя содержать зимой при температуре окружающего воздуха в умеренных районах, может зимовать в каналах с теплой сбросной водой электростанций. В настоящее время именно так содержат канального сомика в зимнее время. В Техасе даже существует хозяйство по выращиванию канального сомика на теплых водах.

Установка садков в подводных и отводящих каналах электростанций реализует преимущества проточности, которые существуют в этих каналах, и вода в садках быстро заменяется. Интенсивность культивирования в садках лимитируется только экономическими соображениями и несущей способностью водоема, в котором установлены садки. Исследования качества воды, проводившиеся в водоеме-охладителе в окрестностях Далласа (шт. Техас), показали, что качество воды заметно не ухудшалось даже в непосредственной близости от садков, установленных в подводном и отводящем каналах (Pennington, 1977), хотя здесь обитали довольно многочисленные местные виды (Germany, 1977).

Однако при таком садковом выращивании возникает специфическая проблема. Зимой вода, проходящая через агрегаты электростанции, может поступать в конденсаторы насыщенной растворенными газами. При быстром нагревании эта вода может ока-

заться пересыщенной. Пересыщение, особенно азотом, может вызвать у рыб газопузырьковую болезнь. Эта ситуация сходна с той, в которую попадают водолазы, которые поднимаются слишком быстро с глубины. При этом у культивируемых животных в жабрах, плавниках и за глазами образуются пузырьки, выпучиваются глаза. Такие симптомы иногда являются признаками заболеваний, связанных с неправильным питанием (см. главу 5) и наличием патогенных возбудителей (см. главу 7), однако если рыба содержится зимой в сбросных водах электростанции, это, скорее всего, признаки газопузырьковой болезни.

Для предотвращения газопузырьковой болезни содержание газов в воде необходимо контролировать сатурометром. Поскольку симптомы болезни проявляются одновременно не у всех рыб, и если нет сатурометра, можно в зимнее время ограничиться ежедневным визуальным осмотром выращиваемых рыб. Если болезнь возникла или неизбежна, необходимо перевести рыб в более холодную воду, с меньшей степенью насыщения воды газами. Для борьбы с газопузырьковой болезнью садки можно также заглубить, поскольку повышенное давление уменьшает степень пересыщения (Chamberlain and Strown, 1977). Заглубление садков всего на несколько метров обычно бывает достаточным. Основным недостатком этого способа являются трудности, возникающие с кормлением. Садки можно поднимать на поверхность на несколько минут ежедневно для кормления. Если в воде достаточно природного корма, садки могут оставаться на дне канала, пока опасность возникновения газопузырьковой болезни не исчезнет. Еще один способ — использовать садки, высота которых соответствует глубине канала. Тогда рыба может подниматься за кормом к поверхности и уходить затем на глубину для компенсации пересыщения.

Для обработки заболевших рыб при садковом выращивании можно применять глубокие емкости. Лечебный раствор заливается в эту емкость, затем туда помещают садки с рыбой. Для крупных садков этот метод не подходит, так как при извлечении из воды они могут порваться, если их специально не усилить. Другие способы лечебной и профилактической обработки садковых рыб включают вылов их из садков для обработки на берегу или в емкости, установленной в лодке, устройство бассейна для лечебной обработки на берегу и шлюзов, через которые садки могут быть отбуксированы (это исключает необходимость поднимать садки из воды), а также прикрепление с наружной стороны садков пластиковых мешков, которые заполняются лечебными растворами.

ПРУДОВОЕ РЫБОВОДСТВО

Во всем мире рыбу выращивают в основном в прудах. Для строительства пруда почва должна хорошо удерживать влагу и необходим надежный источник воды. Если оба условия выполнить не-

возможно, в крайнем случае можно пожертвовать первым, поскольку от утечек воды пруд можно герметизировать, а создать несуществующий источник воды в засушливом районе невозможно. Воду невысокого качества можно сделать пригодной для культивирования путем обработки, но затраты, связанные с этим, будут слишком высоки.

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ПРУДОВ

Если место выбрано, поскольку имеется хороший источник воды, но почва песчаная, пруд можно построить и загерметизировать. Самые лучшие почвы для строительства пруда те, которые содержат много глины. Даже в районах с подходящими почвами часто присутствуют слои песка. Если при строительстве пруда встретится такой слой, через него может происходить утечка. Такая утечка может быть терпимой, если пруд можно пополнять новой водой по низкой цене или бесплатно, но ее следует предотвращать, если воду приходится беречь (этот случай встречается гораздо чаще).

Если вода быстро уходит из пруда, необходимо принимать меры. Часто дно пруда выстилают полиэтиленовой пленкой, это довольно эффективный метод. Но пленку необходимо периодически заменять, кроме того, она рвется, когда в пруд входят люди. Небольшие отверстия в пленке нестрашны, но постепенно они увеличиваются, и через них происходит утечка. Продаются более прочные, но и более дорогие выстилающие материалы: плотный пластик, резина и бетон. Тонкая полиэтиленовая пленка и другие материалы, которые плохо переносят солнечный свет, требуют замены каждые несколько лет. Прозрачный полиэтилен быстро разрушается под действием света и может быть эффективным только в течение одного сезона выращивания, особенно в мелкой, чистой воде.

В некоторых районах целесообразно покрывать дно пруда глиной. Глину аккуратно наносят на дно и стенки, утрамбовывают и затем пруд заполняют. Для герметизации прудов широко применяется бентонит — набухающая глина, применяемая при бурении. Бентонит выпускается промышленностью и стоит не очень дорого, если его не приходится перевозить на большие расстояния. Обычно для прудов с умеренной утечкой рекомендуемое изготовителями количество бентонита составляет 20 000 кг/га. Если утечки очень значительны, может потребоваться до 125 000 кг/га, что довольно дорого. Бентонит обычно укладывают на дно пруда и затем перемешивают с осадками с помощью дискового культиватора. После смачивания бентонит набухает и становится водонепроницаемым.

Новые пруды часто самогерметизируются в течение нескольких лет по мере образования органических веществ и в результате жизнедеятельности культивируемых рыб. Такие виды, как карп, серебряный карась, тиляпия и креветка, преобразуют донные осад-

ки и больше способствуют герметизации пруда, чем пелагические животные. Поскольку для естественной герметизации пруда может потребоваться несколько лет, расход воды в это время очень высок.

Солоноватоводные пруды часто сооружаются на песчаных почвах, поскольку в прибрежных районах трудно найти другие грунты. Если такие пруды строятся ниже, а не выше уровня поверхности, гидростатического давления расположенного поблизости эстуария или моря часто достаточно для поддержания требуемого уровня воды в пруду. Часто солоноватоводные пруды после выкачивания воды самозаполняются благодаря гидростатическому давлению в данном районе.

РАЗМЕРЫ ПРУДОВ

Наилучшего размера для прудов не существует. Строить очень небольшие пруды экономически невыгодно, а заполнять, спускать, облавливать большие пруды и кормить в них рыбу также очень сложно. Нерестовые, мальковые или личиночные пруды могут иметь площадь 0,05—0,25 га, но выростные пруды должны быть больше.

Типичный выростной пруд для канального сомика, тилляпии, креветки и других видов должен вмещать несколько тысяч животных. Площадь таких прудов для промышленного выращивания, как правило, составляет 5—10 га, а иногда и 0,5 га. Если животные в каком-либо пруду погибли из-за ухудшения качества воды или заболевания, лучше, если это произошло в небольшом пруду. Вместе с тем стоимость строительства на единицу объема заключенной воды возрастает с уменьшением площади пруда. И дело не только в том, что увеличивается объем земляных работ, но в каждом пруду необходимо строить водовпуски и водовыпуски. Поскольку под дамбы также требуется участок, используемая водная поверхность для данного земельного участка увеличивается с увеличением площади пруда. Все эти факторы необходимо учитывать при выборе проекта. Для выращивания большинства видов рыб пруды площадью примерно 1 га могут быть вполне приемлемыми.

Пруд любого размера должен заполняться из имеющегося источника в течение нескольких дней. Кроме того, пруд должен быть сооружен таким образом, чтобы его можно было полностью и довольно быстро (за 24—48 ч) спустить. Иногда для выращивания рыбы применяются пруды, которые снабжаются дождевой водой и не имеют спускных устройств, но такие пруды не могут быть рекомендованы, во-первых, из-за ненадежности водоснабжения, а также в связи с трудностями при облове и обслуживании. Вселение в пруд нежелательных видов часто происходит, если пруд заполняется в результате дождевых смывов. В специально построенных прудах источник водоснабжения легче поддается контролю.

Время заполнения пруда зависит от расхода и диаметра впускной трубы. Небольшие трубы пропускают значительно больше воды при использовании насоса, чем если вода поступает самоотекотом. С увеличением диаметра впускных и выпускных труб расходы могут возрастать почти логарифмически. В настоящее время наиболее дорогостоящим оборудованием, используемым при строительстве прудов, являются металлические и поливинилхлоридные клапаны, арматура и трубы.

Хотя некоторые пелагические животные пригодны для искусственного выращивания, в настоящее время наиболее широко культивируемыми теплолюбивыми животными являются бентосные беспозвоночные или придонные рыбы, поэтому большинство прудов могут быть весьма мелкими. В южных штатах глубина прудов для канального сомика составляет, как правило, 0,9—1,8 м, но на севере пруды могут быть вдвое глубже. Степень промерзания прудов и продолжительность зимы зависят от широты. Если лед очень толстый, возможны зимние заморы из-за дефицита кислорода, поэтому в северных районах глубина очень важна, поскольку она позволяет увеличить количество доступного для культивируемых животных растворенного кислорода. На юге пруды глубиной менее 0,8 м годятся для выращивания креветок, лангустов и камбалы, которые ведут почти постоянно донный образ жизни. Недостатком таких прудов является то, что летом вода в них перегревается, кроме того, они сильно зарастают.

Глубина на всей площади пруда неодинакова: обычно она увеличивается к сливному патрубку. Глубина заполненного пруда в мелкой части может составлять менее 1 м, а возле сливного патрубка — почти 2 м. Такая изменяющаяся глубина очень важна для полного осушения пруда и облегчает облов, когда всех животных можно сосредоточить на небольшой площади, но в значительном объеме, после того как пруд частично спущен.

ФОРМА ПРУДА И КОНСТРУКЦИЯ ПЛОТИНЫ

Большинство прудов имеет прямоугольную форму, хотя некоторые бывают квадратными, круглыми или неправильной формы. Квадратные или прямоугольные пруды предпочтительнее из-за более эффективного использования площади, кроме того, такие пруды легче облавливать, чем пруды другой формы.

Строительство пруда — сложное и дорогостоящее дело. За небольшим исключением, строительством прудов занимаются специальные фирмы. Рыбовод может дать инженеру или архитектору сведения относительно числа, площади и глубины предполагаемых прудов, но, как правило, разработку проекта и строительство доверяют специалистам. Рыбовод должен убедиться, что по окончании строительства со дна водоема убран весь строительный мусор. Наличие на дне посторонних предметов затруднит облов.

Пруды, как правило, сооружаются на ровных или слегка наклонных участках. Они могут быть вырыты. При этом землю вы-

возят или используют для заполнения низких участков либо может быть использовано естественное понижение почвы, тогда вокруг него насыпается земля и делается дамба. Такие пруды оказываются частично выше и частично ниже первоначального уровня поверхности.

Дамба, по крайней мере, вдоль одной стороны пруда должна быть достаточной ширины, чтобы по ней мог проехать транспорт, это облегчает кормление и облов. В идеальном случае вокруг каждого пруда можно проехать на машине. Все дамбы должны быть достаточной ширины, чтобы по ним могла проехать хотя бы косилка. Если для выкашивания растительности используется трактор, дамба должна быть широкой.

Рекомендуемый уклон дамб прудов составляет 2 : 1 (на каждую единицу глубины ширина возрастает на две единицы). Часто применяются уклоны 1 : 1 и 3 : 1, хотя при уклоне 1 : 1 образуется угол в 45°, что может ускорить эрозию берегов. Уклоны 3 : 1 рекомендуются в глубокой части пруда, это облегчает облов, но берега с таким уклоном обнажают большие участки дна, что облегчает проникание водных макрофитов, чем дамбы с уклонами 1 : 1 и 2 : 1.

ВОДОСПУСКИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДВОДА ВОДЫ

Водоспуск обычно расположен в одном конце пруда, дно пруда имеет уклон в ту же сторону. Конфигурация водоспуска зависит от желания рыбовода и наличных средств. Самый простой водоспуск — это стояк, врытый в дно пруда. Нижний конец стояка соединен с коленом, которое соединяет его с основной спускной трубой. Верхний конец стояка регулирует уровень воды в пруду. Если уровень воды необходимо повысить или понизить, наклон стояка меняют, вращая колено. Это самый дешевый водослив. Если в качестве водоспуска используют клапан с задвижкой, им можно управлять с берега. Для предотвращения утечки гидробионтов из пруда задвижка должна быть снабжена решеткой. С помощью такого же устройства можно осуществлять облов прудов.

Воду из нескольких прудов можно собирать в общий коллектор большого диаметра, по которому она поступает на участок сброса. Иногда водосливы проводят через дамбу и использованная вода попадает в канал, по которому она окончательно отводится. В последнем случае выходной конец сливной трубы можно закрыть решеткой для предотвращения утечки культивируемых организмов вместе с водой из пруда.

Такое устройство малоэффективно при культивировании животных, которые ориентируются на течение, но для большинства видов оно эффективно хотя бы частично, особенно если сливная труба достаточно длинная, поскольку большинство особей не способно преодолеть быстрое течение, если они приблизились к спускному отверстию.

Иногда в прудах сооружают специальные зоны облова. Они, как правило, представляют собой бетонные углубления вблизи сливного отверстия, в которых после слива задерживается некоторое количество воды. Рыба, не попавшая в невод или в другое облавливающее устройство, собирается в рыбосборной яме и вылавливается сетью. Если рыбосборная яма не предусмотрена, глубокая часть пруда может быть обвалована во время строительства, чтобы образовалось углубление, в котором рыба могла бы собираться во время облова. Это гораздо дешевле, чем сооружение бетонной рыбосборной ямы и, как правило, практичнее для промышленных хозяйств.

Все трубы, по которым вода подается в пруды, должны быть оборудованы задвижками. Это позволяет заполнять один или несколько прудов, а в другие пруды воду вовсе не подавать или подавать в небольших количествах. Если источником водоснабжения является река или неартезианская скважина, воду приходится закачивать, поскольку выростные емкости должны находиться выше уровня источника водоснабжения. Если пруды расположены ниже источника водоснабжения или вода поступает из артезианской скважины, необходимость в перекачивании отпадает. Хотя насос и необходим для первоначального заполнения прудов большим количеством воды, поддержание уровня осуществляется под действием силы тяжести или артезианского потока.

Поскольку в подводящих трубопроводах вода часто находится под давлением, эти трубы могут быть меньшего диаметра, чем отводящие. Трубы меньшего диаметра дешевле труб крупного диаметра, арматура, особенно задвижки, также дешевле.

Вместо труб для распределения воды можно использовать систему каналов, идущих от источника водоснабжения. Каждый канал, впадающий в пруд, имеет деревянные задвижки, которые открывают при заполнении. Такая система может обеспечить большие объемы воды при низком давлении, не требует задвижек, за исключением одной у устья скважины, если используется вода из артезианской скважины.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Дополнительные устройства, которыми может быть снабжен пруд, включают щиты для аэрации, которые устанавливаются в месте подачи воды, поступающей из скважины или из другого источника водоснабжения с низким содержанием растворенного кислорода. Такое же устройство может быть использовано для извлечения из воды железа, если его содержание превышает допустимое. В процессе окисления двухвалентное железо Fe^{2+} превращается в гидроксид железа, который выпадает в осадок $Fe(OH)_3$ (Ruttner, 1953). Разбрызгивающие щиты способствуют также ослаблению действия воды, входящей в пруд и оказывающей разрушительное действие на берега на начальных стадиях заполнения.

Ветрозащитные устройства могут потребоваться для защиты дамб крупных прудов от действия ветра и волн. Не рекомендуется использовать для этой цели деревья и кустарники, поскольку им требуется время для роста, а также определенный уход. Кроме того, периодически могут возникать трудности, связанные с засорением пруда опавшими листьями. При этом в пруд попадает избыточное органическое вещество, для окисления которого требуется дополнительное количество растворенного кислорода. Для защиты от ветра могут служить снегозадерживающие щиты. Вдоль берегов пруда может быть предусмотрена каменная насыпь, которая будет постепенно разрушаться преваляющими ветрами. Кроме того, при строительстве рыбоводные пруды можно располагать под прямыми углами к преваляющим ветрам, что уменьшает эрозию.

Дамбы прудов необходимо засеивать травой. В южных штатах для этого обычно используют бермудскую траву. Она быстро разрастается и хорошо скрепляет землю. Дамбы, по которым регулярно движется транспорт, засыпают гравием, что уменьшает их износ. Гравийные дороги, кроме того, обеспечивают доступ к прудам после сильных дождей.

На зиму пруды часто спускают. После осеннего облова пруд спускают, он высыхает и так стоит до весны. Дно прудов можно бороновать для аэрации почвы, разравнивать и вносить известь для изменения химических показателей воды (см. главу 4) и стерилизации осадка. Весной пруды можно обрабатывать гербицидами до или после заполнения для предотвращения развития нежелательной растительности и уничтожения наземных растений, которые могли попасть в пруд, пока он стоял сухим. В некоторых хозяйствах предпочитают заполнять пруды после облова и оставлять их заполненными на всю зиму. Тем не менее после спуска пруд должен какое-то время просохнуть для окисления осадков, и каждые три—пять лет дно необходимо обрабатывать дисковым культиватором.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

В разных странах мира существуют промышленные и экспериментальные системы культивирования, которые отличаются от описанных выше. Эти системы представляют собой либо модификации каких-то известных систем, либо предназначены для культивирования животных, которые плохо адаптируются к условиям прудов, каналов, бассейнов или садков. Одна из модификаций типичной системы каналов, включающая бассейн, через который циркулирует вода, описана выше. Такая система, состоящая из двух серий каналов, использовалась для изучения возможностей разведения канального сомика и форели в штате Джорджия (Hill et al., 1974). Однако существуют и такие системы, которые в принципе отличаются от описанных до сих пор.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

Использование бытовых сточных вод для удобрения прудов. Практически неограниченное количество органических веществ ежегодно извлекается из бытовых стоков в США. При соответствующей очистке патогенные организмы могут быть практически полностью обезврежены, а питательные вещества использованы для получения фитопланктона. Такая лабораторная установка была создана в Океанографическом институте в Вудс Холе (Huguenin and Ryther, 1974; Huguenin, 1975; DeBoer et al., 1977). В системе утилизируются питательные вещества, содержащиеся в бытовых стоках, поступающих на станцию очистки. Эти питательные вещества входят в состав культуральной среды, на которой выращивают фитопланктон и макроскопические водоросли. Водоросли, которые не могут быть непосредственно использованы в пищу человека или на корм скоту, непрерывно скармливаются устрицам, клемам, мидиям и гребешкам. Фекалии и псевдофекалии (моллюски при обилии пищи часто выделяют фекальные комки, почти полностью состоящие из непереваренных клеток водорослей), выделяемые этими беспозвоночными, потребляются морскими червями, которых можно продавать в качестве наживки. В систему запускали также рыб, которые питались травоядными беспозвоночными.

Получаемые в такой системе растения и животные могут быть пригодны в пищу человека только после соответствующего разрешения федеральных властей. В настоящее время такие системы не только не имеют законного статуса, но и неприемлемы по этическим соображениям, но в будущем они могут оказаться полезными для получения дешевых продуктов питания, а также для утилизации богатых органическими веществами стоков. Использование человеческих экскрементов и навоза для удобрения земли и воды широко практикуется в Азии и других частях света. Исследования возможностей применения органических отходов в США представляются своевременными, хотя для их применения может потребоваться еще несколько лет.

Использование отходов животноводства в аквакультуре. Важной проблемой, связанной с выращиванием наземных животных, является утилизация жидких и твердых отходов. Как и бытовые стоки, отходы от животноводства можно вывозить в специально отведенные участки, где в земляных отстойниках происходит их разложение. Высокое содержание питательных веществ в навозе после его окисления может обеспечить бурное развитие фитопланктона и вызвать высокую вторичную продуктивность в сообществах зоопланктона и бентоса. В США получению продукции более высокого уровня в таких системах уделялось мало внимания, хотя в других частях света (особенно в Азии) в земляных отстойниках издавна выращивают рыбу и другие водные организмы. В последнее время этот опыт изучался в Израиле и в США (Schroeder, 1974; Stickney et al., 1977a, 1977b; Buck et al., 1978; Stickney and Hesby, 1978).

Многие виды рыб и беспозвоночных не способны переносить низкое содержание растворенного кислорода и высокие концентрации аммиака, характерные для отстойников, но для тилапии такие условия, по-видимому, не вредны, особенно если отходы животноводства вносят в пруды под контролем. Оптимальные количества навоза, обеспечивающие требуемое развитие планктона и качество воды, не определены, но исследования в этом направлении ведутся. Опыт автора показал, что количество вносимого навоза и качество развивающегося фитопланктона лучше всего поддаются контролю, если в качестве органической добавки используется птичий помет.

Одна из трудностей, связанных с разведением холодоустойчивых видов, принадлежащих к роду тилапии, заключается в том, что племенное стадо должно зимовать в теплой воде. В результате зимой получение рыбной продукции прерывается, а производство навоза продолжается. Для эффективного функционирования подобной системы необходимы либо холодоустойчивые виды, либо воду необходимо подогревать, либо зимой навоз необходимо вносить иначе, чем в сезон роста. Из этих вариантов вариант с подогревом воды наименее желателен из соображений экономии.

Рыба, выращенная в прудах, в которые вносился навоз, теоретически может быть предназначена в пищу, если удастся доказать, что продукт не содержит патогенных организмов. Чтобы обеспечить выполнение санитарных требований, а также из этических соображений рыбу можно извлекать из пруда и помещать в бассейны с чистой водой на определенное время, в течение которого рыба получает гранулированный корм. Продолжительность содержания рыбы в таких прудах может составлять от нескольких дней до нескольких недель. Эффективность такой обработки должна подтверждаться микробиологическими анализами.

Более практичной представляется идея подобного выращивания рыбы на рыбную муку, предназначенную на корм скоту. Исследования, в которых использовалась мука из тилапии, показали, что бройлеры росли так же хорошо или даже лучше, чем когда их кормили мукой из анчоуса или одним зерном (Rowland et al., 1977).

ДРУГИЕ СИСТЕМЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Подвесные системы. Подвесные системы для культивирования устриц и мидий не получили широкого распространения в США, хотя в других странах они применяются довольно широко. Канаты (коллекторы) подвешивают к плотам или заякоренным платформам и опускают в воду. Раковины моллюсков нанизывают на канаты, и они служат субстратом для оседания культивируемых животных. Заселение посадочным материалом может осуществляться на месте при опускании коллекторов в воду на участках, где происходит естественный нерест устриц или мидий, или в лаборатории (см. главу 6). В районах с высокой продуктивностью

количество оседающих личинок двустворчатых моллюсков (спата) может быть так велико, что необходимо прореживание, которое выполняют вручную.

При подвешной системе культивирования эффективно используется весь столб воды, в то время как при донном культивировании — только двухмерное пространство. Кроме того, при подвешивании культивируемые организмы недосыгаемы для хищников типа устричных сверл и морских звезд при условии, что коллекторы не касаются субстрата. Подвесные системы необходимо располагать в районах с высокой продуктивностью фитопланктона, чтобы обеспечить потребности всех выращиваемых организмов в пище и достичь быстрого роста. Коллекторы можно по очереди извлекать для сбора урожая, проверки темпа роста, профилактических или лечебных мероприятий и удаления обрастания.

В последние годы в связи с развитием бурения на шельфе возникла идея подвешивания коллекторов к буровым платформам. Однако в настоящее время буровые платформы не рассчитаны на дополнительный вес коллекторов с моллюсками. Если буровые фирмы проявят интерес к созданию соответствующей платформы, нет сомнений, что эта проблема будет решена.

Культивирование лангустов. Способ культивирования лангустов, который применяется в основном в штате Луизиана, несколько отличается от традиционных способов выращивания гидробионтов в прудах. В настоящее время в США в основном выращивают лангустов двух видов — *Procambarus clarkii* и *P. acutus*, причем преобладает первый (LaCaze, 1986).

Промышленная добыча лангустов исторически сосредоточена в бассейне р. Ачафалая в южной части штата (de la Bretonne and Fowler, 1976). В 1959—1965 гг. ежегодный улов составлял 90 тыс.—4,5 млн. кг. Из-за колебаний уловов было предпринято искусственное разведение лангустов в прудах для обеспечения стабильного урожая. В 1973 г. в Луизиане под разведение лангустов было занято свыше 3000 прудов площадью около 18 000 га (Garg, 1973). Применялось три способа культивирования (LaCaze, 1976; de la Bretonne, 1977). Наиболее желательным с точки зрения максимального использования земли является чередование выращивания риса и лангустов. Из-за различной глубины, необходимой для выращивания риса и лангустов, часто бывает необходимо увеличивать высоту дамб рисовых участков для обеспечения требуемой для лангустов глубины, которая составляет 30—75 см, в то время как для риса требуется всего 15 см (LaCaze, 1976). Второй способ — выращивание лангустов в открытых прудах. Третий способ заключается в обваловывании различных, часто болотистых, участков, заросших деревьями или кустарником.

Маточное стадо помещают в естественно заполняемые пруды в конце мая или в июне. Лакейз (1976) считает, что число самцов и самок в стаде должно быть одинаковым. В зависимости от степени затенения пруд заселяют из расчета 20—100 кг/га (LaCaze, 1976). Самая высокая цифра относится к открытым прудам

с незначительной растительностью или вообще лишенным растительности.

Размножение происходит в конце лета и осенью (более подробно см. главу 6), пруды облавливают с января по март (de la Bretonne and Fowler, 1976). Вылавливают лангустов обычно с помощью ловушек различной формы, в которые помещают приманку. Этот способ лучше, чем спуск прудов или облов неводом. В лангустовых прудах обычно присутствует различная растительность, поэтому неводный лов в них, как правило, нецелесообразен.

На рисовых чеках молодь, так же как и производители, может питаться остатками убранный риса. В открытых прудах можно сажать дикий рис, сорго или просо для обеспечения лангустов пищей. Кроме перечисленных злаков в лангустовых прудах часто растут различные водоросли, рогоз (*Typha* sp.) и рдест (*Potamogeton* sp.). Каждое из этих растений может служить пищей для лангустов, но и ухудшать качество воды или затруднять обслуживание прудов (LaCaze, 1976).

Теоретические системы аквакультуры. Выдвинуто несколько интересных идей по развитию аквакультуры в открытом океане, некоторые из которых могут быть претворены в жизнь. Одна из таких идей заключается в использовании дрессированных дельфинов в качестве «пастухов» для культивируемых животных. Другая идея связана с использованием звуковых волн для удержания выращиваемых животных в определенной зоне. Эти идеи не получили пока поддержки, но их реализация может быть перспективной в будущем.

Пока же для выращивания водных животных либо отгораживают большие участки для высокоинтенсивной мариккультуры, либо выращивают животных на океанских «ранчо». В обоих случаях возникают трудности, связанные с хищничеством, а в первом случае еще и обслуживанием отгороженных участков. Выращивание в океане ограничено, разумеется, проходными видами, среди которых нет теплолюбивых объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разнообразие водных систем, применяемых для культивирования гидробионтов, весьма примечательно. Положительные и отрицательные стороны есть почти у каждого вида систем, и выбор часто зависит от экономических соображений, возможностей участка, а также до некоторой степени от личного опыта и желания. Безусловно, при выборе типа водной системы важнейшим фактором являются также потребности культивируемого вида. Каждая водная система уникальна, что определяется особенностями источника водоснабжения, конфигурацией дна и доступными для строительства материалами.

Хотя описанные в этой главе системы пригодны в основном как для пресноводной, так и для морской аквакультуры, проблему коррозии в морской воде всегда следует учитывать при выборе материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Balderston, W. L., and J. McN. Sieburth. 1976. Nitrate removal in closed-system aquaculture by columnar denitrification. *Appl. Environ. Microbiol.* 1976; 808—818.
- Boyd, C. E. 1968a. Evaluation of some common aquatic weeds as possible foodstuffs. *Hyacinth Control. J.* 7: 26—27.
- Boyd, C. E. 1968b. Fresh-water plants: A potential source of protein. *Econ. Bot.* 22: 359—368.
- Broom, J. G. 1963. Natural and domestic production of crawfish. *La. Conserv.* 15 (2—4): 14—15.
- Buck, D. H., R. J. Bauer, and C. R. Rose, 1978. Utilization of swine manure in a polyculture of Asian and North American fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 216—222.
- Buss, K. D. R., Graff, and E. R. Miller. 1970. Trout culture in vertical units. *Prog. Fish-Cult.* 32: 187—191.
- Chamberlain, G., and K. Strawn. 1977. Submerged cage culture of fish in supersaturated thermal effluent. *Proc. World Maricult. Soc.* 8: 625—645.
- Davis, J. T. 1977. Design of water reuse facilities for warm water fish culture. Ph. D. dissertation, Texas A & M University, College Station. 100 p.
- DeBoer, J. A., B. E. Lapointe, and J. H. Ryther. 1977. Preliminary studies on a combined seaweed mariculture—Tertiary waste treatment system. *Proc. World Maricult. Soc.* 8: 401—406.
- de la Bretonne, L., Jr. 1977. A review of crawfish culture in Louisiana. *Proc. World Maricult. Soc.* 8: 265—269.
- de la Bretonne, L., Jr. and J. F. Fowler. 1976. The Louisiana crawfish industry—Its problems and solutions. *Proc. Southeast. Assoc. Fish Wildl. Agencies*, 30: 251—256.
- Gary, D. L. 1973. A geographical systems analysis of the commercial crawfish industry in South Louisiana. M. S. thesis, Oregon State University, Corvallis, 123 p.
- Germany, R. D. 1977. Population dynamics of the blue tilapia and its effects on the fish populations of Trinidad Lake, Texas Ph. D. dissertation, Texas A & M University, College Station, 85 p.
- Hill, T. K., J. L. Chesness, and E. E. Brown. 1974. Growing channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), in raceways. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 27: 488—499.
- Huguenin, J. E. 1975. Development of a marine aquaculture research complex. *Aquaculture*, 5: 135—150.
- Huguenin, J. E., and J. H. Ryther. 1974. Experiences with a marine aquaculture-tertiary sewage treatment complex. Proceedings of the conference on waste water use in the production of food and fiber. U. S. Environmental Protection Agency, EPA—660/2—74—041.
- Kelley, J. R. Jr. 1973. An improved cage design for use in culturing channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 35: 167—169.
- Kelly C. B. 1974. The toxicity of chlorinated waste effluents to fish and considerations of alternative processes for the disinfection of waste effluents. Virginia State Water Control Board.
- Koller, L. R. 1965. Ultraviolet radiation. Wiley, New York. 312 p.
- LaCaze, C. G. 1976. More about crawfish. *La Conserv.* 18. (5—6): 2—7.
- LaCaze, C. G. 1976. Crawfish farming (rev. ed.). Louisiana Wildlife and Fish Commission Fishery Bulletin 7. 27 p.
- Layton R. F. 1972. Analytical methods for ozone in water and wastewater applications. In F. L. Evans (Ed.). *Ozone in water and wastewater treatment*, Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Mich, pp. 15—18.
- Lewis, W. M., and G. L. Buynak. 1976. Evaluation of a revolving plate type biofilter for use in recirculated fish production and holding units. *Trans Am. Fish. Soc.* 105: 704—708.
- Liao, P. B., and R. D. Mayo. 1974. Intensified fish culture combining water reconditioning with pollution abatement. *Aquaculture*, 4: 61—85.

- Meade, T. L. 1974. The technology of closed system culture of salmonids. Marine Technology Report 30. University of Rhode Island Sea Grant Publications, Narragansett. 30 p.
- Milne, P. H. 1976. Engineering and the economics of aquaculture. J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 888—898.
- Parker N. C., and B. A. Simco. 1973. Evaluation of recirculating systems for the culture of channel catfish. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish. Comm. 27: 474—487.
- Pennington, C. H. 1977. Cage culture on channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), in a thermally modified Texas reservoir. Ph. D. dissertation, Texas A&M University, College Station 111 p.
- Rowland, L. O. D. M. Hooge, and R. R. Stickney. 1977. Evaluation of tilapia meal as a protein source for broilers. Poult. Sci. 56: 1752.
- Ruttner, F. 1953. Fundamentals of limnology. University of Toronto Press, Toronto. 295 p.
- Sander, E., and H. Rosenthal. 1975. Application of ozone in water treatment for home aquaria, public aquaria and for agriculture purposes. In W. J. Blogoslawski and R. G. Rice (Eds.), Aquatic applications of ozone. International. Ozone Institute, Syracuse, N. Y., pp. 103—114.
- Schroeder, G. 1974. Use of cowshed manure in fish ponds. Bamidgeh, 26; 84—96.
- Speece, R. 1973. Trout metabolism characteristics and the rational design of nitrification facilities for water reuse in hatcheries. Trans. Am. Fish. Soc. 102; 323—334.
- Stickney, R. R., and J. H. Hesby. 1978. Tilapia culture in ponds receiving swine waste. In R. O. Smitherman, W. L. Shelton, and J. H. Grover (Eds.), Culture of exotic fishes symposium proceedings. Fish Culture Section, American Fisheries Society, Auburn, Ala., pp. 90—101.
- Stickney, R. R., H. B. Simmons, and L. O. Rowland. 1977a. Growth responses of *Tilapia aurea* to feed supplemented with dried poultry waste. Tex. J. Sci. 29: 93—99.
- Stickney, R. R., L. O. Rowland, and J. H. Hesby, 1977b. Water quality—*Tilapia aurea* interactions in ponds receiving swine and poultry wastes. Proc. World Maricult. Soc. 8. 55—71.
- Westin, D. J. 1974. Nitrate and nitrite toxicity to salmonid fishes. Prog. Fish-Cult. 34: 100—102.
- Wetzel R. G. 1975. Limnology. Saunders, Philadelphia. 743 p.
- Wheaton, F. W. 1977. Aquaculture engineering. Wiley-Interscience, New York. 708 p.
- White, D. B., R. R. Stickney, D. Miller, and L. H. Knight. 1973. Sea water system for aquaculture of estuarine organisms at the Skidaway Institute of Oceanography. Georgia Marine Science Center, Technical Report Series No. 73—1. 18 p.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Andrews, H. W., L. H. Knight, J. W. Page, Y. Matsuda, and E. E. Brown. 1971. Interactions of stocking density and water turnover on growth and food conversion of channel catfish reared in intensively stocked tanks. Prog. Fish-Cult. 33: 197—203.
- Bonn, E. W., and B. J. Follis. 1966. Effects of hydrogen sulfide on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 20: 424—431.
- Broussard, M. C. 1975. High density culture of channel catfish in a recirculating system. M. S. thesis. Memphis State University. 43 p.
- Collins, R. A. 1971. Cage culture of catfish in reservoir lakes. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 24: 489—496.
- Davis, W. P. 1970. Closed systems and the rearing of fish larvae. Helg. Wiss. Meeresunters. 20: 691—696.

- DeManche, J. M., P. L. Donaghay, W. P. Breese, and L. F. Small. 1975. Residual toxicity of ozonated seawater to oyster larvae. Oregon State University Sea Grant College Program Publication ORESU-T-75-003. Oregon State University, Corvallis, 7 p.
- Guidice, J. J. 1966. An inexpensive recirculating water system. *Prog. Fish-Cult.* 28: 28.
- Hettler, W. F., Jr., R. W. Lichtenheld, and H. R. Gordy. 1971. Open seawater system with controlled temperature and salinity. *Prog. Fish-Cult.* 33: 3-12.
- Hirayama, K. 1974. Water control by filtration in closed culture systems. *Aquaculture*, 4: 369-385.
- Honn, K. V., and W. Chavin. 1976. Utility of ozone treatment in the maintenance of water quality in a closed marine system. *Mar. Biol.* 34: 210-201.
- Honn, K. V., G. H. Glezman, and W. Chavin. 1976. A high capacity ozone generator for use in aquacultures and water processing. *Mar. Biol.* 34: 211-216.
- Huguenin J. E. 1976. Heat exchangers for use in the culturing of marine organisms. *Ches. Sci.* 17: 61-64.
- Knepp, G. L., and G. R. Arkin. 1973. Ammonia toxicity levels and nitrate tolerance of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 35: 2-8.
- Liao, P. B., and R. D. Mayo. 1972. Salmonid hatchery water reuse systems. *Aquaculture*. 1: 317-335.
- Loyacano, H. A. Jr., and R. B. Grosvenor. Undated. Effects of Chinese waterschestnut in floating rafts on production of channel catfish in plastic pools. *Tech. Cont. No. 1105*, South Carolina Experimental Station, Clemson University, Clemson, S. C. 8 p.
- Marvin, K. T. 1964. Construction of fiberglass water tanks. *Prog. Fish-Cult.* 26: 91-92.
- McGregor, D. 1973. An inexpensive cool recirculation system for the maintenance of marine flat fish. *Lab. Anim.* 7: 13-17.
- Meade, T. L. 1976. Closed system salmonid culture in the United States. *Marine Memorandum 40*, University of Rhode Island, Narragansett. 16 p.
- Olla, B. L., W. W. Marchioni, and H. M. Katz. 1967. A large experimental aquarium system for marine pelagic fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* 96: 143-150.
- Palmer, F. E., K. A. Ballard, and F. B. Taub. 1975. A continuous culture apparatus for the mass production of algae. *Aquaculture*, 6: 319-331.
- Parisot, T. J. 1967. A closed recirculating seawater system. *Prog. Fish-Cult.* 29: 133-139.
- Parker, N. C. 1972. The culture of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, in an indoor recirculation raceway system. M. S. thesis. Memphis State University, 29 p.
- Pruder, G., C. Epifanio, and R. Malout. 1973. The design and construction of the University of Delaware mariculture laboratory. *Sea Grant Report SeL-SG-7-73*, University of Delaware. 96 p.
- Robinette, H. 1973. The effect of selected sublethal levels of ammonia on the growth of channel catfish (*I. punctatus*). *Prog. Fish-Cult.* 38, 26-29.
- Russo, C. E., C. E. Smith, and R. V. Thurston. 1974. Acute toxicity of nitrate to rainbow trout. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 31: 1653-1655.
- Schmittou, H. R. 1970. The culture of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), in cages suspended in ponds. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 23: 226-244.
- Smith, C. E., and W. G. Williams. 1974. Nitrite toxicity in rainbow trout and chinook salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 103: 389-390.
- Spotte, S. H. 1970. *Fish and invertebrate culture*. Wiley, New York. 145 p.
- Stickney, R. R. 1977. The polyculture alternative in aquatic food production. In P. N. Kaul and C. J. Sindermann (Eds.). *Drugs and food from the sea myth or reality?* University of Oklahoma Press, Norman, pp. 385-392.
- Stickney, R. R., T. Murai, and G. O. Gibbons. 1972. Rearing channel catfish fingerlings under intensive culture conditions. *Prog. Fish-Cult.* 34: 100-102.

НЕКОНСЕРВАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Часто высказываются опасения, что вода из определенного подземного или наземного источника водоснабжения может оказаться непригодной для разведения водных организмов, но в большинстве случаев эти опасения оказываются необоснованными. Если соленость воды соответствует основным требованиям культивируемых организмов, большинство хлорированных источников пригодны для разведения водных животных при условии, что вода не слишком загрязнена кислотными смывами, промышленными или бытовыми стоками или сельскохозяйственными удобрениями. Как правило, если в воде источника живут растения и животные, она пригодна для культивирования. Поверхностный источник легко проверить, наблюдая за популяциями, обитающими в природных условиях. Вода большинства ручьев также пригодна для аквакультуры, хотя существуют необычно холодные и теплые ручьи, а также содержащие природные токсикианты, например сероводород.

После того как приемлемый источник воды найден, основной задачей является поддержание качества воды. Самым простым способом поддержания качества является постоянная подача свежей воды в систему культивирования. Этот процесс может быть весьма дорогостоящим в зависимости от источника водоснабжения и способов подачи воды, но такие затраты часто окупаются высокой выживаемостью выращиваемых организмов. Для предотвращения ухудшения качества воды необходим также строгий контроль, однако, если ухудшение все-таки наступает, очень полезно, а во многих случаях просто необходимо иметь в своем распоряжении достаточное количество свежей воды.

Знание гидрохимии исключительно важно в аквакультуре. Почти каждая проблема, возникающая при выращивании водных организмов, является причиной или результатом ухудшения качества воды. Например, вспышка заболеваний часто вызывается низким содержанием в воде растворенного кислорода, хотя между моментом снижения содержания кислорода и вспышкой заболевания может пройти некоторое время (обычно от трех дней до двух недель). И наоборот, гибель некоторого числа животных может

способствовать снижению в воде содержания кислорода, поскольку потребность его на разложение увеличивается. Этого можно избежать, если погибшие животные всплывают на поверхность и их удаляют, но некоторые виды (например, креветки) могут после гибели оставаться на дне и не всегда обнаруживаются, прежде чем начнется разложение.

Определить влияние каждого элемента или соединения на качество воды и последующее возможное влияние этой воды на жизненный цикл водных организмов — исключительно сложная задача, особенно если учитывать влияние различных веществ друг на друга и на качество воды. Очень мало известно и о синергизме, существующем между различными параметрами, определяющими качество воды.

Для правильного ведения процесса культивирования необходимо знать всего несколько параметров, которые легко поддаются определению. Если место для хозяйства аквакультуры выбрано правильно и источник водоснабжения свободен от загрязнений, для поддержания требуемого качества воды необходимо регулярно следить за несколькими параметрами и периодически — еще за несколькими.

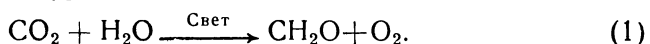
Когда хозяйство аквакультуры расположено в сельскохозяйственном районе, возможно непосредственное загрязнение системы культивирования смывами с полей или в результате распыления химикатов с воздуха. Для предотвращения этих явлений необходимо принимать специальные меры. Руководство сельскохозяйственной авиации должно быть поставлено в известность о местонахождении прудов. Химикаты нельзя распылять против ветра и если его скорость превышает несколько километров в час.

Если загрязнения находятся в контролируемых пределах, основной задачей является определение параметров поступающей воды. Кроме того, необходимо также знать естественные колебания этих параметров. Ниже изложены неконсервативные свойства воды, т. е. те, которые подвержены влиянию биологических процессов. В четвертой главе рассмотрены консервативные свойства, т. е. те, которые не зависят от биологической активности.

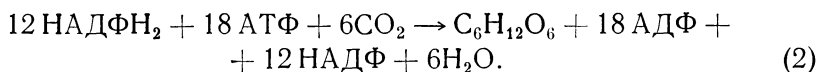
ФОТОСИНТЕЗ И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ

ФОТОСИНТЕЗ

Многие неконсервативные свойства воды связаны с колебаниями, обусловленными активностью фотоавтотрофных организмов, в том числе водных макрофитов, бентических водорослей (перифитон), фитопланктона, нитчатых водорослей и некоторых видов бактерий. Фотосинтез — процесс, в результате которого диоксид углерода превращается в органическое вещество, проще всего описывается следующим уравнением:



Фотосинтез осуществляется в присутствии света, хлорофилла и некоторых ферментов. Поскольку в процессе фотосинтеза в результате серии сложных реакций образуется много промежуточных веществ, уравнение (1) не полностью описывает этот процесс. Процесс фотосинтеза происходит в электронной транспортной системе, и в нем участвуют такие вещества, как АТФ (аденозинтрифосфат), АДФ (аденозиндифосфат) и НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат). Изменения, которые происходят в этих веществах в результате фиксации диоксида углерода в процессе фотосинтеза, могут быть выражены следующим образом (Steemann Nielsen, 1975):



Большинство фотоавтотрофных организмов поглощает свет с длиной волны от 350 до 700 нм, в то время как автотрофные бактерии поглощают свет с длиной волны до 900 нм. Это, по-видимому, связано со способностью бактерий утилизировать химическую энергию для увеличения своей биомассы (Steemann Nielsen, 1975). Для большинства растений фотосинтез представляет собой реакцию на свет определенной длины волны в видимом диапазоне. При попадании света в воду он рассеивается или поглощается с глубиной в результате абсорбции и рассеяния. Коэффициент вертикального рассеяния света в воде может быть выражен следующим уравнением (Steemann Nielsen, 1975):

$$E_z = E_0 e^{-Kz}, \quad (3)$$

где E_z — излучение на горизонтальной плоскости на глубине z (м); E_0 — излучение непосредственно под поверхностью воды; e — основание натурального логарифма; K — коэффициент ослабления.

Из уравнения (3) следует, что с увеличением глубины интенсивность света быстро убывает.

По мере проникновения света в воду количество и качество его изменяются. Сначала поглощаются длинные волны, затем с увеличением глубины — короткие. Подводные цветные фотографии, сделанные в видимом свете, как правило, зелено-голубые из-за отсутствия более длинных волн на глубине уже нескольких метров. Многие морские организмы красного цвета, но на мелководье они незаметны, поскольку красный цвет первым исчезает из видимого спектра под водой. Глубина, на которую свет любой длины волны проникает в воду, частично зависит от содержания в ней взвешенного вещества. Растворенное органическое вещество также может оказывать большое влияние на проникание света. Некоторые прибрежные воды характеризуются высоким содержанием органических кислот, которые придают воде цвет чая. То же самое относится и к заболоченным озерам, обычно встречающимся в умеренных районах.

В открытом океане количество проникающего света значительно больше, чем в эстуариях, ручьях и даже озерах. Морская

вода вдали от берега характеризуется, как правило, низким содержанием взвешенных, органических и других веществ, которые могут повлиять на ее цвет или прозрачность. Присутствие планктона влияет на проникновение света, при этом максимум планктона наблюдается в прибрежной части. Однако и в открытом море встречаются плотные скопления планктона, особенно фитопланктона. В олиготрофных озерах свет может проникать на относительно большую глубину, однако в соответствии с классификацией такие озера обладают низкой продуктивностью и не встречаются в большинстве районов, где распространено выращивание теплолюбивых рыб и беспозвоночных. Эвтрофные озера, характерные для южных штатов Америки и тропиков, во многих отношениях исключительно пригодны для аквакультуры, хотя вода в них часто очень мутная и плохо проницаема для света.

Поскольку водных животных, как правило, выращивают в относительно мелкой воде, обычно не заботятся о том, чтобы обеспечить проникновение света на большую глубину. Глубина, на которой освещенность составляет 1% падающей, называется компенсационной глубиной. Даже в мутной воде рыбоводных прудов интенсивность света у дна обычно превышает 1% падающей, а в прудах, где это не так, свет все равно проникает на достаточную для обеспечения фотосинтеза глубину. В большинстве прудов происходит перемешивание, хотя может существовать и термоклин. В любом случае даже ограниченное перемешивание обеспечивает клеткам фитопланктона достаточное количество света ежедневно для поддержания их непрерывного роста. Если на дне рыбоводного пруда ощущается некоторый дефицит света, рост водных макрофитов может замедляться, что, как правило, выгодно для аквакультуры.

Скорость фотосинтеза зависит от количества доступного хлорофилла и наличия света определенных качества и количества. Кроме того, фотосинтез зависит от температуры. Обычно скорость химических реакций с повышением температуры возрастает, во всяком случае, в нормальном диапазоне температурной толерантности для выращиваемых видов. Таким образом, считается, что в теплое время года скорость фотосинтеза выше, чем зимой. Существуют, разумеется, некоторые виды растений и животных, которые лучше адаптированы к холодной воде, и в составе фитопланктона могут быть некоторые сезонные изменения. Тем не менее самые высокие уровни первичной продукции в умеренном климате наблюдаются в теплые месяцы при наличии необходимых питательных веществ.

В зеленых растениях присутствуют, по крайней мере, три типа хлорофилла: хлорофиллы а, b, с. Хлорофилл а наиболее важен с точки зрения поглощения энергии. Другие фотосинтезирующие растительные пигменты включают каротиноиды (каротин, лютеин, фукоксантин и перидинин) и билипротеины (фикоэритрин и фикоцианин). Стиван Нильсен (1975) установил, что другие пигменты, помимо хлорофилла способны переносить поглощае-

мую ими энергию тому типу хлорофилла, который лучше других приспособлен для ее утилизации в процессе фиксации углерода. Остальные каротиноиды, по-видимому, принимают незначительное участие или вовсе не участвуют в фотосинтезе.

РОЛЬ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Учитывая, что основной продукцией аквакультуры являются рыбы, а не растения, первичная продуктивность может иметь или не иметь значения для рыбовода. Безусловно, она не имеет значения в замкнутых циркуляционных системах, за исключением случаев, когда они расположены на открытой площадке, где возможно попадание нежелательных видов, или в системе, где предусмотрено выращивание растений. Растительность определенных видов часто желательна в прудах, но развитие посторонних видов может осложнить процесс выращивания.

В большинстве случаев макрофитов и нитчатых водорослей следует избегать, а рост фитопланктона стимулировать способами, изложенными выше. Фитопланктон служит пищей для личинок и молоди некоторых культивируемых видов. Поддержание культуры фитопланктона способствует избавлению от нежелательных видов.

Макрофиты обычны как для пресной, так и для морской воды, однако наиболее серьезную проблему водная растительность представляет в пресноводных прудах. Слишком заросшие пруды не только представляют собой неприглядное зрелище, но чрезмерно разросшаяся растительность утилизирует питательные вещества, которые могли бы быть использованы фитопланктоном.

Водная растительность может до некоторой степени влиять на температуру воды в прудах, особенно в течение суток, когда прозрачность воды обусловлена ограниченной продуктивностью фитопланктона. Прозрачная вода медленнее нагревается и быстрее остывает. В результате утилизации макрофитами питательных веществ вода в глубинных слоях осветляется и солнечный свет может глубже проникать и интенсифицировать рост высших водных растений. Если не принять мер, эта растительность полностью заполнит пруд за несколько дней или недель.

Плавающие организмы могут запутаться в зарослях высших водных растений и нитчатых водорослей и таким образом стать легкой добычей для водных насекомых, улиток, черепах и других хищников. В сильно заросших прудах доступ культивируемых объектов к кормам может быть значительно затруднен и большинство их может осесть на дно и превратиться в удобрения, что еще больше усугубит ситуацию.

Еще одна проблема, связанная с зарастанием прудов, заключается в трудностях облова и инспекции прудов, даже если в них содержится умеренное количество нежелательной растительности. Тащить невод в таких условиях бывает очень трудно. В результате многим животным удается спрятаться или уйти от невода.

Пойманных особей приходится высвобождать из водорослей, забивающих сеть.

Отмершие и разлагающиеся водоросли потребляют кислород, который необходим культивируемому животным. Такая ситуация может привести к критически низкому содержанию кислорода и вызвать стресс, способствующий развитию вспышек заболеваний, или непосредственную гибель.

Изучались возможности использования макрофитов в качестве корма для домашнего скота (Baily, 1965; Lange, 1965; Boyd, 1968a, 1968b; Culley and Epps, 1973). Кроме того, в главе 2 рассматривалась перспектива использования макрофитов для третичной обработки воды в интенсивных системах культивирования. Влажность водных макрофитов настолько высока, что после обезвоживания остается очень мало сухого вещества, она же делает транспортировку макрофитов нецелесообразной. Чтобы водную растительность было целесообразно скармливать скоту, водных и наземных животных необходимо разводить в непосредственной близости друг от друга либо должны быть предусмотрены недорогие способы сушки и транспортировки водных растений. В большинстве случаев заросшие озера и пруды представляют собой лучший источник корма для животных, чем рыбоводные пруды, поскольку плотность водных растений, необходимая для обеспечения корма для скота, сделает воду непригодной для культивирования. Можно, разумеется, использовать рыбоводные пруды только для выращивания водной растительности, но, если растительность предполагается использовать на корм скоту, это неэкономично.

ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

При обычном промышленном культивировании необходимость в измерении первичной продуктивности не возникает. Как правило, ограничиваются лишь контролем за нежелательной растительностью и поддержанием требуемого содержания в воде растворенного кислорода путем фотосинтеза и другими методами. Однако с теоретической точки зрения необходимо понимание биологических процессов фотосинтеза и способов измерения первичной продуктивности. С распространением практики внесения в рыбоводные пруды органических и неорганических удобрений необходимость в определении первичной продуктивности будет возникать чаще.

Первичную продуктивность однолетней высшей водной растительности и плавающих растений легко можно измерить, определяя сухую биомассу на единицу площади в конце сезона выращивания. В общем случае можно принять, что первоначальной биомассой (за исключением в некоторых случаях корней) можно пренебречь. Этот способ непригоден для фитопланктона, нитчатых водорослей или перифитона, которые присутствуют в природных водоемах круглый год. Эти растения часто растут хаотично и в раз-

ные периоды года среди них могут доминировать различные виды. Для определения активности перифитона в воду можно помещать на определенную глубину чистый субстрат (стеклянные пластинки или палочки) и определять скорость, с которой растительность аккумулируется на субстрате. Определения обычно производятся по сухой массе без золы (разность в массе вещества после высушивания при температуре 80—105°C и последующего сжигания при 550—600°C). Недостатком этого способа является то, что помимо растений на субстрат оседают также различные животные и, хотя крупных насекомых (в пресной воде), а также оболочников, желудей и мшанок (в морской воде) можно удалять механическим способом, их личинки, а также простейшие остаются, поэтому фактически такие определения дают представление о скорости роста сообщества Aufwuchs, а не о его перифитоне.

Существует несколько способов косвенного определения первичной продуктивности. Один из них — способ светлых и темных склянок (Gaarder and Gran, 1927), в соответствии с которым идентичные пробы воды из природного водоема отбирают в две склянки — прозрачную и непрозрачную. Определяют содержание растворенного кислорода (РК) в исходной воде, затем каждую склянку опускают на определенную глубину в водоем, из которого брали пробы, или в емкость, в которой имитируются природные условия. Продолжительность опыта в течение светового дня может составлять до нескольких часов, после чего снова определяют РК. В прозрачной (светлой) склянке он должен быть выше, чем в исходной воде, в результате фотосинтетической активности (при условии, что склянки находились выше слоя компенсационной глубины), в то время как в непрозрачной (темной) склянке РК должен понизиться в результате дыхания организмов, присутствующих в пробе. Количество кислорода, поглощенного в темной склянке, прибавляют к количеству кислорода, выделившегося в светлой склянке, и получают показатель общей первичной продуктивности. Теоретическое количество углерода, связанного в период опыта, можно получить из уравнения (1).

Многие исследователи считают метод светлых и темных склянок слишком приблизительным, поэтому были разработаны другие способы. Один из них заключается в определении первичной продуктивности путем измерения скорости связывания углерода. Метод определения первичной продуктивности по углероду-14 (¹⁴C) представляет собой модификацию метода светлых и темных склянок, за исключением того, что вместо количества образовавшегося или поглощенного растворенного кислорода определяют количество связанного в период опыта радиоактивного углерода в пробе воды. Количество поглощенных радиоизотопов обычно определяют с помощью жидкостного сцинтилляционного счетчика. Этот способ разработан Стиманом Нильсеном (1951) и модифицирован другими исследователями, которые вычислили поправочные коэффициенты на различные условия видимого поглощения угле-

рода. Например, было установлено, что ^{12}C поглощается растениями медленнее, чем ^{14}C (Stemann Nielsen, 1952), следовательно при вычислении общего количества фиксированного углерода необходим поправочный коэффициент. Во многих случаях для определения продукции фотосинтеза по углероду-14 применяется формула, предложенная Саундерсом с сотрудниками (Saunders et al., 1962).

При работе с ^{14}C используются светлые и темные склянки. Видимая фиксация углерода в темной склянке может быть результатом поглощения или указывать на присутствие хемоавтотрофных бактерий в пробе. Несмотря на различные трудности, связанные с использованием метода ^{14}C , многие ученые до сих пор применяют его при исследованиях первичной продуктивности для получения представления об активности фитопланктона в различных водных системах.

Найденное общее количество хлорофилла в пробе воды или в любой другой пробе, содержащей водоросли, может быть использовано для оценки первичной продуктивности. Способы экстрагирования хлорофилла из водорослей и формулы для расчета содержания различных пигментов по результатам спектрофотометрического анализа разработаны Ричардсом и Томпсоном (Richards and Thompson, 1952) и затем пересмотрены и дополнены Одумом с сотрудниками (Odum et al., 1958). Ритер (Ryther, 1956) обнаружил, что, хотя содержание хлорофилла и скорость фотосинтеза варьируют, скорость фотосинтеза на единицу хлорофилла остается относительно постоянной. Это позволяет по результатам определения содержания хлорофилла получить представление о первичной продуктивности.

Под воздействием света определенных длин волн хлорофилл флуоресцирует, степень флуоресценции связана с количеством содержащегося хлорофилла и, следовательно, с первичной продуктивностью. Выпускаются флуорометры, которые непрерывно регистрируют степень флуоресценции прокачиваемой через них воды. В большинстве случаев с помощью того же прибора можно периодически получать значения флуоресценции небольшого образца воды. Определение производится почти мгновенно, и никакой предварительной обработки пробы не требуется. Это позволяет за один день проанализировать до нескольких тысяч проб, в то время как методы определения продукции кислорода и поглощения с помощью ^{14}C дают возможность обработать всего несколько проб в день. Флуорометрия дает, по крайней мере, относительное представление о первичной продуктивности и все шире применяется океанологами и лимнологами для быстрых и многочисленных определений активности фитопланктона. Этот способ получил положительную оценку в исследованиях по аквакультуре, поскольку он позволяет быстро и часто сравнивать между собой первичную продуктивность в различных прудах, каналах и других выростных емкостях. Способ может оказаться особенно полезным, если в выростные емкости вносят удобрения.

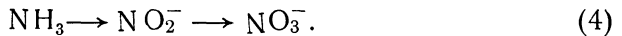
ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Для быстрого фотосинтеза растениям необходимы различные питательные вещества. Особая роль в этом отношении принадлежит фосфору и азоту (прежде всего в виде PO_4^{-3} и NO_3^- соответственно). Кремний абсолютно необходим для быстрого роста диатомовых, но редко оказывается лимитирующим фактором в системах аквакультуры. Если азот или фосфор становится лимитирующим фактором, рост растений замедляется. Добавка лимитирующего питательного вещества будет стимулировать первичную продуктивность до тех пор, пока лимитирующим не станет какое-либо другое вещество или источник дополнительного питательного вещества не окажется исчерпанным.

АЗОТ

Азот необходим всем живым организмам, так как он является важным компонентом белков и других биохимических веществ. Растения извлекают азот из воды в основном в виде нитратов (NO_3^-)*. Животные удовлетворяют свои потребности в азоте, поедая растения или других животных.

Азот выделяется животными в различных формах — аммиак, креатин, креатинин, мочевины, аминокислоты, мочевая кислота (White et al., 1964). Кроме того, азотсодержащие вещества выделяются в процессе бактериального разложения растений и животных. Азотсодержащие отходы постепенно превращаются в аммиак, который путем нитрификации переходит в нитраты через нитриты NO_2^- :



Этот процесс осуществляется аэробными бактериями. Бактерии *Nitrosomonas* в основном обеспечивают превращение аммиака в нитриты, а *Nitrobacter* — нитритов в нитраты. Некоторые бактерии способны затем превратить нитраты в элементарный азот N_2 , который может выделиться из системы в виде газа. Эти реакции, происходящие как в биофильтрах, так и в природных условиях, обеспечивают поддержание приемлемой концентрации аммиака (Meade, 1976).

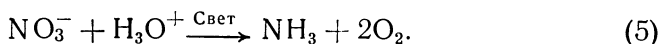
Денитрификация нитратов до элементарного азота может осуществляться различными бактериями, в том числе *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus* и *Corynebacterium* (Meade, 1976). Энергия для реакций восстановления может обеспечиваться углеводами и спиртами. Некоторые замкнутые циркуляционные системы включают специальные камеры, в которых эти реакции интенсифицируются путем добавления определенных органических веществ.

* Наиболее усвояемой формой азота является аммоний.— *Прим. ред.*

В прудах проблемы аккумуляции нитратов не возникает, поскольку первичные продуценты извлекают этот ион из воды по мере его поступления. Однако в замкнутых циркуляционных системах, где фотосинтезирующие организмы отсутствуют, и в других водных системах, в которые поступает большое количество органических и неорганических удобрений, концентрация нитратов может оказаться очень высокой. Концентрация азота, возможно, нетоксичная сама по себе, служит показателем ухудшения других параметров качества воды, которые способны вызвать стресс у культивируемых организмов. Для определения содержания нитратов в пробах воды разработаны колориметрические тесты (АРНА, 1975). Колориметрические приборы для определения содержания нитратов и других веществ не обеспечивают высокой точности, но в аквакультуре речь идет о высоких или низких значениях нитратов, а не о том, изменилось ли показание на 0,01 мг/л с момента предыдущего определения.

Токсичная для водных животных концентрация нитратов неизвестна, а Спотт (Spotte, 1970), вообще, считает, что в большинстве случаев они могут не оказывать прямого токсичного действия. Харт с сотрудниками (Hart et al., 1945) показал, что в 95% исследованных случаев содержание нитратов в природных водах, в которых обитали здоровые популяции рыб, не превышало 4,2 мг/л. Спотт (1970) указывает, что при правильной эксплуатации системы культивирования содержание нитратов редко превышает 20 мг/л.

Хотя азот доступен растениям в нитратной форме, по-видимому, он вновь должен быть восстановлен до аммиака, чтобы ткани растений могли его усвоить (Fogg, 1972). Реакция, очевидно, катализируется светом (как при фотосинтезе) и, по данным Фога, выглядит следующим образом:



Реакция сопровождается выделением свободного кислорода, но его так мало по сравнению с кислородом, выделяющимся в процессе фотосинтеза, что им, по-видимому, можно пренебречь.

После аммиака наименее желательная форма азота в аквакультуре нитритная. В природных водах она встречается редко, поскольку там всегда имеется достаточное количество *Nitrobacter*, чтобы окислить нитриты до нитратов по мере их образования, но в системах культивирования, особенно в замкнутых циркуляционных, впервые заполненных водой, могут создаваться высокие концентрации нитритов. Хотя нитриты и являются промежуточными продуктами, концентрация их может быть высокой, если бактерии не успели заселить биофильтр или если их недостаточно для превращения токсичных нитритов в нитраты по мере их образования. *Nitrosomonas* часто заселяют фильтр значительно быстрее, чем *Nitrobacter*, поэтому путем анализа проб воды трудно определить накопление нитратов или аммиака. Многим рыбоводам не удается определить нитриты (даже и колориметрическим анали-

зом), и они полагают, что если аммиак и нитраты в норме, то и нитриты находятся в допустимых пределах. Со временем *Nitrobacter* заселяют фильтр и размножаются настолько, что способны удалять нитриты из системы, но на это может потребоваться несколько дней или даже недель, а к этому времени высокотоксичные нитриты могут вызвать гибель всех культивируемых организмов.

Лиз (Lees, 1952), сообщал, что, поскольку рост *Nitrobacter* в присутствии аммиака подавляется, нитриты могут накапливаться в биофильтрах до тех пор, пока концентрация аммиака не окажется значительно сниженной. Как только биофильтр начинает эффективно действовать, нитриты перестают накапливаться, если в систему не попадет какое-нибудь химическое вещество и не уничтожит популяцию *Nitrobacter*. Это может произойти, например, во время лечебных мероприятий. В открытых системах или прудах высокие концентрации нитритов не встречаются.

Коникофф (Konikoff, 1975) изучал острую токсичность нитритов для канальных сомов и обнаружил, что для рыб массой 40 г при температуре 21 °С 24, 48, 72 и 96-часовые TL_m (медианный предел толерантности: концентрация, при которой наблюдается 50 % -ная смертность в течение указанного времени) составляли 33,8; 28,8; 17,3 и 24,8 мг/л соответственно. Эти уровни исключительно высоки по сравнению с теми, которые обычно наблюдаются в системах аквакультуры, за исключением экстраординарных условий, описанных выше. Хроническая экспозиция при концентрациях, значительно меньших указанных выше остротоксичных, может, разумеется, вызывать гибель, поэтому, значения, полученные Коникоффом (1975), не следует использовать для установления безопасных концентраций нитритов для канального сомика. В большинстве систем аквакультуры содержание нитритов ниже предела чувствительности почти всех тестов, за исключением самых точных (даже приближенным анализом можно установить присутствие нитритов в концентрации менее 1 мг/л).

Если подозревается отравление рыбы нитритами, необходимо пожертвовать одной особью и взять у нее кровь на анализ. Гемоглобин реагирует с нитритами с образованием метгемоглобина, который придает крови шоколадно-коричневый цвет. Канальный сомик в присутствии летальных концентраций нитритов погибал с открытым ртом и закрытыми жаберными крышками. Отравленные рыбы теряют подвижность и ложатся на дно, но могут начать беспорядочно плавать за минуту до гибели.

Рыбы экскретируют большую часть азотсодержащих веществ в виде аммония (NH^+) через жабры (Hochachaka, 1969). На долю ионов аммония приходится 60—90 % -общего экскретируемого азота (Smith, 1929; Wood, 1958; Fromm, 1963). Другие формы азотсодержащих продуктов обмена в большинстве случаев можно не учитывать. Длительное пребывание водных животных в среде с повышенным содержанием аммиака может привести к замедлению роста, понижению выносливости (Burrows, 1964) или гибели.

Аммиак содержится в воде в двух формах — ионизированной (NH_4^+) и неионизированной (NH_3). Токсичность аммиака для водных животных связывается в основном с неионизированной формой (Chipman, 1934; Wuhrmann et al., 1947; Wuhrmann and Woker, 1948), в то время как ионизированная форма представляется относительно безвредной (Tabata, 1962). Форма, в которой аммиак присутствует в воде, зависит от температуры и рН, а также от других факторов, например от ионной силы раствора. В жестких и соленых водах неионизированного аммиака содержится меньше, чем ионизированного (Emerson et al., 1975). Содержание диоксида углерода в воде также может влиять на форму азота (Tabata, 1962). Майо (1971) показал, как процентное содержание ионизированной и неионизированной форм меняется с изменением рН при нескольких типичных температурах окружающей среды, а Эмерсон (1975) вычислил процентное содержание неионизированного аммиака в воде температурой 0—30 °С и в диапазоне рН 6—10. Так, при 26 °С и рН 7 менее 1% аммиака присутствует в пресной воде в неионизированной форме, а при рН 8,5 и той же температуре на долю неионизированной формы приходится свыше 15% аммиака (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Содержание неионизированной формы NH_3 (в % общего аммиака) при некоторых значениях рН и температуры, типичных для тепловодных систем культивирования (Emerson et al., 1975)

Температура, °С	рН				
	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
16	0,1	0,3	0,9	2,9	8,5
18	0,1	0,3	1,1	3,3	9,8
20	0,1	0,4	1,2	3,8	11,2
22	0,1	0,5	1,4	4,4	12,7
24	0,2	0,5	1,7	5,0	14,4
26	0,2	0,6	1,9	5,8	16,2
28	0,2	0,7	2,2	6,6	18,2
30	0,3	0,8	2,5	7,5	20,3

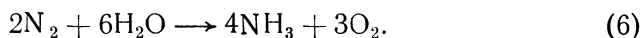
В системах культивирования, особенно в интенсивных, содержание аммиака необходимо постоянно контролировать. Как правило, определяют общее содержание аммиака, но лишь в редких случаях различают общее содержание и содержание неионизированной формы аммиака. В замкнутых циркуляционных системах внесение таких буферных веществ, как устричные раковины или измельченная известь, приводит к увеличению или, по крайней мере, стабилизации рН. Это в свою очередь обуславливает повышенное содержание неионизированного аммиака по сравнению с более кислой средой. Поскольку в нормальном рабочем диапазоне температур и рН тепловодных систем содержание неионизированной формы не выходит за пределы допустимого при условии эффективной работы биофильтра, а окисление воды может вызвать стресс у водных животных, забуферивание

системы рекомендуется во всех случаях. В правильно эксплуатируемой системе общая концентрация аммиака должна быть менее 1 мг/л (желательно менее 0,5 мг/л), при этом содержание неионизированной формы будет находиться в допустимых пределах (см. табл. 3.2).

Некоторые виды животных проявляют относительно высокую толерантность к аммиаку, в то время как другие плохо переносят даже его низкие концентрации. 24-часовая летальная концентрация для канального сомика составляет 2,766 мг/л, если аммиак присутствует в неионизированной форме. Рост канального сомика замедляется, если концентрация неионизированной формы составляет всего 0,12 мг/л (Robinette, 1976), и это очень важно. Влияние аммиака на различных холодолюбивых рыб изучал Хэмпсон (Hampson, 1976), но очень мало известно о токсичности этого вещества для других рыб и беспозвоночных, которые представляют интерес для аквакультуры. Исключение составляет *Tilapia aurea*, для которой установлена остротоксичная концентрация, равная концентрации для канального сомика (Redner, 1978). Исследования также показали, что *T. aurea* способна вырабатывать устойчивость к аммиаку, если перед биотестированием на острую токсичность ее помещают в среду с сублетальным содержанием аммиака. В результате эти особи могли переносить медленное увеличение содержания аммиака, которое часто наблюдается в аквакультуре, в то время как тилапия, не прошедшая предварительной акклимации к повышенному содержанию аммиака, может погибнуть. Такая обработка может быть особенно важной при использовании удобрений в интенсивной системе для культивирования тилапии.

Содержание аммиака определяют колориметрическим методом Несслера (APHA, 1975). Прибор для определения содержания аммиака может представлять собой аммиачный электрод, соединенный с цифровым рН-метром. Метод Несслера дает неточные результаты, особенно в морской воде, поэтому пробы приходится отгонять с паром или связывать ионы Са и Mg различными комплексонами. Аммиак отгоняется вместе с конденсирующимся паром, а посторонние вещества остаются, поэтому после отгонки легко определяется аммиак.

Некоторые типы фотосинтезирующих бактерий и синезеленые водоросли способны связывать атмосферный азот. В случае синезеленых водорослей реакция происходит в темноте, но на свету ускоряется (Fogg, 1972):



Процесс фиксации азота не является важным источником азота по сравнению с суммарным потреблением этого элемента в форме аммиака, нитратов или нитритов, доступного растениям в системе аквакультуры. В интенсивных системах культивирования содержится достаточное количество азота для поддержания высоких уровней первичной продуктивности, если в них имеются рас-

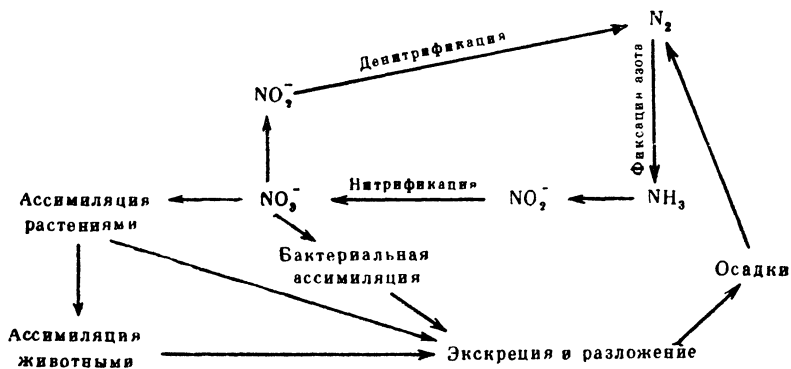


Рис. 3.1. Цикл азота в природных водах

тения, и в большинстве случаев для обеспечения допустимой концентрации различных азотсодержащих веществ необходимо использовать биофильтрацию. Добавление азота, связанного азотфиксирующими бактериями и синезелеными водорослями, к общему количеству азота в замкнутых циркуляционных системах не оказывало заметного влияния в нормальных рабочих условиях. В большинстве экстенсивных систем культивирования азота также хватает, поэтому необходимости в его фиксации не возникает. На рис. 3.1 схематично показан цикл азота в природных водах.

ФОСФОР

Фосфор — питательное вещество, необходимое для роста растений, в большом количестве содержится в костях и зубах животных. В природных водах фосфор содержится только в очень малых концентрациях из-за своей высокой подвижности, хотя общая концентрация фосфатов в природных водах может составлять от 0,01 до более чем 200 мг/л (Wetzel, 1975). За исключением случаев, когда содержание фосфора исключительно высоко, или в присутствии другого лимитирующего вещества фосфор быстро извлекается первичными продуцентами, а неупотребленный сразу может откладываться. При старении и отмирании фитопланктона часто в больших количествах выделяется фосфор, но он обычно быстро поглощается другими первичными продуцентами, которые замещают умерших.

В проточных системах концентрация фосфора обычно не бывает высокой из-за быстрого обмена воды, хотя постоянное несколько повышенное содержание фосфора в результате содержания в воде экскрементов и несъеденной пищи достаточно для поддержания обильного роста первичных продуцентов. Пруды — прекрасные накопители питательных веществ, и, так же как в случае с азотсодержащими веществами, концентрации фосфора мо-

гут возрастать, хотя это в самой воде незаметно, а проявляется только в увеличении количества растений в системе.

Соотношение углерода, азота и фосфора, необходимое для большинства видов фитопланктона, составляет приблизительно 106 : 16 : 1, т. е. для развития первичной продуктивности достаточно даже следовых количеств фосфора. Поскольку в аквакультуре, особенно в прудовой, развитие фитопланктона часто поощряется, важно, чтобы в воде содержалось достаточное количество фосфора для поддержания требуемой продуктивности. Если в результате неправильных действий фитопланктон исчезнет, фосфор пойдет на развитие нитчатых водорослей и водных макрофитов.

Содержание фосфора (в форме фосфатов) определяется колориметрическим методом (АРНА, 1975). Определение несложно и адекватно отражает колебания концентрации фосфатов в диапазоне, важном для аквакультуры (нижний предел чувствительности 1 мг/л или ниже). Поскольку для определения качества воды в системе культивирования существуют различные способы, анализы на содержание фосфатов не входят в число постоянно проводимых.

УДОБРЕНИЕ ПРУДОВ

Удобрение рыбоводных прудов, особенно нитратами и фосфатами, часто производится весной для обеспечения пищей культивируемых животных на некоторых стадиях развития и для формирования зоопланктона и зообентоса, которыми могут питаться культивируемые организмы. Наличие фитопланктона увеличивает мутность воды и затрудняет проникновение солнечного света к высшим водным растениям и нитчатым водорослям на дне пруда.

Внесение удобрений в тепловодные рыбоводные пруды не всегда рекомендуется. В некоторых почвах содержится достаточное количество питательных веществ, которые могут переходить в воду прудов и поддерживать развитие фитопланктона. В поступающей воде, особенно из поверхностного источника, также может содержаться достаточное количество питательных веществ. Кроме того, внесенные в пруд корма, так же как и экскременты культивируемых животных, увеличивают содержание питательных веществ в воде. Если измерения фиксируют очень низкое содержание фосфатов и нитратов или об этом свидетельствует слишком прозрачная вода с низкой первичной продуктивностью, удобрение может быть целесообразным. Удобрения вносятся как в пресноводные, так и в солонатоводные пруды, но в США эти методы применяются в основном в сельском хозяйстве.

Большинство пресных вод хорошо переносят внесение удобрений с соотношением азота, фосфора и калия N—P—K 16—20—4 в количестве 50 кг/га, хотя на почвах с высоким содержанием калия хорошие результаты могут быть получены и при соотношении 16—20—0. Оптимальное количество вносимых удобрений неодинаково для различных районов и зависит от химических

свойств почв и концентрации питательных веществ, растворенных в воде. Удобрения вносятся с интервалами 10—14 дней до тех пор, пока диск Секки не покажет 30 см. Диск Секки представляет собой круглую пластину различного диаметра (в морской воде он часто составляет 40 см, а в пресной — 20 см), выкрашенную белой краской или в белую и черную полоску. Прозрачность по диску Секки определяется как глубина, на которой диск исчезает из виду при погружении в воду. Глубина зависит до некоторой степени от времени дня и облачности. Если диска Секки нет, измерение можно выполнить с помощью руки, которую опускают в воду под прямым углом к предплечью. Обычно количество внесенных удобрений считается достаточным, если рука не видна, когда она опущена в воду по локоть.

Весной, если в рыбноводном пруду не хватает питательных веществ, а те, которые присутствуют, не смогут обеспечить достаточного развития фитопланктона, внесение удобрений целесообразно. Как видно из теоретической кривой роста водорослей (рис. 3.2), в результате внесения удобрений (точка t_0) после некоторой задержки начинается логарифмический рост, который продолжается всего несколько дней или меньше. Внесение удобрений можно повторять с интервалами, указанными выше, до тех пор пока плотность клеток не достигнет желаемого уровня (t_m на рис. 3.2), что для рыбноводных прудов составляет по диску Секки 30 см. Требуемую концентрацию клеток можно поддерживать на уровне верхней асимптоты кривой путем добавления небольших количеств того питательного вещества, которое становится лимитирующим.

Поддержание хорошей популяции планктона не так просто, как это может показаться на первый взгляд. Часто вместо фитопланктона размножаются нитчатые водоросли или высшие растения, и пруд приходится по нескольку раз обрабатывать инсектицидами. Излишнее количество внесенных в пруд удобрений может привести к ухудшению качества воды. В последнем случае высокая интенсивность фотосинтеза при цветении фитопланктона может стать избыточной, что приведет к дефициту кислорода из-за очень высоких потребностей культивируемых видов на дыхание.

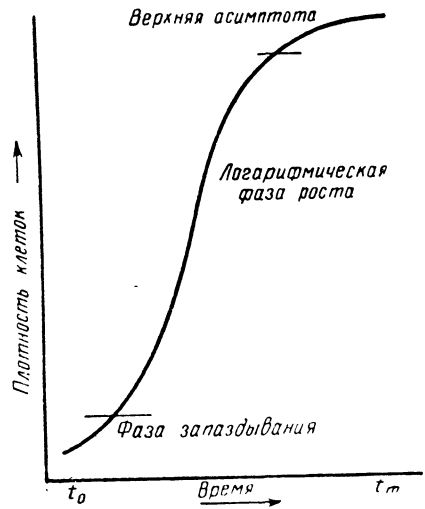


Рис. 3.2. Теоретическая кривая роста фитопланктона

Вообще говоря, тысячи видов микроводорослей могут развиваться в пруду, однако на практике в каждом сообществе фитопланктона, как правило, доминирует один вид, а несколько других существуют в незначительных концентрациях. Какой вид будет доминирующим или когда начнутся увядание и отмирание водорослей, предсказать практически невозможно, после чего в пруду начинают развиваться другой вид водорослей или нежелательные виды растительности.

Как правило, пруды для культивирования при хорошем уходе свободны от высшей растительности или значительных скоплений нитчатых водорослей в течение всего года. Однако встречаются и исключения, например при совместном выращивании риса и проса или креветок и лангустов. В Азии выращивают ханоса в прудах, в которых создается симбиоз водорослей (Pillay, 1972). В настоящее время в большинстве американских хозяйств аквакультуры стремятся удалять несельскохозяйственную высшую растительность прудов. Эта тенденция может несколько измениться, если начнется выращивание растительоядных рыб, например белого амура, или будут разработаны способы облова, позволяющие отлавливать рыбу из пруда, заросшего растениями.

В контролируемых условиях часто удается получить в больших количествах монокультуру микроводорослей, но практических попыток заселить пруд определенными видами этих микроводорослей не предпринималось. Водоросли, размножающиеся в прудах для культивирования, относятся к видам-космополитам и оказываются в любом водоеме после его заполнения, даже если для заполнения использована стерильная вода. Клетки водорослей переносятся птицами и другими животными, обладают спорами и другими самовоспроизводящимися клетками, которые могут переноситься ветром или попадать в пруд с осадками и смывами с почвы.

В водах с высоким содержанием взвешенного вещества развитие планктона иногда затрудняется из-за природного затенения. В таких случаях целесообразно искусственно уменьшать мутность до внесения удобрений. В главе 4 описывается, как это можно сделать.

Для достижения требуемого развития фитопланктона удобрения иногда приходится вносить 3—5 раз. Если после пятикратного внесения массового развития водорослей не наступило, вполне вероятно, что вместо фитопланктона появится другая, менее желательная растительность. Если вместо фитопланктона появятся нитчатые водоросли или высшая растительность, ее необходимо удалить и начать все сначала. Внесение органических удобрений, например навоза, часто обеспечивает хорошее развитие фитопланктона (а также зоопланктона), и эти удобрения могут в будущем найти более широкое распространение в аквакультуре в США. Внесение органических удобрений издавна принято в других частях света. Норма внесения органических удобрений в тепловодные пруды в США точно не установлена, однако большин-

ство специалистов считают, что еженедельно можно вносить по несколько килограммов на 1 га. В настоящее время этот вопрос изучается.

Удобрения вносятся, как правило, весной, когда температура воды достигает приблизительно 15—18 °С. В связи с этим в удобренных прудах чаще развиваются нитчатые водоросли. Следует стремиться поддерживать массовое развитие фитопланктона до тех пор, пока культивируемые животные не перейдут на искусственный корм. Для подавления роста нежелательных водорослей цветение фитопланктона желательно поддерживать в течение всего периода выращивания.

Растительноядные рыбы, такие, как тилapia и белый амур, питаются нитчатыми водорослями и макрофитами, хотя некоторые виды последних отвергаются большинством водных организмов, в том числе и белым амуром (Colle et al., 1978). Некоторые виды тилapiи предпочитают фитопланктон, но переходят на другие виды водной растительности, когда предпочитаемой пищи не хватает. Автор наблюдал *Tilapia aurea*, которая питалась семенами обыкновенной травы, когда ее содержали в пруду при высокой плотности посадки, но с низкой биомассой водной растительности.

КОНТРОЛЬ ЗА ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

В зависимости от выбранного метода контроля численности водной растительности до начала обработки может быть целесообразным определить виды водных растений. Существуют различные пособия, позволяющие определить виды растений, с тем чтобы можно было правильно подобрать способ регулирования их численности (Gruchy, 1938; Egles and Robertson, 1944; Muenscher, 1944; Smith, 1950; Fassett, 1960; Weldon et al., 1969; Klussmann and Lowman, 1975).

Нитчатые водоросли вместе с другой водной растительностью могут полностью покрывать дно, поверхность или распространяться во всей толще воды. Кроме того, встречаются и различные виды макрофитов. Некоторые виды растительности погружены полностью, другие — частично или большей частью. Выступающая из воды растительность, как правило, встречается на мелководье вблизи берегов. Наконец, некоторые виды водных макрофитов плавают на поверхности.

Существует три основных способа борьбы с прудовой водной растительностью: механический, биологический и химический. Хотя в связи с разработкой в последние годы селективных гербицидов химический метод получил наиболее широкое распространение в аквакультуре, два других метода также представляют интерес, поскольку они в большинстве случаев экологически безопасны и, как правило, более безвредны для культивируемых видов, чем химический способ.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ

Механические способы борьбы с растительностью заключаются либо в физическом уничтожении нежелательных растений, либо в создании таких условий, в которых нежелательная растительность не сможет развиваться. Если пруд зарос нежелательной растительностью, самый простой способ избавиться от нее — вырвать вручную, если количество растительности это позволяет. Этот способ непрактичен в крупных водоемах, где заросшими оказываются целые площади, но механические устройства, предназначенные для озер и водохранилищ, неприемлемы в рыбохозяйственных прудах. На ранних стадиях развития водной растительности ее можно собирать вручную. Например, стрелолист (*Sagittaria* sp.) легко срывать вручную, если он не очень разросся. Некоторые плавающие растения, например водный гиацинт (*Eichhornia crassipes*), также можно легко удалять из прудов для культивирования, при этом необходимо удалять все растения, иначе они немедленно снова размножатся. Ряску (*Lemna* sp.) можно собирать с поверхности пруда, но полностью удалить ее невозможно, и она вскоре появится вновь, если не принять мер для изменения условий ее роста.

Рогоз (*Typha latifolia*), который размножается с помощью корневищ, а также пролиферацией семенами, также можно собирать вручную. Весной и летом распространение этого растения с помощью корневищ может привести к колонизации в течение нескольких недель значительных площадей на мелководье. В результате часто приходится по нескольку раз возвращаться на одно и то же место, чтобы убедиться, что корневища, оставшиеся после предшествующей механической обработки, не дали новых побегов. Для борьбы с рогозом после механического удаления целесообразно внесение химикатов. Рогоз бывает очень высоким (до 3 м) и быстро распространяется по берегам пруда. Спустя определенное время рогоз распространяется до середины пруда, если там не слишком глубоко. Помимо того что рогоз придает прудам очень непривлекательный вид, он значительно затрудняет доступ к ним, передвижение и облов.

Некоторые подводные растения очень трудно удалить механическим путем, например кустистый рдест (*Najas* sp.) можно собирать вручную, но много его остается несорванным, и через несколько дней или недель пруд снова им зарастает. Для предотвращения увеличения потребности в кислороде в результате удаления больших количеств этих растений с помощью гербицидов часто целесообразно перед химической обработкой убрать растительность механическим способом, особенно если зарастание очень сильное. То же самое относится и к рдесту (*Potamogeton* sp.), и другим подводным растениям.

Хара (*Chara* sp.) напоминает кустистый рдест, но относится к водорослям. Она растет пучками, часто связана с субстратом прудов. Хару можно удалять механическим способом, но полно-

стью таким образом от нее не удастся избавиться и часто приходится применять и гербициды. Хару можно отличить от кустистого рдеста по затхлому запаху и по жесткости, ощущаемой при растирании ее между пальцами (Klussmann and Lowman, 1975).

Один из лучших способов борьбы с подводной растительностью — не допускать значительных по площади мелководных участков в пруду. При строительстве пруда должны быть предусмотрены соответствующие уклоны для предотвращения образования мелководий, где может поселиться такая растительность. Если пруд имеет слегка наклонные берега, его края целесообразно несколько углубить для предотвращения развития высшей водной растительности (Lawrence, 1968). Для некоторых объектов культивирования требуются большая площадь поверхности дна и незначительные объемы воды (например, для креветок и лангустов). Такие объекты хорошо себя чувствуют в мелководных прудах. Однако развитие в них растительности может значительно затруднить процесс выращивания. Иногда в результате жизнедеятельности животных вода становится достаточно мутной для того, чтобы затормозить развитие макрофитов, но обычно свет проникает до дна. Таким образом, часто целесообразнее строить относительно глубокие пруды, даже если животные не используют пелагиаль.

Хотя многие виды погруженных макрофитов и могут расти в относительно глубокой воде, затемнение, создаваемое взвешенными осадками или фитопланктоном (последний рассмотрен ниже как средство биологического контроля), может быть достаточным для ограничения их роста. Некоторые виды рыб, например карп и тиляпия, увеличивают мутность воды в поисках пищи. То же самое относится и к креветкам в прудах с глинистым дном. В некоторых хозяйствах в поликультуре специально содержат виды, обладающие такими особенностями. В настоящее время этот метод пока не получил широкого распространения в США.

Тепловодные пруды для культивирования на зиму часто спускают, и они остаются незаполненными до следующей весны. Высушивание дна прудов приводит к уничтожению как живых растений, так и их органов размножения, хотя многие семена и споры могут выжить и прорасти на следующий год. В любом случае после заполнения пруда он быстро заселяется растениями из других водоемов. Многие рыбоводы обрабатывают пруды зимой или весной культиватором, чтобы уничтожить любую наземную растительность, которая попала в пруд, пока он стоял без воды. Наличие такой растительности может привести к увеличению потребности в кислороде в результате ее гниения после заполнения пруда. Если пруд не заполняется сразу после обработки культиватором, большинство уничтоженных растений будет гнить и выделять питательные вещества в почву, где они могут оказаться связанными с осадками.

Эти питательные вещества еще долго будут доступны представителям низших звеньев пищевой цепи в воде, но из осадков они

вымываются в воду значительно медленнее, чем непосредственно из растительности. И что более важно, потребность в кислороде, которая возникает в результате разложения растений, будет компенсироваться из атмосферы, а не за счет растворенного в воде кислорода.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ

Биологический контроль заключается в использовании фитопланктона для затенения дна пруда, а также способности животных утилизировать водную растительность. Затенение фитопланктоном эффективно, если оно начинается весной, до того как нитчатые водоросли или водные макрофиты заселяют пруд. По данным Свингля (Swingle, 1947, массовое развитие фитопланктона способно затенить многие высшие растения в пруду глубиной свыше 45 см. Способы распространения и поддержания развития фитопланктона были рассмотрены выше.

Большинство животных, способных выступать в качестве средства борьбы с водной растительностью, относятся к рыбам. Однако для этой цели пытались использовать и других, более экзотических животных. Например, сильно заросшие водными растениями воды Флориды были заселены *Trichechus manatus latirostris* (Sgueros et al., 1965). Для борьбы с нежелательной растительностью в водные системы культивирования подсаживали также крупных пресноводных улиток (Blackburn and Weldon, 1965) и южноамериканских листоедов (*Agasicles* sp.) (Anderson, 1965). Однако особо выдающихся результатов достичь не удалось. В большинстве случаев подселение таких животных в пруды, сильно заросшие водной растительностью, мало что дает, хотя с их помощью можно попытаться предотвратить колонизацию и распространение растительности.

Белый амур (*Stenopharyngodon idella*) был завезен в США из Малайзии в 1963 г. (Stevenson, 1965), так как считалось, что он может быть полезен для борьбы с водной растительностью. Теперь он запрещен более чем в 30 штатах, так как опасаются, что он может стать конкурентом для местных рыб, заселить эстуарии и наводнить болотистые местности или размножиться в необычайно большом количестве. Как и обыкновенный карп (*Cyprinus carpio*), белый амур мало используется в большинстве районов выращивания тепловодных рыб, хотя эти рыбы до сих пор выращиваются в прудах Алабамы и Арканзаса. Их пригодность в качестве средства борьбы с водной растительностью была доказана (Avault, 1965a, 1965b; Mitzner, 1978; Colle et al., 1978), и они могут быть весьма эффективными, если их плотность не превышает нескольких штук на 1 га.

Для борьбы с водной растительностью природные водоемы и пруды для культивирования заселяли различными видами тилляпии. По достижении определенного размера *Tilapia aurea* и другие виды становятся растительноядными. Пищевое поведение раз-

личных видов тилипии изучалось такими исследователями, как Леру (Le Roux, 1956), Макбеем (McBay, 1961), Яшувом и Червинским (Yashouv and Chervinsky, 1960, 1961), а также Мориарти (Moriarty, 1973).

Из местных североамериканских видов рыб, представляющих промышленный интерес, лишь немногие питаются исключительно растительностью, а даже те, которые имеются (в основном гольяны), на протяжении большей части своей жизни или всю жизнь питаются фитопланктоном и мало полезны в сильно заросших прудах. Серебряный карась, хотя и непригоден в пищу, пользуется большим спросом по достижении определенного размера, а также способствует борьбе с нежелательной растительностью. Лангустов также можно использовать для борьбы с водной растительностью, кроме того, это популярный пищевой продукт, особенно в Луизиане и других южных штатах. Такие виды, как веслонос, питаются исключительно растительностью, но это опять в основном фитопланктон. Кроме того, биотехника выращивания этого вида до конца не отработана. В связи с тем что ввоз в США экзотических видов все чаще вызывает возражения, перспективы вселения новых видов водных организмов с целью борьбы с водной растительностью выглядят маловероятными.

ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ

Использование гербицидов для борьбы с водной растительностью — эффективный метод, но связан с определенным риском. Во многих случаях в результате внесения химикатов погибает большая масса растительности. Загнивающая растительность значительно увеличивает потребность в кислороде в прудах для культивирования, что может привести к дефициту растворенного кислорода. После внесения любого химического вещества необходимо в течение нескольких дней следить за содержанием растворенного кислорода для предотвращения заморных явлений. Как и в любом другом случае, связанном с дефицитом кислорода, необходимо добавлять большие количества свежей, насыщенной кислородом воды либо использовать установки для аэрации.

Еще одно соображение, связанное с применением химикатов, касается прямого влияния гербицидов на культивируемых животных или в некоторых случаях — на кормовые организмы, которые служат им пищей. Все гербициды в определенной концентрации токсичны для рыб и беспозвоночных. В некоторых случаях концентрация, необходимая для уничтожения растительности, может оказаться смертельной для культивируемых животных. Незначительная ошибка при расчете необходимой дозы или при смешивании химикатов может привести к катастрофическим последствиям. Имеет значение также и тот факт, что летальная концентрация неодинакова не только для разных гербицидов, но и для различных культивируемых животных. Например, ракообразные гиб-

нут при более низких концентрациях многих химических веществ, чем рыбы.

При использовании химических способов борьбы с водными макрофитами и нитчатыми водорослями гибнет также и фитопланктон. После того как гербицид растворится и разрушится настолько, что водная растительность вновь начинает развиваться, восстановить фитопланктон без одновременного развития нежелательной растительности бывает трудно, особенно если гербициды вносились поздней весной или летом.

Все гербициды, используемые в аквакультуре, должны быть разрешены к применению государственными органами (табл. 3.2).

Таблица 3.2. Гербициды, допущенные к применению в США для борьбы с водной растительностью в водоемах, где выращивается столовая рыба, (Meyer et al., 1976)

Химическое вещество	Торговое название
Сульфат меди 2,4-D Двубромистый дикват Эндотол Симазин	Кутрин, Алгимидин и др. Дикват Акватол, Гидротол и др. Аквазин, Принцепс

Выбор химического вещества и доза зависят от типа обрабатываемой водной растительности (табл. 3.3).

Таблица 3.3. Химические вещества, применяемые для борьбы с некоторыми водными растениями

Растение	Гербицид
Нитчатые водоросли (различные виды), хара (Chara), нителла (Nitella)	Сульфат меди Дикват Эндотол Симазин
Элодея (Elodea), роголистник (Ceratophyllum)	Дикват Эндотол 2,4-D
Наяда (Najas), рдест (Potamogeton), водный тысячелистник (Myriophyllum)	Дикват Эндотол Симазин 2,4-D
Сабомба	Эндотол Симазин
Стрелоллист (Sagittaria)	Эндотол Силвек 2,4-D
Scirpus, Juncus, Polygonum Рогоз (Typha) Ряска (Lemna)	2,4-D Дикват » Симазин 2,4-D
Водный гиацинт (Eichornia)	2,4-D

В работе Клуссмана и Лоумана (Klусsmann and Lowman, 1975) описаны методы борьбы с различными видами водной растительности, заселяющей пруды. Изложенные в ней данные касаются в основном практики борьбы с водной растительностью в штате Техас, однако дозировку и виды растений, которые они рассматривают, вполне можно отнести и к другим южным штатам, во многих случаях — и к остальной территории страны. Поскольку дозировка зависит до некоторой степени от качества воды (особенно ее температуры, жесткости и щелочности), необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией на этикетке и не отступать от нее.

Симазин, как правило, эффективен для борьбы с водной растительностью, в том числе и с водорослями. Способность сульфата меди уничтожать нитчатые водоросли известна давно, и он остается предпочитаемым средством, хотя результаты обработки зависят от жесткости воды. Сульфат меди не следует применять в воде с низкой жесткостью (см. главу 4), поскольку в таких условиях его токсичность для рыб увеличивается (Davis, 1961; Inglis and Davis, 1972).

По данным Клуссмана и Лоумана (1975), для борьбы со многими погруженными высшими растениями эффективен эндотолл, а для укоренившихся растений с плавающими листьями лучше применять такие химические вещества, как 2,4-D. Для уничтожения надводной растительности типа рогоза, ситников и стрелолиста можно применять различные химикаты, в том числе симазин, эндотолл и 2,4-D в зависимости от вида растительности (см. табл. 3.4). Ряску можно удалить с помощью симазина или диквата, а водный гиацинт — с помощью 2,4-D.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЗАРАСТАНИЯ ПРУДОВ МАКРОФИТАМИ

Попадание семян, цист и спор водных макрофитов и нитчатых водорослей в пруд предотвратить невозможно, поскольку они переносятся по воздуху. Кроме того, растения и органы размножения переносятся на лапах и перьях птиц, а также на телах млекопитающих. Семена некоторых растений могут проходить через пищеварительную систему позвоночных без всякого для себя ущерба.

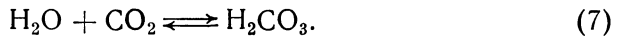
Механические и биологические методы борьбы с растительностью часто предпочтительнее химических, поскольку при этом не возникает токсичности для культивируемых организмов. Однако, как правило, прибегают к комбинации этих методов. На предотвращение зарастания или борьбу с водной растительностью приходится значительная доля затрат в хозяйствах аквакультуры.

КАРБОНАТНАЯ БУФЕРНАЯ СИСТЕМА

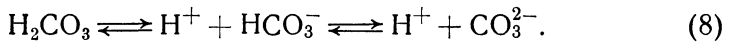
Смеси слабых кислот и их солей называются буферами. В воде может присутствовать несколько буферных систем, в том числе связанные с фосфатами, боратами (которые имеют значение толь-

ко в морской воде) и карбонатами. Последняя представляет собой наиболее важную буферную систему в природных водах и определяют величину рН в водных экосистемах.

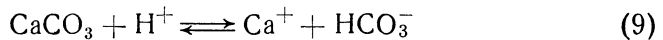
Карбонатная буферная система участвует в ряде химических реакций. Одним из источников углерода для системы является диоксид углерода (которого в атмосфере содержится примерно 0,03%), другим — карбонат кальция, который входит в состав осадков и наружных скелетов некоторых беспозвоночных. Когда диоксид углерода вымывается из атмосферы дождем, он переходит в раствор с образованием угольной кислоты:



В воде происходит серия обратимых реакций, каждая с собственной константой диссоциации. В результате бикарбонатный ион (HCO_3^-) и карбонатный ион (CO_3^{2-}) оказываются в химическом равновесии:



Буферная система такого типа препятствует изменению рН. Если в систему добавляются водородные ионы H^+ , карбонат кальция растворяется:



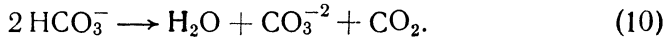
и ионы водорода выводятся из раствора. Вместе с тем равновесие, описываемое уравнением (9), предотвращает накопление ионов OH^- , так как в этом случае равновесие смещается влево и ионы H^+ образуют с OH^- воду. До тех пор, пока запас карбонатов и бикарбонатов не окажется исчерпанным, раствор будет препятствовать изменениям рН. Иногда буферная способность системы оказывается недостаточной и происходят значительные суточные изменения рН, что может вызвать смертность среди культивируемых животных.

В пресной воде рН, как правило, поддерживается равным 6,5—8,5 с помощью карбонатной буферной системы, в то время как высокое содержание карбоната кальция и других буферных веществ в морской воде поддерживает рН всегда несколько выше 8,0 (за исключением прибрежных вод в определенных условиях) и в некоторых особых случаях).

Образование кислой среды в море привело бы к растворению раковин моллюсков, коралловых рифов и карбонатных осадков. Жизнь моря, такой как мы ее знаем, изменилась бы катастрофически.

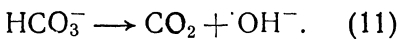
И фотосинтез, и дыхание предъявляют определенные требования к карбонатной буферной системе и могут в некоторых случаях привести к значительным изменениям рН, если запас карбонат-бикарбонатов оказывается исчерпанным. В процессе фотосинтеза диоксид углерода извлекается из воды. Для каждого двух бикарбонатных ионов извлечение одной молекулы диоксида угле-

рода означает образование одной молекулы воды и карбонатного иона. Кроме того, снова появляется молекула диоксида углерода:



Таким образом, до тех пор, пока в системе присутствует бикарбонат, рН не будет изменяться или изменения будут незначительными. Как было показано выше, дополнительное количество бикарбоната образуется в результате растворения карбоната кальция, когда в систему добавляются свободные ионы водорода. Но в процессе фотосинтеза этого не происходит, поэтому запас бикарбонатов может оказаться исчерпанным. После истощения запаса бикарбонатов дальнейшее извлечение диоксида углерода в процессе фотосинтеза приводит к быстрому увеличению рН. В ночное время в результате дыхания содержание диоксида углерода увеличивается и запас бикарбонатов восстанавливается. На рис. 3.3 показаны суточные изменения рН в зависимости от интенсивности фотосинтеза и дыхания.

Бикарбонатному иону принадлежит важная роль в выделении кислорода в процессе фотосинтеза (Stemler and Govindjee, 1973), иногда он может заменять диоксид углерода в этом процессе. Бикарбонат служит источником углерода в процессе фотосинтеза только в том случае, если его концентрация, по крайней мере, в 10 раз превышает концентрацию свободного диоксида углерода (Wetzel, 1975). Такая ситуация встречается часто, поскольку концентрация диоксида углерода в большинстве природных вод составляет всего примерно 10 мкмоль (Wetzel, 1975). Стиман Нильсон (Stemann Nielsen, 1975) установил, что примерно 1% общего неорганического углерода в морской воде содержится в форме диоксида углерода, 90% — в форме бикарбонатов и остальное — в форме карбонатов. Когда бикарбонат утилизируется в процессе фотосинтеза, он замещается ионами гидроксила:



При достаточно высоком рН на листьях высших растений образуется осадок карбоната кальция:

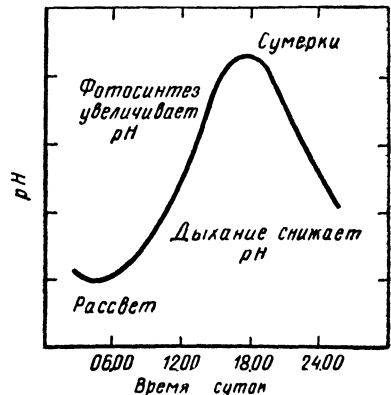
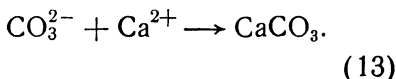
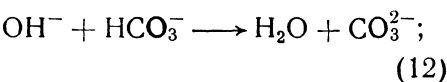


Рис. 3.3. Возможный характер суточных изменений рН в прудах с высоким уровнем первичной продуктивности, высокими дыхательными потребностями и ограниченным поступлением карбоната и бикарбоната

Если в щелочных пресных водах разворошить микрофиты, которые участвовали в процессе фотосинтеза, образуется белое облако карбоната кальция. Утилизация бикарбонатных ионов в процессе фотосинтеза макрофитами, по-видимому, эффективнее, чем водорослями (Wetzel, 1975), поэтому в аквакультуре с макрофитами обычно ведут борьбу.

Буферная способность любой водной системы связана с такими консервативными свойствами воды, как щелочность и жесткость (см. главу 4), и, разумеется, с фотосинтезом, который неконсервативен. рН в системах культивирования можно поддерживать путем регулирования скорости выделения и поглощения диоксида углерода и контроля фотосинтеза и биомассы животных.

Щелочность и жесткость также можно поддерживать в определенных пределах (см. главу 4), но для этого в системе культивирования водных животных необходимо иметь достаточный запас карбонатных и бикарбонатных ионов, способных предотвращать изменения рН.

СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА

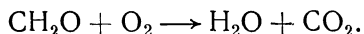
Содержание растворенного кислорода (РК) — один из наиболее важных показателей качества воды в системах для культивирования. При недостаточном содержании в воде растворенного кислорода культивируемые животные могут оказаться в состоянии стресса, будут слабо сопротивляться инфекциям, на них могут развиваться паразиты, или они могут погибнуть. Во время дефицита кислорода и после него животные могут перестать питаться. В результате скорость роста и кормовой коэффициент могут снизиться, а затраты на корм увеличиться, если рыбам дают гранулированные корма. Причины возникновения и способы предотвращения дефицита кислорода — наиболее важные проблемы в хозяйствах аквакультуры.

Водные животные, дышащие с помощью легких (например, лягушки или морские черепахи), а также некоторые виды рыб (например, сомик *Clarias batrachus*) способны существовать в воде с низким содержанием кислорода, но большинство культивируемых видов очень чувствительны к некоторому минимальному количеству РК. На содержание растворенного кислорода в воде влияют многие факторы, в том числе и жизнедеятельность животных. Если содержание РК снижается до уровня, который может вызвать стресс у животных или угрожает им гибелью, другие параметры воды перестают иметь значение до тех пор, пока РК не достигнет безопасной концентрации. Концентрация РК, при которой возникает стресс, зависит от вида и, безусловно, до некоторой степени от других факторов, вызывающих стресс, хотя синергические зависимости между содержанием растворенного кислорода и концентрацией свободного аммиака, нитритов, температурой, соленостью, жесткостью, щелочностью и т. д. до сих пор не исследованы до конца.

ИСТОЧНИКИ И ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ

Кислород растворяется в воде путем диффузии из атмосферы и в результате фотосинтеза, но может также поступать в воду при механической аэрации. Диффузия из атмосферы ускоряется при наличии турбулентности, например во время сильного ветра или шторма. Механическая аэрация основана на создании турбулентности искусственным путем, а также на приведении в контакт с водой больших объемов воздуха или чистого кислорода.

Кислород извлекается из воды в основном в результате дыхания — процесса, обратного фотосинтезу:



Дыхание — важнейшая функция животных, которая может оказывать значительное влияние на содержание РК в данной водной системе, однако дыхание автотрофных организмов часто не учитывается. Растения подобно животным дышат постоянно. Днем в результате фотосинтеза, как правило, выделяется больше кислорода, чем его поглощается совместно и растениями, и животными. В результате в дневные часы содержание кислорода в воде увеличивается. Ночью растения и животные продолжают дышать, но кислород в воду не поступает. В большинстве случаев дыхательные потребности в темное время суток не столь велики, чтобы вызвать дефицит кислорода, однако в некоторых случаях такой дефицит все-таки может возникнуть. На рис. 3.4 показаны типичные суточные флуктуации РК в водных системах.

Кислород извлекается из воды также в результате протекания некоторых неорганических химических реакций [это так называемое химическое потребление кислорода (ХПК), роль которого в аквакультуре очень незначительна], а также при разложении органического вещества микроорганизмами. Потребление кислорода на бактериальные процессы разложения органического вещества, а также на дыхание бактерий составляет биохимическое потребление кислорода (БПК). Экспериментальное определение БПК стандартизовано для вод различных типов (АРНА, 1975). В системах культивирования БПК может оказаться очень значительным при загнивании больших количеств водной растительности (например, после обработки пруда гербицидами) или когда погибшие животные разлага-

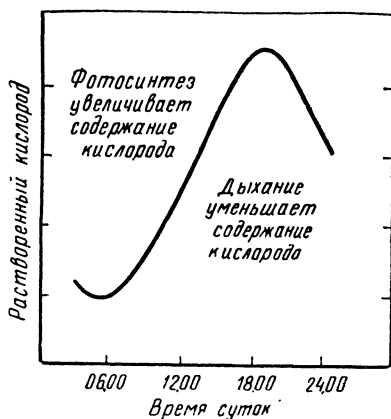


Рис. 3.4. Типичный характер колебаний содержания растворенного кислорода в пруду для культивирования рыбы с высокими уровнями фотосинтеза и дыхания

ются в воде. В некоторых случаях высокое БПК может вызвать дефицит кислорода.

Как правило, если содержание РК равно или превышает 5 мг/л, культивируемые животные не испытывают стресса (Wheaton, 1977). Некоторые виды способны переносить содержание РК значительно ниже 5 мг/л почти без стресса, но ни один из культивируемых организмов не требует более высоких концентраций РК. Некоторые виды тилапии хорошо переносят концентрацию РК, равную всего 1 мг/л (Uchida and King, 1962; Denzer, 1968), и продолжают быстро расти, если их ежедневно помещать в среду с таким содержанием РК, но на очень короткое время (Stickney et al., 1977). Другие виды могут быстро погибнуть при таких низких значениях РК. Канальный сомик способен переносить довольно низкие концентрации РК короткое время, но обычно считается, что если содержание РК становится ниже 2—3 мг/л, необходимо принимать меры для его увеличения. Из практики культивирования известно, что канальный сомик растет хорошо, если за периодом низкого содержания РК следует его повышение в течение дня (в результате фотосинтеза), но при хронически низких уровнях РК, или если дневной максимум не превышает нескольких миллиграммов на 1 л, рост замедляется.

Количество кислорода, которое может раствориться в воде при данных условиях, называется насыщающей концентрацией. Насыщение кислородом зависит от температуры, солености и высоты над уровнем моря, при этом с увеличением каждого из этих параметров насыщение происходит при все более низких значениях РК (табл. 3.4). Пересыщение кислородом происходит как в природных условиях (в результате высоких уровней первичной продуктивности), так и в результате человеческой деятельности (например, в сбросных водах электростанций в зимний период). Даже при довольно высоких значениях температуры и солености

Таблица 3.4. Растворимость кислорода в воде (в мг/л)* при давлении 1 атм и различных температурах и солености (Weiss, 1970)

Температура, °C	Соленость, ‰				
	0	10	20	30	35
10	11,3	10,6	9,9	9,3	9,0
12	10,7	10,1	9,5	8,9	8,7
14	10,3	9,7	9,1	8,6	8,3
16	9,9	9,3	8,7	8,2	8,0
18	9,5	8,9	8,4	7,9	7,7
20	9,1	8,6	8,1	7,6	7,4
22	8,7	8,2	7,8	7,3	7,1
24	8,4	7,9	7,5	7,1	6,9
26	8,1	7,7	7,2	6,8	6,6
28	7,8	7,4	7,0	6,6	6,4
30	7,6	7,1	6,8	6,4	6,2
32	7,3	6,9	6,5	6,2	6,0
34	7,0	6,7	6,2	6,0	5,8

* Пересчитано из мл/л по следующей формуле: мг/л=0,6998 мл/л.

величина насыщения кислородом превышает 5 мг/л на уровне моря; следовательно, если другие факторы не вызывают дефицита кислорода, то вода, используемая в хозяйствах аквакультуры, должна содержать достаточно кислорода для любых культивируемых видов. В условиях сверхвысокой солености это правило может нарушаться, но соленость, превышающая 35‰ (соленость открытого океана), редко встречается в хозяйствах аквакультуры.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА

Для предотвращения дефицита кислорода в водной системе содержание РК необходимо постоянно контролировать. Определения необходимо выполнять ежедневно, рано утром, особенно в выростных емкостях, где возможен дефицит кислорода. Ниже подробно изложены меры, которые необходимо принимать для предотвращения этого явления.

Содержание растворенного кислорода обычно определяется методом Винклера (АРНА, 1975) или специальным прибором — оксиметром. Оба метода позволяют без особых затрат времени определить содержание РК с точностью до 0,1 мл/л, хотя определения с помощью оксиметра получаются быстрее. Кроме того, оксиметр показывает еще и температуру. Для титрования по Винклеру требуются несколько реактивов и стеклянная посуда, в том числе и бюретка, если необходима высокая точность. В полевых условиях прибор весьма удобен; если он откалиброван, то для многочисленных измерений достаточно просто опустить датчик в воду.

В большинстве случаев важно знать, сколько растворенного кислорода содержится в данной выростной емкости: 1 или 5 мг/л, а не 5,1 или 5,2 мг/л. Следовательно, несмотря на существование приборов, которые могут определять содержание растворенного кислорода с точностью до долей миллиграмма на 1 л, затраты на такие приборы в хозяйствах аквакультуры будут неоправданными.

За последние годы приборы для определения содержания РК были значительно усовершенствованы, и, учитывая экономию времени, которую они дают по сравнению с титрованием по Винклеру, можно рекомендовать приобретение хорошего прибора. Выпускаются также приборы, которые наряду с измерением температуры и содержания кислорода вносят в измерения поправку на соленость и даже высоту. Компенсированный на соленость прибор желательно иметь в хозяйствах мариккультуры, хотя некомпенсированные приборы обычно поставляются с таблицами, содержащими поправочные коэффициенты на соленость.

ДЕФИЦИТ КИСЛОРОДА

Если содержание растворенного кислорода ежедневно не замеряется, о дефиците кислорода можно судить по косвенным признакам. При низком содержании кислорода культивируемые жи-

водные, находясь в состоянии стресса, обычно отказываются от корма и, когда уровень кислорода становится критическим, некоторые особи высвываются из воды, чтобы глотнуть воздух. Однако не все культивируемые животные ведут себя подобным образом. Например, креветки при низком содержании РК часто остаются на дне выростной емкости и могут там погибнуть и разлагаться, не привлекая к себе внимания. Рыбы, наоборот, спустя один или два дня после гибели всплывают на поверхность.

Присутствие рыбы у поверхности пруда необязательно следует приписывать дефициту кислорода, хотя оно часто указывает именно на это. Например, тилляпии и золотой карась часто находятся у поверхности воды при нормальном содержании РК. Это связано с пищевым поведением, размножением или другими проявлениями жизнедеятельности. Канальный сомик редко подходит к поверхности, только если на ней плавают пищевые гранулы или при очень низком содержании РК.

В течение большей части года количества кислорода, выделяемого в дневное время и поглощаемого из воздуха круглосуточно, достаточно, чтобы компенсировать его потери в течение ночи. Весной, когда в систему культивирования помещают молодь, общая биомасса в каждой выростной емкости относительно невелика и потребности в кислороде также невелики. Кроме того, поскольку в течение большей части весны вода остается довольно холодной, уровень насыщения РК высок по сравнению с концентрацией, необходимой для нормальной жизнедеятельности водных животных.

Осенью, несмотря на то что биомасса на единицу площади воды очень высока, понижение температуры воды способствует растворению большего количества кислорода в воде, чем летом. Дефицит кислорода может возникнуть и весной, и осенью, но редко. Зимой в районах выращивания теплолюбивых рыб дефицит кислорода весьма маловероятен, поскольку способность воды удерживать кислород высока, интенсивность обмена низка, а БПК незначительно.

Чаще всего дефицит кислорода случается в летнее время. Летом интенсивность обменных процессов всех животных, населяющих пруды для культивирования (культивируемые виды, донные беспозвоночные, зоопланктон и др.), высока. В каждый пруд ежедневно вносят большие количества корма, что увеличивает БПК, если значительная часть корма теряется, а также когда не утилизируемые фракции проходят через организм культивируемых животных и выделяются в виде фекалий в воду. В большинстве случаев образующегося в результате фотосинтеза кислорода достаточно для удовлетворения дыхательных потребностей и существенных изменений концентраций РК в течение суток не происходит. Если какой-либо фактор вызывает уменьшение выделения кислорода в результате фотосинтеза или увеличение потребностей на дыхание, содержание растворенного кислорода может ежедневно снижаться до тех пор, пока это не вызовет стресса у культивируемых животных.

Обычно содержание РК минимально на рассвете из-за затрат на дыхание в течение ночи, но с наступлением дня фотосинтез возобновляется и начинает выделяться кислород. В летнее время содержание РК в выростных емкостях необходимо замерять ежедневно на рассвете, чтобы убедиться, что РК в этот период достаточно для культивируемых животных. Проверка содержания РК ранним утром особенно важна, так как по какой-либо причине может понизиться интенсивность фотосинтеза. Чаще всего такими причинами бывают уничтожение растительности в результате внесения гербицидов (обычно это делается весной для предотвращения заморных явлений) или длительные периоды облачной погоды. Дефицит кислорода также часто бывает связан с прекращением развития фитопланктона. Облачность ограничивает количество падающей радиации, в результате интенсивность фотосинтеза снижается, что в некоторых случаях вызывает прекращение развития фитопланктона. В то же время дыхание продолжается с обычной или даже повышенной интенсивностью, в результате каждое утро на рассвете содержание РК в пруду может быть ниже, чем накануне.

Если БПК и плотность посадки организмов высокие, в пруд вносится слишком много корма или потребности на дыхание еще по какой-либо причине выше, чем в соседнем пруду, может возникнуть дефицит кислорода. Случается, что в одно и то же утро в нескольких прудах наблюдается дефицит кислорода и в последующие дни он сохраняется. Несколько солнечных дней часто помогают выправить положение, однако, поскольку дефицит кислорода не всегда связан с облачной погодой, необходимо сохранять бдительность.

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ДЕФИЦИТОМ КИСЛОРОДА

После обнаружения дефицита кислорода необходимо принять срочные меры для восстановления содержания РК на безопасном уровне. Для этого существует несколько способов. Часто самый простой способ заключается в добавлении большого количества хорошо аэрированной новой воды. Можно также разбрызгивать воду над поверхностью пруда так, чтобы создать максимальную турбулентность. При этом на 1 га следует подавать, по крайней мере, несколько сотен литров воды в минуту и до тех пор, пока содержание РК в пруду не превысит 3 мг/л в дневное время, когда фотосинтез способен поддерживать или увеличивать содержание РК.

Второй метод состоит в откачивании воды из пруда насосом с последующей подачей ее обратно путем разбрызгивания на поверхность, чтобы создать турбулентность. При этом свежая вода не подается, но за короткий период вода насыщается большим количеством кислорода. Для аэрирования заморных прудов можно применять сжатый воздух или кислород, воздуходувные устройства, воздушные компрессоры, но количество газа, обеспечи-

ваемое этими устройствами, часто оказывается слишком небольшим по сравнению с объемом воды, нуждающейся в аэрации. Однако в бассейнах, каналах и других небольших выростных емкостях эти способы аэрации могут быть вполне эффективными. Выпускаются специальные механические устройства для перемешивания воды в рыбоводных прудах. Конструктивные параметры и принципы их действия изложены в книге Уитона (Wheaton, 1977).

Если возникновение дефицита кислорода предполагается в прудах, где он уже случался, можно принять профилактические меры: подавать ночью свежую воду (со скоростью, обеспечивающей полную замену воды в пруду за 72 ч); использовать насос, который будет постоянно подавать воду и разбрызгивать ее по поверхности пруда, или включать ежедневно на несколько часов механические аэраторы.

Сразу после возникновения дефицита кислорода культивируемых животных не следует кормить, поскольку из-за низкого содержания РК они часто отказываются брать корм, а увеличение органического вещества в пруду с низким содержанием кислорода только увеличит БПК. Стресс может не вызвать гибели животных, но снизить их сопротивляемость к заболеваниям и паразитам. После ликвидации заморных явлений необходимо в течение двух недель наблюдать за культивируемыми животными для выявления возможного заболевания.

Некоторые рыбоводы считают, хотя и не бесспорно, что внесение перманганата калия $KMnO_4$ в количестве 5 мг/л эффективно для окисления органического вещества в пруду и снижения БПК. Существуют эмпирические доказательства эффективности этого химического вещества (Mathis et al., 1962), но не все специалисты считают его полезным для уменьшения или предотвращения дефицита кислорода. Перманганат калия не разрешается применять при выращивании товарной рыбы, но в настоящее время этот вопрос пересматривается (Meuer, 1976).

В идеале вода, используемая в хозяйствах аквакультуры, должна быть достаточно насыщена кислородом перед подачей в выростные емкости. Дефицит кислорода обычно возникает в результате потребления, которое существует в выростных емкостях. При разведении водных животных необходимо знать потребности в кислороде, предвидеть условия, которые могут изменить эти потребности, и быть готовым принять срочные меры при возникновении дефицита кислорода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- American Public Health Association. 1973. Standard methods, 14 th ed. American Public Health Association, Washington, D. C. 1193p.
- Anderson, W. H. 1965. Search for insects in South America that feed on aquatic weeds. Proc. South. Weed Conf. 18: 586—587.
- Avaault, J. W., Jr. 1965a. Biological weed control with herbivorous fish. Proc. South. Weed Conf. 18: 590—591.

- A vault, J. W., Jr. 1965b. Preliminary studies with grass carp for aquatic weed control. *Prog. Fish-Cult.* 27: 207—209.
- Baily, T. A. 1965. Commercial possibilities of dehydrated aquatic plants. *Proc. South. Weed Conf.* 18: 543—551.
- Blackburn, R. D., and L. W. Weldon. 1965. A fresh-water snail as a weed control agent. *Proc. South. Weed Conf.* 18: 589—591.
- Boyd, C. E. 1968a. Evaluation of some common aquatic weeds as possible feedstuffs. *Hyacinth Control J.* 7: 26—27.
- Boyd, C. E. 1968b. Fresh-water plants: A potential source of protein. *Econ. Bot.* 22: 359—368.
- Burrows, R. E. 1964. Effects of accumulated excretory products on hatchery-reared salmonids. U. S. Bureau of Sport Fishing and Wildlife Resource Report 66. 12 p.
- Chipman, W. A., Jr. 1934. The role of pH in determining the toxicity of ammonium compounds. Ph. D. dissertation, University of Missouri, Columbia, 153 p.
- Colle, D. E., J. V. Shireman, and R. W. Rottmann. 1978. Food selection by grass carp fingerlings in a vegetated pond. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 149—152.
- Culley, D. D., Jr., and E. A. Epps. 1973. Use of duckweed for waste treatment and animal feed. *J. Water Pollut. Control. Fed.* 45: 337—347.
- Davis, H. S. 1961. Culture and diseases of game fishes. University of California Press, Berkeley, 332 p.
- deGruchy, J. H. B. 1938. A preliminary study of the larger aquatic plants of Oklahoma with special reference to their value in fish culture. Oklahoma Agricultural Experiment Station, Technical, Bulletin 4, Stillwater. 31 p.
- Denzer, H. W. 1968. Studies on the physiology of young Tilapia. *FAO Fish. Rep.* 44: 357—366.
- Emerson, K., R. C. Russo, R. E. Lund, and R. V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 32: 2379—2383.
- Eyles, D. E., and J. L. Robertson. 1944. A guide and key to the aquatic plants of the southeastern United States. U. S. Public Health Service Bulletin 286. 151 p.
- Fassett, N. C. 1960. A manual of aquatic plants. University of Wisconsin Press, Madison. 405 p.
- Fogg, G. E. 1972. Photosynthesis. American Elsevier, New York, 116 p.
- Fromm, R. O. 1963. Studies on the renal and extra-renal excretion in a freshwater teleost, *Salmo gairdneri*. *Comp. Biochem. Physiol.* 10: 121—128.
- Gaarder, T., and H. H. Gran. 1927. Investigations of the production of plankton in the Oslo Fjord. *Rapp. Proces.—Verb. Cons. Int. Explor. Mer.* 42: 1—48.
- Hampson, B. L. 1976. Ammonia concentration in relation to ammonia toxicity during a rainbow trout rearing experiment in a closed freshwater-sea-water system. *Aquaculture*, 9: 61—70.
- Hart, W. B., P. Doudoroff, and J. Greenbank. 1945. Evaluation of toxicity of industrial wastes, chemicals and other substances to fresh-water fishes. Water Control Laboratory, Atlantic Refining Co., Philadelphia.
- Hochachaka, P. W. 1969. Intermediary metabolism in fishes. In W. S. Hoar and D. J. Randall (Eds.), *Fish physiology*, Vol. 1. Academic Press, New York, pp. 351—389.
- Inglis, A., and E. L. Davis. 1972. Effects of water hardness on the toxicity of several organic and inorganic herbicides to fish. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Paper 67. 22 p.
- Klussmann, W. G., and F. G. Lowman. 1975. Common aquatic plants. Texas Agricultural Extension Service, College Station. 15 p.
- Konikoff, M. 1975. Toxicity on nitrite to channel catfish. *Prog. Fish—Cult.* 37: 96—98.
- Lange, S. R. 1965. The control of aquatic plants by commercial harvesting, processing and marketing. *Proc. South. Weed Conf.* 18: 536—542.

- Lawrence, K. J. M. 1968. Aquatic weed control in fish ponds: Proceedings of the World Symposium on Warm-water Pond Fish Culture. FAO Fish. Rep. 44: 76—91.
- Lees, H. 1952. The biochemistry of the nitrifying organisms. 1. The ammonia-oxidizing system of *Nitrosomonas*. *Biochem. J.* 52: 134—139.
- LeRoux, P. J. 1956. Feeding habits of the young of four species on Tilapia. *South Afr. J. Sci.* 53: 96—100.
- Mathis, W. P., L. E. Bardy, and W. J. Gilbreath. 1962. Preliminary report on the use of potassium permanganate to alleviate acute oxygen shortage and counteract hydrogen sulfide gas in fish ponds. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 16: 357—359.
- Mayo, R. D. 1971. Reuse of water in hatcheries to increase capacity. *Am. Fishes Trout News*, January-February, pp. 6 ff.
- McBay, L. G. 1961. The biology of *Tilapia nilotica* Linnaeus. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 15: 208—218.
- Meade, T. L. 1976. Closed system salmonid culture in the United States. *Marine Advisory Service, University of Rhode Island, Kingston, Marine Memorandum* 40. 16 p.
- Meyer, F. P., R. A. Schnick, and K. B. Cumming. 1976. Registration status of fishery chemicals, February, 1976. *Prog. Fish—Cult.* 38: 3—7.
- Mitzner, L. 1978. Evaluation of biological control of nuisance aquatic vegetation by grass carp. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 135—145.
- Moriarty, D. J. W. 1973. The physiology of digestion of blue—green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilotica* J. Zool., Lond. 171: 25—39.
- Muenschler, W. C. 1944. *Aquatic plants of the United States*. Comstock Publishing Co, Ithaca, N. Y. 374 p.
- Odum, H. T., W. McConnell, and W. Abbott. 1958. The chlorophyll "A" of communities. *Publ. Inst. Mar. Sci. Tex.* 5: 65—69.
- Pillay, T. V. R. (Ed.). 1972. *Coastal aquaculture in the Indo—Pacific region*. Fishing News (Books), London. 497 p.
- Redner, B. D. 1978. Toxicity and acclimation to ammonia by *Tilapia aurea*. M. S. thesis, Texas A & M University, College Station. 70 p.
- Richards, F. A., and T. C. Thompson. 1952. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. *J. Mar. Res.* 11: 156—172.
- Robinette, H. R. 1976. Effect of selected sublethal levels of ammonia on the growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Prog. Fish—Cult.* 38: 26—29.
- Ryther, J. H. 1956. The measurement of primary production. *Limnol. Oceanogr.* 1: 72—84.
- Saunders, G. W., F. B. Trama, and R. W. Bachmann. 1962. Evaluation of a modified C—14 technique for shipboard estimation of protosynthesis in large lakes. *Great Lakes Resources Division Publication*. 8. University of Michigan, Ann Arbor.
- Sguros, P. L., T. Monku, and C. Phillips. 1965. Observations and techniques of the Florida manatee-Reticent but superb weed control agent. *Proc. South. Weed Conf.* 18: 588.
- Smith, G. M. 1960. *Fresh-water algae of the United States*. McGraw—Hill, New York. 719 p.
- Smith, H. W. 1929. The excretion of ammonia and urea by the gills of fish. *J. Biol. Chem.* 81: 727—742.
- Spotte, S. H. 1970. *Fish and invertebrate culture*. Wiley—Interscience, New York, 145 p.
- Steemann Nielsen, E. 1951. Measurement of the production of organic matter in the sea by means of C—14. *Nature*, 167. 684—685.
- Steemann Nielsen, E. 1952. The use of radioactive carbon (C—14) for measuring organic production in the sea. *J. Cons.* 18: 117—140.

- Steemann Nielsen, E. 1975. Marine photosynthesis. Elsevier Oceanography Series, 13. Elsevier Scientific Publications, Amsterdam. 130 p.
- Stemler, A., and Govindjee. 1973. Bicarbonate ion as a critical factor in photosynthetic oxygen evolution. *Plant Physiol.* 52: 119—123.
- Stevenson, J. 1965. Observations on grass carp in Arkansas. *Prog. Fish-Cult.* 27: 203—206.
- Stickney, R. R., L. O. Rowland and, J. H. Hesby. 1977. Water quality—*Tilapia aurea* interactions in ponds receiving swine and poultry wastes. *Proc. World Maricult. Soc.* 8: 55—71.
- Swingle, H. S. 1947. Management of farm fish ponds. Alabama Agricultural Experiment Station Bulletin 254: 30 p.
- Tabata, K. 1962. Toxicity of ammonia to aquatic animals with reference to the effect of pH and carbon dioxide. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 34: 67—74.
- Uchida, R. M., and J. E. King. 1962. Tank culture of *Tilapia*. *Fish. Bull.* 62: 21—25.
- Weiss, R. F. 1970. The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater. *Deep-Sea Res.* 17: 721—735.
- Weldon, L. W., R. D. Blackburn, and D. S. Harrison. 1969. Common aquatic weeds. U. S. Department of Agriculture Handbook 352: 43 p.
- Wetzel, R. G. 1975. *Limnology*. Saunders, Philadelphia. 743 p.
- Wheaton, E. W. 1977. *Aquaculture engineering*. Wiley—Interscience. New York. 708 p.
- White A. P., Handler, and E. L. Smith. 1964. *Principles of biochemistry*, McGraw-Hill., New York. 1106 p.
- Wood, J. D. 1968. Nitrogen excretion in some marine teleosts. *Can. J. Biochem. Physiol.* 36: 1237—1242.
- Wuhrmann, K., and H. Woker. 1948. Experimentelle Untersuchungen über die Ammoniak- und Blausäurevergiftung. *Schweiz. Z. Hydriol.* 11: 210—244.
- Wuhrmann, K., F., Zehender, and H. Woker. 1947. Über die fische-reibiologische Bedeutung des Ammonium- und Amiakgehaltes fliessender Gewässer. *Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zür.* 91: 198—204.
- Yashouv, A., and J. Chervinsky, 1960. Evaluation of various food items in the diet of *Tilapia nilotica*. *Bamidgeh*, 12: 71—78.
- Yashouv, A., and J. Chervinsky, 1961. The food of *Tilapia nilotica* in ponds of the fish culture research station at Dor. *Bamidgeh*, 13: 33—39.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Boyd, C. E. 1976. Nitrogen fertilizer effects on production of *Tilapia* in ponds fertilized with phosphorus and potassium. *Aquaculture*, 7: 386—390.
- Buckley, J. A. 1978. Acute toxicity on un-ionized ammonia to fingerling coho salmon. *Prog. Fish-Cult.* 40: 30—32.
- Hepher, B. 1965. Fertilization of fish ponds. *Bamidgeh*, 17: 58—59.
- Lloyd, R. and D. W. Herbert. 1960. The influence of carbon dioxide on the toxicity of un-ionized ammonia to rainbow trout. *Ann. Appl. Biol.* 48: 399—404.
- Merkins, J. C., and K. M. Downing. 1957. The effect of tension of dissolved oxygen on the toxicity of un-ionized ammonia to several species of fish. *Ann. Appl. Biol.* 45: 521—527.
- Murphy, J. P., and R. I. Lipper. 1970. BOD production of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 32: 195—198.
- Rainwater, F. H., and L. L. Thatcher. 1960. Methods for the collection and analysis of water samples. U. S. Geological Survey Water-Supply Paper 1454. 301 p.

Russo, C. E., C. E. Smith, and R. V. Thurston. 1974. Acute toxicity of nitrate to rainbow trout. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 31: 1653—1655.

Ruttner, F. 1953. *Fundamentals of limnology*. University of Toronto Press, Toronto. 295 p.

Schutte, K. H., and J. F. Elsworth. 1962. The significance of large pH fluctuations observed in some South African vleis. *J. Ecol.* 42: 148—150.

Smith, C. E., and W. G. Williams. 1974. Nitrite toxicity in rainbow trout and chinook salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 103: 389—390.

Strickland, J. D. H., and T. R. Parsons. 1968. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Bulletin, 167, Ottawa. 311 p.

Warren, C. E. 1971. *Biology and water pollution control*. Saunders, Philadelphia. 434 p.

Worsham R. L. 1975. Nitrogen and phosphorus levels in water associated with a channel catfish (*Ictalurus punctatus*) feeding operation. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104: 814—815.

КОНСЕРВАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К консервативным свойствам воды относятся те, на которые жизнедеятельность организмов не оказывает существенного влияния. Такие свойства, как температура, соленость, щелочность и жесткость, несколько изменяются под действием физических процессов, но биологическая активность не оказывает на них какого-либо влияния. Например, в результате обменных процессов, происходящих у рыб, в окружающую среду выделяется некоторое количество тепловой энергии, и с помощью очень точных приборов можно зарегистрировать незначительные локальные изменения температуры. Однако тепловой баланс океанов, озер, рек и выростных емкостей в результате выделения такого количества тепловой энергии не изменяется.

Физические параметры окружающей среды, которые иногда приходится учитывать, при культивировании водных организмов, в зависимости от типа водной системы и вида организмов включают плотность посадки, необходимость расселения организмов по отдельным емкостям и качество субстрата. Наиболее важным физическим свойством воды для водных животных является, разумеется, температура. Во всех водных системах, используемых для культивирования животных, существует возможность регулирования температуры воды, но в большинстве случаев попытки изменить температуру окружающей среды приводят к финансовой катастрофе.

Хотя сезонные колебания температуры часто допускаются, многие другие физические и консервативные химические показатели качества воды необходимо поддерживать в определенных пределах. В некоторых случаях жесткость, щелочность и общее содержание растворенных веществ легко поддаются регулированию. В этой главе рассматриваются наиболее важные из названных показателей, а также методы и приборы для их измерения.

ТЕМПЕРАТУРА

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ

Выбор организмов для культивирования должен быть основан на знании их температурных потребностей. Выживаемость не может быть единственным критерием. Например, канальный сомик мо-

жет жить и в тропическом, и в умеренном климате. В природе его северный ареал в США простирается до Великих озер (Eddy, 1957). Это не означает, что искусственное разведение *Ictalurus punctatus* целесообразно во всем его ареале. Наиболее быстрый рост канального сомика происходит в температурном интервале 26—30 °С (Kilambi et al., 1970; Andrews and Stickney, 1972). В южных штатах товарную рыбу (приблизительно 0,5 кг) можно получить от икринки за 18 мес, в то время как в северных областях ареала для этого может потребоваться несколько лет.

По оптимальному или требуемому температурному диапазону культивируемые организмы можно разделить на холодноводные, тепловодные и организмы умеренных широт (табл. 4.1). Для хо-

Таблица 4.1. Классификация объектов культивирования, в том числе и потенциальных, по температурным потребностям

Вид	Научное название
Холодноводные	
Морское ушко	<i>Haliotis rufescens</i>
Европейская устрица	<i>Ostrea edulis</i>
Гребешок	<i>Pecten irradians</i>
Обыкновенный краб	<i>Cancer magister</i>
Американский омар	<i>Homarus americanus</i>
Радужная форель	<i>Salmo gairdneri</i>
Кумжа	<i>Salmo trutta</i>
Голец	<i>Salvelinus fontinalis</i>
Умеренных широт	
Желтый окунь	<i>Perca flavescens</i>
Тепловодные	
Американская устрица	<i>Crassostrea virginica</i>
Гребешок	<i>Aequipecten irradians</i>
Голубой краб	<i>Callinectes sapidus</i>
Лангуст	<i>Panulirus argus</i>
Мерценария	<i>Mercenaria mercenaria</i>
Белая креветка	<i>Penaeus setiferus</i>
Розовая креветка	<i>Penaeus duorarum</i>
Коричневая креветка	<i>Penaeus aztecus</i>
Пресноводная креветка	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>
Красный горбыль	<i>Sciaenops ocellata</i>
Темный горбыль	<i>Pogonias chromis</i>
Летняя камбала	<i>Paralichthys dentatus</i>
Южная камбала	<i>Paralichthys lethostigma</i>
Помпано	<i>Trachinotus carolinus</i>
Корифена	<i>Coryphaena hippurus</i>
Канальный сомик	<i>Ictalurus punctatus</i>
Голубой сомик	<i>Ictalurus furcatus</i>
Белый сомик	<i>Ictalurus catus</i>
Большеротый буффало	<i>Ictiobus cyprinellus</i>
Малоротый буффало	<i>Ictiobus bubalus</i>
Белый амур	<i>Ctenopharyngodon idella</i>
Обыкновенный карп	<i>Cyprinus carpio</i>
Голубая тилапия	<i>Tilapia aurea</i>
Зеленая морская черепаха	<i>Chelonia mydas mydas</i>

лодноводных организмов температурный оптимум составляет примерно 15°C, для тепловодных — 25°C и для организмов умеренных широт — от 15 до 25°C. В некоторых случаях, например для американской устрицы (*Crassostrea virginica*), культивирование возможно и в теплой, и в относительно прохладной воде, но время, необходимое для выращивания животных до товарного размера, как было показано на примере канального сомика, значительно различается в этих двух случаях.

Фактически все потенциальные объекты культивирования пойкилотермны, следовательно, их метаболические потребности определяются температурой окружающей среды. По причинам, которые в основном неизвестны, но, безусловно, связаны с различиями ферментативных систем у рыб, пределы температурной толерантности и оптимальные температуры подвержены значительным колебаниям. Как правило, холодноводные или виды умеренных широт могут достигать максимальных массы и размера, сравнимых с таковыми для тепловодных видов, но скорость роста тепловодных рыб выше из-за более интенсивного обмена.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ

Воды, температура которых почти идеальна для тепловодных видов, действительно существуют. Наиболее часто они встречаются, естественно, в тропиках. В США оптимальные условия в течение всего года существуют только на Гавайях, хотя сезоны выращивания на юге Флориды и Техаса значительно длиннее, чем в других районах юга. Геотермальные ручьи, тепловодные скважины (обычно очень глубокие) и сбросные воды электростанций круглогодично обеспечивают водой требуемой температуры некоторые хозяйства аквакультуры, но основная масса хозяйств вынуждена испытывать довольно значительные сезонные флуктуации температуры. Основным фактором при выборе участка для строительства хозяйства аквакультуры должно быть наличие воды оптимальной или близкой к ней температуры для предполагаемого объекта культивирования в течение как можно более продолжительного сезона выращивания.

Культивируемые животные, особенно тепловодные, должны достигать товарного размера от икринки за один сезон выращивания, максимум за два. Получение канального сомика в большинстве южных штатов основано на выращивании молоди длиной 10—15 см в течение первого сезона, зимовке этой рыбы в прудах при низкой интенсивности кормления или совсем без кормления (см. главу 5) и подращивании до товарного размера в течение второго сезона. Опыт автора по культивированию рыбы в Техасе показывает, что в некоторые годы рыба товарного размера может быть получена от икринки за один сезон. Дальнейшие исследования в области кормления и генетики канального сомика наряду с прогрессивной биотехнологией могут привести к тому, что в не-

которых районах США канального сомика будут выращивать всего за один сезон.

В глубоких озерах и открытых частях океана температура существенно изменяется от поверхности до дна, особенно в тропических и умеренных широтах, для которых характерна стратификация (Ruttner, 1953; Sverdrup et al., 1942). Мелкие пруды и эстуарии, избираемые для культивирования, обычно быстрее охлаждаются осенью и быстрее нагреваются весной, чем крупные, глубокие водоемы. Такие сезонные изменения температуры происходят, как правило, во всем столбе воды (хотя иногда в прудах для культивирования наблюдается термоклин). Пруды и эстуарии холоднее зимой и теплее летом, чем крупные водоемы тех же широт, и для многих объектов культивирования оптимальная для роста температура наблюдается лишь в течение короткого периода. В зависимости от источника водоснабжения и расположения (в помещении или на открытой площадке) полузамкнутые и открытые системы культивирования могут быть менее подвержены сезонным колебаниям температуры, чем пруды, или совсем не подвержены. В большинстве случаев сезонные колебания температуры одинаково влияют на все системы культивирования, за исключением замкнутых циркуляционных систем, расположенных в помещении, когда новую воду, температура которой резко отличается от поддерживаемой в системе, подают редко и в небольших количествах.

Для большинства видов максимальная температура, достигаемая в хозяйстве аквакультуры в течение года, не равна оптимальной для культивируемого вида, хотя в общем случае температура, несколько превышающая оптимальную, обеспечивает более быстрый рост и лучшую усвояемость корма. Если температура становится ниже оптимальной для определенного вида, интенсивность обменных процессов замедляется, а когда температура становится выше оптимальной, повышается. Максимальный рост и оптимальная эффективность усвоения пищи могут наблюдаться при одной и той же температуре окружающей среды, но так бывает не всегда, и замкнутые системы культивирования приходится эксплуатировать при компромиссной температуре, которая обеспечивает и быстрый рост, и эффективность усвоения пищи. При температуре выше оптимальной интенсивность обмена продолжает возрастать и энергия начинает затрачиваться не на рост, а на поддержание повышенных скоростей обмена. Наконец, по мере того как температура приближается к точке, в которой наступает гибель, скорость обмена и активность питания снижаются, а вскоре рыбы совсем перестают брать корм.

В мелких водоемах для культивирования температура, как правило, изменяется быстрее, чем в крупных, глубоких, однако по сравнению с наземными условиями температура воды изменяется относительно медленно из-за своей высокой теплоемкости. Даже осенью и зимой свойства воды обеспечивают не только медленное, но и достаточно равномерное ее нагревание и охлаждение.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ШОК И АККЛИМАЦИЯ

В правильно заполненных выростных емкостях температурного шока (воздействие на рыбу быстрых изменений температуры) не возникает, за исключением случаев, когда в систему добавляется большое количество воды, температура которой резко отличается от окружающей. Однако необходимость проведения различных мероприятий, транспортировки и перемещения из одних емкостей в другие может привести к тому, что рыба подвергнется быстрым и очень резким температурным изменениям, которые могут вызвать стресс и даже ее гибель.

Когда водных животных перевозят из одного хозяйства в другое, температура воды, в которой они содержались, может значительно отличаться от той, в которую их предполагается поместить. Кроме того, некоторые изменения температуры возможны уже в процессе транспортировки.

Когда водные животные доставлены на место, то перед выпуском необходимо уравнивать температуру в транспортной емкости и в емкости, куда их собираются поместить. Если разность превышает 2°C, животных необходимо акклиматизировать. Для большого числа организмов или небольшого числа крупных особей в емкость для транспортировки можно понемногу добавлять воду из пруда до тех пор, пока температуры не сравняются.

Личинок, мальков, молодь можно поместить в пластмассовые пакеты, мешки, контейнеры для мусора или другие подходящие емкости из теплопроводного материала, перед тем как их помещать в новый пруд. Вода в пакетах быстро воспринимает температуру окружающей среды. Этот метод не следует применять, если разность температур очень велика, например 10°C или больше. Как правило, скорость акклиматизации не должна превышать 5°C в час, хотя устойчивость к изменениям температуры воды у разных видов неодинакова.

В некоторых случаях культивируемые животные неизбежно подвергаются температурному шоку, например когда пруд быстро спускают и организмы оказываются в небольшом объеме воды в жаркий день. Вода, остающаяся в почти пустом пруду, быстро нагревается, и температура может очень быстро достичь летального уровня. Далее, высокая температура уменьшает способность воды насыщаться кислородом. Это наряду с повышенной интенсивностью обменных процессов у культивируемых животных часто приводит к их гибели из-за низкого содержания растворенного кислорода. Для предотвращения заморных явлений в выростную емкость необходимо подавать в больших количествах свежую прохладную воду. Сливное отверстие можно оставлять открытым, чтобы объем воды в пруду не изменялся, но добавление воды приводит к снижению ее температуры и повышению содержания растворенного кислорода по сравнению с первоначальным уровнем.

Если быстрого изменения температуры предотвратить невозможно, лучше изменять температуру в направлении температур-

ного оптимума для данного вида, чем от него. Если рыба оказывается в слишком теплой воде, добавление более прохладной воды, обычно, действует благотворно, поскольку рыба оказывается при температуре, превышающей ее температурный оптимум. Такая ситуация обычно возникает, когда рыба подвергается воздействию сбросных вод электростанций в периоды высокой температуры окружающей среды или, как было описано выше, во время спуска прудов в теплое время года.

В прохладную погоду культивируемые животные обычно хорошо переносят все рыбоводные операции, но летом при их проведении необходимо соблюдать особую осторожность. Во время таких операций рыбы могут получить травму, а повышенная интенсивность обмена у культивируемых животных в летнее время делает их еще более активными при поимке, что может увеличить возможность самотравмирования. Кроме того, в теплой воде активность бактерий часто выше, чем в холодной, поэтому в летнее время увеличивается опасность инфицирования ран. При содержании животных в воде, температура которой превышает температурный максимум, они становятся более восприимчивыми к паразитарным и бактериальным заболеваниям, особенно если рыбоводные мероприятия проводятся при необычно высокой температуре.

Если рыбоводные операции с культивируемыми животными необходимо производить в очень жаркую погоду, рыб следует отлавливать рано утром, когда вода имеет самую низкую дневную температуру. При этом содержание растворенного кислорода должно все время оставаться высоким. С животными необходимо обращаться осторожно и возвращать их в воду как можно быстрее. Если рыб необходимо взвесить, это надо делать в тарированных емкостях, заполненных водой. Во избежание травмирования рыб не следует уплотнять в емкостях во время взвешивания.

ЗИМОВКА ТРОПИЧЕСКИХ ВИДОВ

В США все большее распространение приобретают два вида экзотических животных, хотя в большинстве районов страны они не могут зимовать на открытом воздухе,— это *Macrobrachium rosenbergii* и *Tilapia*. *M. rosenbergii* не переносит температуры ниже 20°C и выращивается в прудах только при температуре 22—32°C (Bardach et al., 1972). Тилapia погибает, когда температура опускается ниже 10—12°C (Chimits, 1957; McBay, 1961; Avault and Shell, 1968). Неустойчивость к низким температурам можно считать недостатком в аквакультуре. Однако вполне вероятно, что этот недостаток может быть преодолен без особых трудностей, поскольку при содержании в помещении относительно незначительное число этих животных может дать такое потомство, которого в следующем году окажется достаточным для заселения боль-

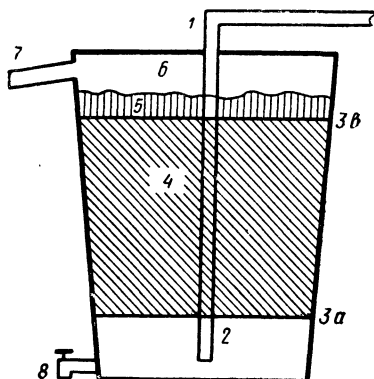
шого пруда, и молодь можно дорастить до товарного размера за один сезон выращивания.

Затраты на сооружение зимовальных бассейнов часто не столь велики, если плодovitость зимующих животных высока. Они способны переносить высокие плотности посадки, и выживаемость при обеспечении требуемого качества воды велика. Для зимовки небольшого числа культивируемых животных лучше всего подходит открытая система, но необходим надежный источник воды с большим дебитом и определенной температурой. Поскольку такая возможность представляется довольно редко, зимовка обычно осуществляется в обогреваемых помещениях, в которых установлены замкнутые циркуляционные системы. Оба вида — и *M. rosenbergii*, и *Tilapia* — хорошо себя чувствуют в таких системах.

Зимующих животных часто содержат при низких или поддерживающих рационах, т. е. таких, при которых они не растут и не прибавляют в массе. В связи с этим количество накапливающихся в системе отходов невелико и требования к качеству воды, не столь строги, как в товарных замкнутых системах выращивания. Температура может быть значительно ниже оптимальной для культивируемых животных, если это не вызывает смертности и не снижает сопротивляемости рыб болезням.

Небольшие зимовальные емкости можно быстро соорудить из имеющихся материалов. В условиях промышленного выращивания необходимы более сложные постоянно действующие системы, но принципы при этом не меняются. Для зимовки *Tilapia aurea*, *T. mossambica* и *T. nilotica* автор использовал 120-литровые пластмассовые контейнеры для мусора в качестве биофильтров и оцинкованные баки для хранения воды или ванны из стеклопластика в качестве выростных емкостей. Эти емкости были установлены в помещении, отопляемом газовыми горелками (рис. 4.1 и 4.2). Температура окружающего воздуха постоянно поддерживалась выше 15°C. Воду не подогревали, происходил лишь теплообмен между воздухом и водой. Циркуляцию воды в системе можно осу-

Рис. 4.1. 120-литровый пластмассовый контейнер для мусора, приспособленный под биофильтр. Вода подается по поливинилхлоридной трубе 1 насосом в осадительную камеру 2. Затем она проходит через перфорированную перегородку 3а и поступает в камеру, заполненную фильтровальным материалом 4 (в данном случае это обрезки поливинилхлорида). Вторая перегородка 3б отделяет накопитель фильтра от слоя устричных раковин 5, используемых для забуферивания воды. Наконец, вода попадает в самую верхнюю камеру 6 и стекает вниз по выпускной трубе 7 в емкость для культивирования. Фильтр оборудован сливным патрубком 8, через который удаляется осадок и опорожняется весь фильтр



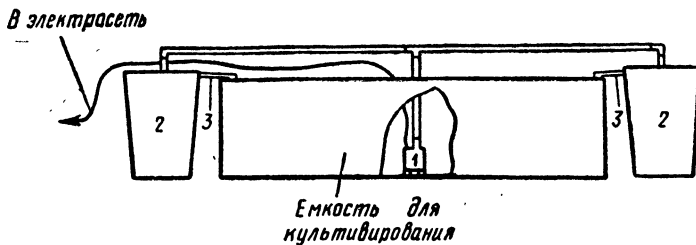


Рис. 4.2. Система, расположенная в помещении и предназначенная для зимовки культивируемых видов. Бассейн оборудован погружным насосом 1, который подает воду в два биофильтра 2. Вода выходит из биофильтров (см. рис. 4.1) и самотеком по поливинилхлоридным трубам 3 поступает в емкость для культивирования.

шестнадцать с помощью небольшого погружного насоса. На случай выхода насоса из строя необходимо предусмотреть возможность дополнительной аэрации.

СОЛЕНОСТЬ

Соленость определяется как общее содержание твердого вещества (в г) в 1 кг морской воды, после того как все карбонаты переведены в окислы, бром и йод замещены хлором, а все органическое вещество полностью окислено (Sverdrup et al., 1942). Для определения солености выведено следующее эмпирическое уравнение:

$$\text{Соленость} = 0,03 + 1,805 \times \text{хлорность.}$$

Хлорность определяется как общее содержание хлора, брома и йода (в г) в 1 кг морской воды; при этом считается, что бром и йод замещены хлором. Для определения солености хлорность титруется азотнокислым серебром (в результате чего хлористое серебро выпадает в осадок). Титрование стандартизуется морской водой известной хлорности (стандартная морская вода).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЛЕНОСТИ И ПРИРОДНЫЕ УРОВНИ

Современные методы определения солености основаны на использовании электропроводности, плотности и показателях преломления морской воды. Наиболее дешевый из этих методов — определение плотности с помощью ареометра. По специальным таблицам плотности легко переводится в соленость.

Рефрактометрия — самый простой и быстрый способ определения солености пробы воды, хотя рефрактометры несколько дороже ареометров. Для определения солености с помощью рефрактометра требуется всего капля воды, в то время как для других способов требуется довольно значительная проба. Определение солености с помощью рефрактометра, который напоминает карманный телескоп, занимает считанные секунды. Некоторые из вы-

пускаемых рефрактометров имеют шкалу, с которой можно прямо считать величины солености. При использовании других рефрактометров соленость необходимо пересчитывать из плотности или из какой-либо другой величины.

Электропроводность используется, когда необходимо определять соленость воды с большой точностью. Большинство приборов дороги, и для определения требуются большие пробы воды. Такие приборы чаще используются в лабораториях. Как и в случае с содержанием растворенного кислорода, на практике необходимо знать приблизительную соленость, чтобы ее можно было поддерживать в определенном диапазоне.

Соленость выражается в промилле. Точность показаний рефрактометра, как правило, составляет 0,05‰, другие методы обеспечивают более высокую точность. Соленость пресной воды обычно менее 0,5‰ (табл. 4.2), при солености около 2‰ вода стано-

Таблица 4.2. Классификация водной среды на основании солености *

Среда	Диапазон солености, ‰
Пресная вода	Менее 0,5
Олигогалинная	0,5—3,0
Мезогалинная	3,0—16,5
Полигалинная	16,5—30,0
Морская	Свыше 30,0

* Воды, соленость которых превышает соленость нормальной морской воды (свыше 40‰), называются рассолами или гиперсолеными.

вится солоноватой на вкус. Соленость морской воды колеблется в зависимости от удаленности от берега, глубины и других факторов. Соленость вод открытого океана в среднем составляет 35‰. В пресноводной аквакультуре соленость практически не имеет значения, зато очень важна в марикультуре.

СОЛЕНОСТЬ И ЕЕ КОНТРОЛЬ В СИСТЕМАХ МАРИКУЛЬТУРЫ

Большинство хозяйств аквакультуры расположено в олигогалинных или мезогалинных эстуарных водах. Эстуарий — это полузамкнутый прибрежный водоем, свободно сообщающийся с открытым океаном, где соленая морская вода до некоторой степени разбавляется пресными стоками (Pritchard, 1967). Это определение в наибольшей степени подходит к «положительным» эстуариям, в которых поступление пресной воды превышает испарение, хотя существуют и «отрицательные» эстуарии, в которых испарение превышает поступление пресной воды, и нейтральные эстуарии, где испарение равно поступлению пресной воды. В США наиболее характерным примером отрицательного эстуария является лагуна Мадре в штате Техас. Вода в этом эстуарии часто сверхсоленая, но в будущем он может использоваться для марикультуры. Соленость воды в лагуне Мадре часто превышает 40‰, а иногда до-

стигает 50—80‰ (Pearse and Gunter, 1957). В большинстве случаев нейтральные эстуарии — явление временное, поскольку в природной системе долговременный баланс испарения и поступления пресной воды почти не встречается.

В некоторых случаях соленость эстуариев остается довольно постоянной в течение определенного периода, но чаще наблюдаются суточные, полусуточные, сезонные и случайные колебания, вызываемые течениями, сезонным характером стоков, выпадающими осадками или засухами, что приводит соответственно к высокой степени разбавления или концентрации. Организмы, населяющие эстуарии, в том числе и многие культивируемые морские виды, часто являются эвригалинными, хотя оптимальные скорости роста и выживаемость, так же как и коэффициенты оптимальной усвояемости пищи, наблюдаются в ограниченном диапазоне солености для каждого конкретного вида. Допустимые в марикультуре диапазоны солености сильно варьируют и зависят в значительной степени от культивируемого вида.

Возможно, что населяющие эстуарий организмы наиболее адаптированы к определенным величинам солености воды, но большинство животных ежедневно подвергается колебаниям солености по причинам, упомянутым выше. Как правило, в выростных емкостях не стремятся поддерживать постоянную соленость, хотя это возможно в замкнутых циркуляционных системах. В большинстве систем культивирования соленость равна солености поступающей воды. Если эта соленость слишком велика, иногда имеется возможность разбавлять эту воду в выростных емкостях пресной водой из скважины или из другого источника. Если соленость воды слишком низка, ее можно повысить с помощью искусственных морских солей, выпускаемых промышленностью, хотя это может стоить дорого, особенно если необходимы значительные добавки. Увеличение солености в замкнутой циркуляционной системе в момент заполнения экономически более целесообразно, чем использование искусственных морских солей в открытой интенсивной или экстенсивной системе.

Обычной проблемой, особенно в замкнутых циркуляционных системах и в прудах, является тенденция к постоянному повышению солености в результате испарения. С добавлением свежей воды общее количество соли увеличивается и продолжает возрастать с каждым добавлением воды. Единственный способ поддерживать соленость в системе, если она увеличивается в результате испарения, — добавлять пресную воду при компенсации потерь. Некоторое увеличение солености со временем возможно в полузамкнутых системах, особенно если частота замены воды невелика, но чаще всего эти проблемы возникают все-таки в замкнутых циркуляционных системах и в прудах.

В общем случае скважины морской воды, как правило, дают воду более постоянной солености, чем поверхностные источники. Если хозяйство аквакультуры расположено в местности, где поверхностные стоки незначительны или есть глубокий источник,

из которого забирается вода (например, вдоль побережий тропических островов), колебания солености могут быть очень незначительными в течение длительного периода.

ОСМОРЕГУЛЯЦИЯ У ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ

В крови позвоночных животных часто содержатся соли, концентрация которых значительно отличается от их концентрации в окружающей среде. Например, кровь пресноводных позвоночных гипертонична с водой, а морских позвоночных — гипотонична. Морские акулы и скаты — единственные позвоночные животные, за исключением миксин, кровь которых изотонична или почти изотонична с окружающей водой. Содержание соли в крови эласмобранхий почти не отличается от ее содержания в крови костистых рыб, однако для крови акул и скатов характерно высокое содержание мочевины, которая увеличивает осмотическое давление в теле по сравнению с давлением морской воды (Hickman and Trump, 1969).

Чтобы обеспечить постоянство внутренней среды в отношении крови, рыба должна осуществлять осморегуляцию, т. е. концентрация солей в тканях и органах должна оставаться все время постоянной. Осморегуляция — это физиологическая функция, которая требует большого расхода энергии.

Если эвригалинные рыбы содержатся при соленостях, равных ионной силе воды, то они могут расходовать больше энергии не на осморегуляцию, а на рост, чем тогда, когда содержание соли в окружающей среде выше или ниже, чем в крови. Несмотря на смягчающие факторы, которые делают это правило недействительным для некоторых видов, им для начала вполне можно пользоваться при определении необходимой солености для культивируемых видов. Это правило не относится, например, к эласмобранхиям, поскольку у этих животных при изменении солености изменяется содержание мочевины в крови. При различных соленостях для поддержания постоянного содержания мочевины в крови требуются разные количества энергии и, по-видимому, для каждого вида эласмобранхий существует оптимальная соленость. Однако таких животных, вероятно, лучше всего культивировать при относительно низкой солености, поскольку высокое содержание мочевины, обусловленное высокой соленостью, может придать мясу рыбы неприятный запах. В настоящее время интерес к культивированию эласмобранхий очень незначителен, однако их едят в разных странах мира и в будущем их можно использовать в качестве объектов культивирования.

Кровь ракообразных, так же как и беспозвоночных, изотонична по отношению к морской воде или почти изотонична. Однако осморегуляция необходима и в этом случае, поскольку ионный состав крови (как и у позвоночных) в некоторых отношениях отличается от состава морской воды (Lockwood, 1967). Таким обра-

зом, беспозвоночные объекты аквакультуры также могут иметь относительно узкий диапазон предпочитаемой солености, а оптимальную соленость необходимо определять для каждого вида индивидуально.

Осморогуляция контролируется селективным поглощением ионов через жабры, а в некоторых случаях — селективным выведением солей теми же органами. Например, у морских костистых рыб выведение магния и сульфата осуществляется почками. В моче могут содержаться и другие ионы, но они выводятся не только через почки (Hickman and Trump, 1969).

Устрицы (*Crassostrea virginica*) могут адаптироваться даже к такой низкой солености, как 3‰, и к такой высокой, как 35‰. (Pearse and Gunter, 1957). При низкой солености воды рост устриц замедляется, а вкус ухудшается. Другие морские организмы, например нерка, кефаль и камбала, способны жить в пресной воде. Канальный сомик, обычно выращиваемый в пресной воде, может переносить соленость до 14‰, и его культивируют в солоноватых прудах (Perry, 1969; Perry and Avault, 1968, 1969, 1971). Устойчивость канального, голубого и белого сомиков, а также их гибридов к солености, по-видимому, такая же (Perry, 1967; Perry and Avault, 1969; Allen and Avault, 1969; Stickney and Simco, 1971).

Виды, совершающие ежегодные миграции к берегу и от берега, нуждаются в различной солености в разное время года. В качестве примера можно привести южную камбалу (*Paralichthys lethostigma*), которая физиологически адаптирована к различной солености в разном возрасте (Stickney and White, 1973). При культивировании таких видов необходимо определять, целесообразно ли периодически изменять соленость в выростных емкостях в соответствии с естественными условиями или можно поддерживать постоянную соленость в течение всего периода выращивания. Во многих случаях, если выбранная соленость сходна с той, при которой животное обитает в природе большую часть года, рост будет нормальным и затраты на выращивание могут быть снижены, если нет необходимости часто и, возможно, в больших пределах изменять соленость.

Во всем мире в число потенциальных объектов культивирования включены стеногалинные морские и пресноводные организмы, из них наиболее широко культивируются виды, которые обитают только в пресных водах. Стеногалинные морские животные обычно обитают в очень соленых водах, где культивирование весьма затруднено. Как уже отмечалось в главе 2, культивирование в открытом море не получило широкого распространения, поскольку отгораживание морских акваторий затруднительно и неэкономично. Использование буровых платформ и других сходных сооружений открывает некоторые потенциальные возможности для культивирования в будущем стеногалинных животных, но в основном аквакультура, несомненно, будет развиваться в пресных водах и эстуариях.

ОСВЕЩЕННОСТЬ

Количество, качество света и фотопериод очень важны для роста растений и могут также оказывать значительное влияние на рост животных. Начало полового созревания животных часто связано с температурой, но может зависеть также в значительной степени и от фотопериода, особенно в тех районах, где сезонные колебания температуры воды отсутствуют или незначительны. Также как и в случае с соленостью, длительность фотопериода на различных стадиях жизненного цикла культивируемых объектов должна определяться экспериментально, чтобы ее можно было регулировать. В системах культивирования, расположенных на открытых площадках, фотопериод и интенсивность освещения, как правило, не контролируются, но в системах, находящихся в помещениях, эти факторы могут быть критическими.

Некоторые виды животных активны в дневные часы, другие — ночью. Например, белая креветка (*Panacus setiferus*) обычно активна днем, а коричневая (*Paztecus*) — ночью. Рыбоводные процессы, например кормление, иногда приходится приспособлять к привычкам животных, или (по крайней мере, в замкнутых системах) периоды темноты и освещенности могут быть изменены для удобства обслуживания. Например, выростные емкости днем можно держать в темноте, а ночью освещать электрическим светом. Особую осторожность необходимо проявлять, когда предпринимается попытка изменить фазу фотопериода, при этом необходимо следить, чтобы поведение животных не отличалось от нормального.

Большинство видов подчиняется биологическим ритмам, обусловленным суточными изменениями качества и количества света. Хотя продолжительность фотопериода может быть критической для развития гонад перед нерестом, свет влияет и на другие аспекты физиологии. Полная смена фазы может отрицательно отразиться на росте и эффективности утилизации корма. Для большинства видов особой необходимости в смене фотопериода даже для удобства обслуживания, как правило, не возникает. Как показано в главе 6, изменения фотопериода возможны, если необходимо вызвать нерест. Как правило, это связано не с изменениями фазы, а только с изменением продолжительности светового дня на несколько часов путем более раннего включения или отключения света в начале или конце нормального светового периода. Как уже отмечалось, под открытым небом контролировать фотопериод, интенсивность и качество света невозможно. Единственное, что в этом случае можно сделать для изменения этих параметров, это установить вблизи прудов лампы для отпугивания хищников или привлечения насекомых, которыми могут питаться культивируемые организмы. Если основной целью установки ламп является привлечение насекомых, необходимо провести соответствующие эксперименты, чтобы убедиться, что это дает ускорение роста и увеличивает коэффициент усвоения корма. В противном случае

затраты на приобретение ламп, их установку и потребляемую электроэнергию могут оказаться неоправданными. Эффективность дополнительной подкормки культивируемых животных насекомыми зависит от пищевого поведения и пищевых привычек культивируемых объектов. Лампы, установленные прямо над прудами для культивирования, вряд ли могут оказать отрицательное влияние на рост и эффективность усвоения корма.

Интенсивность света и фотопериод имеют огромное значение для роста водных растений. Выше рассматривалось влияние развития фитопланктона на высшую растительность и нитчатые водоросли, а влияние мутности воды на проникание света будет рассмотрено ниже.

Цвет некоторых организмов изменяется в зависимости от количества или качества света, а также когда их помещают в мутную воду. Канальный сомик может темнеть или светлеть в зависимости от света (и температуры), а камбалы получили известность из-за своей способности изменять расцветку и характер расположения пятен на спине в зависимости от цвета дна.

Исследований, специально посвященных влиянию фотопериода на рост культивируемых животных, немного. Некоторые из них проводились на канальном сомике. Киламби с сотрудниками (Kilambi et al., 1970) выявил некоторую зависимость роста молоди канального сомика от колебаний фотопериода, но в других исследованиях (Stickney and Andrews, 1971; Page and Andrews, 1975) эта зависимость не подтвердилась. Не отмечена также зависимость роста канального сомика от интенсивности света (Page and Andrews, 1975). Это, однако, не исключает возможного влияния интенсивности и других количественных и качественных параметров света на рост других рыб и беспозвоночных, являющихся объектами культивирования.

Многие исследователи отмечали, что при внезапном включении яркого света водные животные возбуждаются. При культивировании водных организмов в помещении они могут часто подвергаться внезапному и резкому изменению освещенности (включение искусственного освещения ночью или в любое время суток, если в помещении нет окон). Возможное влияние быстрых изменений освещенности на выживание, рост, эффективность усвоения корма, размножение и сопротивляемость заболеваниям не изучено ни для одного вида. Некоторые животные, по-видимому, хорошо адаптируются к быстрым изменениям освещенности, а другие — плохо, даже после длительных периодов акклимации.

В природе интенсивность света возрастает медленно на рассвете и медленно уменьшается на закате, когда солнце восходит и заходит. Многие рыбоводы полагают, что помещения без окон, где производится культивирование, должны быть снабжены реостатами, которые автоматически включают и выключают свет в заданное время, а в ночное время следует избегать включения света, за исключением аварийных случаев.

ВЗВЕШЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

Взвешенные вещества — это кусочки твердого материала размером свыше 0,45 мкм, находящиеся в столбе воды. Взвешенные вещества включают частицы осадка, органического вещества (детрит, состоящий из остатков растений и животных, несъеденных частиц корма и фекалий), а также клетки фитопланктона и других живых микроорганизмов. Чем выше содержание взвешенного вещества в воде, тем она мутнее. Если в результате присутствия взвешенных неорганических веществ мутность становится очень значительной, первичная продуктивность может снизиться из-за затенения. Это можно рассматривать как благоприятный фактор, предотвращающий рост нитчатых водорослей и высшей растительности, и неблагоприятный, если необходимо развитие фитопланктона, которым питаются молодь рыб или такие растительноядные рыбы, как тиляпия, а также двустворчатые моллюски (например, устрицы, клемы и мидии).

Частицы донных осадков, состоящие в основном из ила и наносов, могут оказаться взвешенными в столбе воды в результате ветрового или волнового перемешивания, или они могут попасть в воду в результате смыва с поверхности во время дождей. Количество взвешенного вещества в крупных озерах, заливах, реках и других водоемах, где занимаются культивированием, может значительно колебаться во времени в зависимости от погодных условий и особенно от осадков в бассейне реки.

Неорганические частицы могут оказывать неблагоприятное влияние на водные организмы (Cairns, 1967). Механическое действие таких частиц может привести к закупориванию жабр или воспалению створок жабр и других мембран. Если в пруд, в котором производится выращивание, поступило значительное количество взвешенного вещества (например, в результате сильных дождей), последующее осаждение этого материала может привести к тому, что икра или личинки бентосных организмов и даже культивируемые организмы на некоторых жизненных стадиях окажутся под ним похороненными. Например, лососевые откладывают икру в гнездах, которые они строят из гравия ручьев. При культивировании для получения икры иногда воссоздают эти природные условия. Инкубируемая икра обычно находится под поверхностным слоем гравия, а вода, протекающая через осадки, снабжает ее кислородом и выносит продукты обмена. Сильные дожди и связанное с ними значительное поступление в воду мелкого осадочного материала могут привести к забиванию гравия на дне ручья, в результате чего доступ туда воды будет сильно ограничен. В таких условиях значительное количество икры может погибнуть. Такая ситуация часто возникает после лесных пожаров или в результате некоторых видов человеческой деятельности, когда по берегам ручьев уничтожается естественная растительность и почва начинает подвергаться эрозии.

Твердые вещества, взвешенные в воде, создают большую по-

верхность для роста грибов и бактерий (Cairns, 1967) и могут способствовать развитию болезней в системах культивирования. Взвешенные частицы, кроме того, абсорбируют и адсорбируют различные химические вещества, например фосфаты. В результате удобрения могут быть менее эффективными в мутной воде не только из-за затемнения, но и потому, что питательные вещества оказываются связанными и с трудом включаются в ткани растений.

Мутные воды менее подвержены температурным изменениям за короткие интервалы времени, быстрее нагреваются и лучше сохраняют тепло, чем прозрачные. Содержание взвешенных веществ в поступающей в хозяйства воде, как правило, не контролируется, хотя иногда бывает, что источник воды слишком мутный и тогда приходится принимать меры для ее осветления. Самый простой способ — дать воде отстояться перед подачей ее в выростную емкость. В противном случае может быть нанесен вред культивируемым организмам.

Кроме того, попадание большого количества взвешенного вещества прямо в пруды для культивирования может привести к быстрому их обмелению и необходимости углубления прудов и удалению осадков. Эта работа связана с большими затратами, и ее следует избегать. Если в систему интенсивного культивирования поступило значительное количество взвешенных веществ, арматура может выйти из строя и за животными становится трудно наблюдать. Более того, осадок в емкостях начинает быстро нарастать, и это вызывает необходимость очистки.

Известно, что двух одинаковых прудов не существует. Первичная и вторичная продукция, а также качество воды в прудах одинаковой конструкции, получающих одинаковое количество воды из одного источника и заселенных одновременно одним и тем же посадочным материалом, могут резко различаться. Особенно это относится к содержанию взвешенных веществ. В одном из парных прудов вода может быть совершенно прозрачной, а в другом мутной. Это положение может сохраняться в течение нескольких месяцев или может быстро измениться. На следующий год оба пруда могут быть мутными или прозрачными или ситуация может повторять прошлогоднюю, т. е. один пруд будет мутным, а другой прозрачным. Предсказать ситуацию заранее почти невозможно.

В большинстве случаев некоторая мутность допустима, поскольку большинство культивируемых животных хорошо переносит высокое содержание взвешенных веществ. Однако, если необходимо вызвать развитие фитопланктона, а вода мутная, может возникнуть необходимость в осаднении взвешенных веществ. Существует два простых способа осаднения. Первый заключается в рассыпании по поверхности пруда нарезанного сена. По мере осаднения на нем собираются частицы глины. Второй метод состоит во внесении в воду 200—900 кг/га гипса CaSO_4 . Обработку можно повторить с интервалами в 7—10 дней до достижения требуемого эффекта (Lee, 1973). Пищевое поведение или размножение неко-

торых животных создает мутность в прозрачной воде. В качестве примера можно привести обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*), буффало (*Ictiobus spp.*) и тилапию *Tilapia spp.* Связанное с этими рыбами количество взвешенных веществ в воде обычно безопасно для других организмов, хотя в результате затенения может снизиться первичная продуктивность.

Устрицы (*Crassostrea virginica*) питаются наиболее эффективно, когда отношение количества корма к объему воды невелико (Loosanoff and Tommers, 1948). В мутной воде скорость фильтрации значительно снижается, в результате чего может уменьшиться скорость их роста. Многие виды рыб могут переносить исключительно высокие содержания взвешенных веществ, по крайней мере, в течение коротких периодов. Уоллен (Wallen, 1951) изучал влияние мутности на 16 видах рыб, в том числе на канальном сомике (*Ictalurus punctatus*) и обыкновенном карпе (*Cyprinus carpio*), и не обнаружил неблагоприятного действия, пока содержание взвешенных веществ не превышало 20 000 мг/л. Большинство видов было способно переносить содержание взвешенных веществ 100 000 мг/л в течение недели или дольше. Таким образом, непосредственной смертности, связанной с мутностью воды, в хозяйствах аквакультуры, как правило, не наблюдается, поскольку в большинстве вод, где производится культивирование, содержание взвешенных веществ не превышает нескольких сотен миллиграммов на литр.

ЩЕЛОЧНОСТЬ

Способность природных водных систем препятствовать изменениям pH может быть оценена количеством бикарбонатных и карбонатных ионов, присутствующих в системе. Этот показатель называется щелочностью. В главе 3 рассматривалось влияние карбонатной буферной системы на pH, а также роль процессов фотосинтеза и дыхания в доступности карбонатов и бикарбонатов.

Щелочность измеряется путем титрования проб воды раствором серной кислоты до конечных значений, получаемых с помощью фенолфталеина и метилоранжа. Бикарбонатная щелочность вычисляется как разность между карбонатной (фенолфталеин) и общей (метилоранж) щелочностью (ARNA, 1975).

В пресноводных системах культивирования щелочность, как правило, должна составлять от 30 до 200 мг/л, хотя воды с более высокой и низкой щелочностью с успехом использовались для культивирования. Вода с очень низкой щелочностью обладает слабой способностью сопротивляться изменениям pH, и ее следует в большинстве случаев избегать. Вода с низкой щелочностью может быть пригодна для интенсивных систем культивирования, поскольку в замкнутые системы обычно вводится буфер. Его можно вводить также и в открытые или полужамкнутые системы в случае необходимости. Почвы прудов обмениваются ионами с во-

дой и способны оказывать довольно значительное влияние на щелочность вплоть до того, что карбонаты могут оказаться исчерпанными. Для увеличения щелочности в пруды можно добавлять карбонат кальция (Arce and Boyd, 1975).

Если щелочность исключительно высока, карбонаты могут осаждаться на поверхностях в системе культивирования (например, на трубах или на стенках выростных емкостей). Это может произойти особенно в том случае, если в воде присутствуют значительные количества ионов кальция или магния, которые могут вступать в реакцию с карбонатами. Щелочность морской воды всегда очень высока из-за присутствия карбонатов в морских осадках и растворенных в воде. Однако она не настолько высока, чтобы вызвать осаждение карбоната кальция в выростных емкостях.

pH воды влияет на долю щелочности, обусловленную угольной кислотой, бикарбонатами и карбонатами. На эти соотношения влияют также температура и соленость. Например, в морской воде при pH 8,0 и температуре 24°C примерно 8% щелочности обусловлено карбонатами, в то время как в пресной воде при тех же значениях pH и температуры менее 0,5% щелочности представлено карбонатными ионами (Spotte, 1970). В общем случае щелочность большинства пресных вод и вод эстуариев с низкой соленостью вызвана присутствием бикарбонатов.

ЖЕСТКОСТЬ

Концентрация двухвалентных катионов (в основном кальция и магния) в воде определяет ее жесткость, которая выражается в миллиграммах карбоната кальция на 1 л (АРНА, 1975). Хотя высокие щелочность и жесткость часто наблюдаются одновременно, фактически это — два независимых параметра, особенно в пресной воде. Соленая вода, как правило, жесткая, но встречаются и очень мягкие пресные воды, и они могут иметь очень высокую щелочность. В одну из систем культивирования, с которой работал автор, подавалась вода из скважины, которая имела общую жесткость 10 мг/л и общую щелочность приблизительно 900 мг/л.

Низкая жесткость может оказывать отрицательное влияние на некоторых культивируемых животных. Например, когда таких эвригаллиных рыб, как красный горбыль (*Sciaenops ocellata*), содержат в очень мягкой пресной воде, выживаемость его низкая (вероятно, из-за неспособности к эффективной осморегуляции в растворе, почти полностью лишенном двухвалентных ионов). Для большинства пресноводных видов рекомендуемая жесткость составляет 20—25 мг/л. В марикультуре жесткость не имеет значения.

В прудах жесткость поступающей воды может увеличиваться вымыванием кальция или магния из осадков, хотя на них и нельзя полагаться как на надежный источник этих элементов. Для

увеличения жесткости в воду можно добавлять известь (СаО). Гашеную известь Са(ОН)₂ применять не рекомендуется, поскольку это делает воду щелочной. Можно использовать карбонат кальция, но он мало эффективен в водах с высоким рН, поскольку известняк плохо растворяется в этих условиях. Не следует пытаться увеличить жесткость после внесения фосфатных удобрений, поскольку выделяемый при этом кальций вступит в реакцию с фосфатом с образованием нерастворимого Са₃(РО₄)₂, что сделает внесение удобрений неэффективным. Гипс также можно применять для увеличения жесткости воды без изменения рН.

Количество химических веществ, вносимых в определенный водоем, в значительной степени зависит от первоначального качества воды и требуемой окончательной жесткости. Для начала можно вносить 1000 кг/га (лучше 200—500 кг/га). Спустя несколько дней необходимо проверить жесткость для оценки эффективности обработки. После этого можно продолжать обработку большими, меньшими или теми же дозами до получения требуемой жесткости. Жесткость воды довольно просто определяется титрованием (АРНА, 1975).

Арк и Бойд (Arce and Boyd, 1975) изучали влияние внесения извести в мягкую воду прудов Алабамы в количестве 4300—4900 кг/га, после чего в пруды 13 раз вносили удобрения (20—20—0) с двухнедельными интервалами по 45 кг/га. Общая жесткость (которая вначале составляла менее 10 мг/л) увеличилась в 4 раза, так же как и общая щелочность, которая вначале составляла менее 15 мг/л. Продуктивность фитопланктона, а также травоядной тилипии *Tilapia aurea* в прудах, в которые вносили карбонат кальция, увеличивалась.

Известь иногда используется для стерилизации осушенных прудов перед заполнением и зарыблением. Слой извести рассыпают по дну и перемешивают с донными осадками дисковым культиватором. Этот способ эффективен в борьбе с нежелательными донными животными и патогенными организмами.

ТРЕБОВАНИЯ К СУБСТРАТУ

Многие культивируемые животные так же хорошо адаптируются к емкостям и садкам из стекловолокна, металла, дерева и бетонным каналам, как и к прудам, но некоторым видам для хорошего роста и высокого качества готового продукта требуется особый субстрат. Дно прудов, расположенных под открытым небом, обычно состоит из песка, обломков раковин, глины и ила или смеси этих и других природных материалов. Видам, которые обычно зарываются в осадки в течение всего или части дня, такие материалы могут быть необходимы для быстрого роста и выживания.

Некоторым видам на определенных стадиях жизненного цикла необходимы укрывные места, где они могут прятаться. Например, среди пенеидных и пресноводных креветок (*Penaeus* spp. и *Mas-*

гоbrachium sp.), являющихся объектами культивирования, на стадии линьки и до образования нового панциря распространен каннибализм. Если у животных есть место, куда они могут спрятаться во время линьки, подстерегающая их опасность значительно уменьшается. Каннибализм среди голубых крабов (*Callinectes sapidus*) и лангустов (*Homarus americanus*) в период линьки настолько жесток, что их приходится содержать в отдельных емкостях или в емкостях с перегородками, предотвращающими контакт между особями.

Убежища для креветок можно делать из разных материалов, имеющих обычно под рукой в хозяйствах аквакультуры, или покупать. Вполне эффективными для этих целей оказываются куски поливинилхлоридных труб, нарезанные на мелкие полоски, бетонные блоки и другие сходные предметы.

Устрицам требуется твердый субстрат. Осадки, содержащие в больших количествах ил и глину, для устриц не подходят. Если устрицы на таком субстрате не погибнут от асфикции, рост их может замедлиться в результате закупоривания жабр и уменьшения скорости прохождения воды. Устриц и клемов можно выращивать в емкостях с твердым дном, в корзинах, в которых вообще нет осадочного материала, на веревках, а также на твердых субстратах в природных условиях или в искусственных прудах.

Если камбалу выращивают в емкостях из стекловолокна без какого-либо рыхлого субстрата типа песка или створок, то на брюшке у нее появляются темные пигментные пятна (Stickney and White, 1975). Двухцветная окраска не влияет на вкус или запах мяса рыбы, но может затруднить реализацию, если пигментные пятна будут с обеих сторон (камбалу часто продают обезглавленной и потрошеной, но с кожей и чешуей).

При культивировании таких донных животных, как креветки и камбала, может оказаться полезным создать больше субстрата, чем обычно бывает в бассейне или пруду. Это достигается устройством горизонтальных или даже вертикальных перегородок, можно также повесить в воде вертикально сеть. Некоторые виды животных используют дополнительный субстрат, увеличивая тем самым доступную в условиях культивирования поверхность. Это позволяет значительно увеличить плотность посадки животных на единицу объема воды при условии поддержания требуемого качества воды.

На Гавайях промышленное выращивание креветки (*Macrobrachium rosenbergii*) осуществляется в прудах, в которых устроены сетные перегородки. Во время облова вертикальные сетные перегородки снимают. Известно, что камбалы могут прикрепляться к любой поверхности — вертикальной, горизонтальной или расположенной под углом. Хотя для камбал сеть не является подходящим вертикальным субстратом, она может оказаться полезной, если ее расстелить над дном. Камбалы способны часами удерживаться на вертикальных стенках бассейна.

ПЛОТНОСТЬ ПОСАДКИ ЖИВОТНЫХ

Различные виды животных по-разному реагируют на скученность. Некоторые животные становятся агрессивными при низких плотностях, другие могут проявлять агрессивность или каннибализм при высоких плотностях. Для каждого вида плотность необходимо определять индивидуально как число животных на единицу площади или объема воды. При этом независимо от плотности необходимо поддерживать определенное качество воды.

По мере увеличения плотности конкуренция за пищу может усиливаться и территориальное поведение часто искажается. Канальный сомик, форель и некоторые другие виды хорошо растут в условиях скученности, но другие виды переносят ее хуже. Если в результате скученности начинает проявляться агрессивность или каннибализм (а это может наблюдаться даже при относительно низкой плотности), животных приходится выращивать в отдельных емкостях. Выше уже описывалось, как крабов и устриц приходится выращивать индивидуально. Хотя этот способ и эффективен, он значительно увеличивает затраты, поскольку для каждого животного необходима отдельная емкость. Обычно в крупных выростных емкостях (бассейнах, прудах, участках эстуария или залива) устраивают перегородки, которые не препятствуют потоку воды, а животные содержатся как бы в отдельных отсеках. В качестве перегородок используют веревочную или нейлоновую сеть. Материал не должен подвергаться быстрому гниению в результате коррозии или контакта с организмами-обрастателями. Голубые крабы (*Callinectes sapidus*) уничтожают нейлоновую сеть за несколько часов. Животные могут запутаться в сети и тогда проделывают в ней огромные дыры в попытках освободиться. Если целостность ограждения нарушается, животные могут уйти или съесть друг друга.

Поскольку в системе культивирования животные содержатся поодиночке в небольших емкостях и не могут передвигаться на сколько-нибудь значительное расстояние, приходится кормить каждое животное по отдельности, вместо того чтобы позволить им собираться вместе в периоды кормления, как обычно делают стайные рыбы. В результате на кормление и некоторые другие процессы уходит несколько больше времени, чем обычно. Зато облов индивидуальных емкостей может быть проще, поскольку каждое животное содержится в известном замкнутом объеме и может быть легко поймано.

Виды, которые хорошо переносят повышенную плотность, можно культивировать в бассейнах при очень высокой плотности посадки. Сообщают, что в проточных системах она может достигать 10 кг/га. Автору приходилось видеть бассейны, в которых плотность животных была настолько велика, что они могли сохранять только свое положение в воде, но не в состоянии были плыть ни горизонтально, ни вертикально. На некоторые виды такие условия могут оказывать значительный стресс, а другие способны к ним

адаптироваться, если качество воды не ухудшается. Даже в открытых системах с частой сменой воды возможно некоторое ухудшение качества воды по мере того, как она проходит от одного конца канала до другого или от точки поступления до центрального слива. Прекращение подачи воды в таких системах даже на несколько минут может вызвать высокую смертность.

Пруды могут быть перенаселены настолько, что естественного поступления растворенного кислорода в воду становится недостаточно. В таких прудах необходимо устраивать дополнительную аэрацию, но до установки в пруду сложной аэрационной установки необходимо продумать последствия возможного выхода ее из строя и стоимость.

Необходимо также учитывать, что скученность часто приводит к вспышкам болезней. Бактериальные инфекции и паразитические эпизоотии могут произойти буквально за одну ночь в результате стресса, возникшего из-за слишком высокой плотности посадки. Для лечения многих болезней требуется кратковременное выдерживание животных в химических растворах высокой концентрации или длительное выдерживание в растворах низкой концентрации. В проточных системах для эффективного проведения такого лечения поступление воды необходимо приостановить, вместе с тем отключение воды может привести к дополнительному стрессу из-за дальнейшего ухудшения качества воды. Обработка лечебными препаратами в проточной воде возможна, но она требует значительного расхода химических веществ и обходится очень дорого. Проведение лечебных мероприятий в замкнутых циркуляционных системах может привести к уничтожению бактериальной флоры биофильтра с соответствующим ухудшением качества воды. И наконец, использование химических веществ в прудах может потребовать больших количеств реактивов. Правильная эксплуатация системы культивирования предполагает поддержание высокой плотности, но без создания условий стресса, разумеется, такое равновесие весьма неустойчиво и может легко нарушиться.

Многие специалисты по аквакультуре считают, что размеры емкости для культивирования ограничивают максимальные размеры, до которых рыба может вырасти. Например, многие аквариумные виды, которые в аквариуме никогда не достигают массы свыше нескольких граммов, в природе могут достигать нескольких килограммов. Возможно, эта разница обусловлена не столько объемом воды, сколько ее качеством. Даже в аквариуме, снабженном самым лучшим гравийным фильтром, в воде могут накапливаться продукты обмена, которые значительно замедляют рост животных.

Если тот же аквариум устроен так, что воду в нем можно заменять несколько раз в день, или если к системе подключен внешний биологический фильтр соответствующей производительности, животное может вырасти настолько, что заполнит собой аквариум. Таким образом, пространство, как правило, не является лимитирующим фактором. Однако в системе культивирования любого типа в общем случае можно достичь такой плотности или био-

массы животных, что какой-либо из аспектов качества воды станет лимитирующим для дальнейшего роста. Размеры аквариума довольно редко становятся определяющим фактором, хотя это и возможно.

ПЕСТИЦИДЫ, ГЕРБИЦИДЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

Хроническая и острая токсичности различных пестицидов, гербицидов и следов металлов были определены для некоторых видов, в том числе и представляющих интерес в качестве объектов культивирования. Как обсуждалось в главе 2, в воде, предназначенной для культивирования, не должны содержаться гербициды или пестициды, а также такие следовые* металлы, как кадмий, цинк, медь, серебро, свинец и ртуть в высокой концентрации. Американское агентство по защите окружающей среды установило максимально допустимую концентрацию ртути в мясе рыбы, равную 0,5 мг/л.

В меч-рыбе и тунцах из промысловых уловов это значение иногда бывает превышенным, но при культивировании этих объектов такие трудности не возникают.

Загрязнение тяжелыми металлами возможно, если водоносный слой загрязнен повторно поступающей водой, содержащей значительные количества металлов (стоки промышленных предприятий или даже городские сточные воды). Анализ воды на содержание следов металлов с помощью атомной абсорбционной спектрометрии довольно дорог, но такое исследование позволяет избежать дальнейших расходов (если есть основания считать, что предполагаемый источник водоснабжения может быть загрязнен).

Для пестицидов типа ДДТ характерно явление, которое называется биологическим накоплением. Оно заключается в том, что пестициды поступают в пищевую цепь на низком трофическом уровне и в незначительной концентрации (путем абсорбции растениями из воды), но по мере перехода на следующий трофический уровень концентрация их возрастает. Аналогичное явление иногда наблюдается и с тяжелыми металлами, но не всегда. Медь, например, обнаруживается в значительно более высоких концентрациях в ракообразных, чем в позвоночных, из-за того, что основным пигментом крови этих беспозвоночных является гемоцианин — вещество, содержащее медь. Потребности в меди для позвоночных и ракообразных неодинаковы, поскольку пигмент крови позвоночных содержит железо в молекуле гемоглобина. Тем не менее можно предполагать, что в теле рыбы, питающейся в основном ракообразными, содержится больше меди, чем в рыбе, питающейся, например, растениями. По-видимому, здесь дело обстоит не так. Вместо биологического накопления часто наблю-

* В отечественной литературе чаще используется термин «тяжелые металлы». — *Прим. ред.*

дается уменьшение содержания меди при переходе от ракообразных к костистым рыбам (Stickney et al., 1975). Разница между биологическим накоплением пестицидов и тяжелых металлов, вероятно, связана с наличием или отсутствием биохимического пути передачи веществ в высоких концентрациях, в которых организм не нуждается.

Не все тяжелые металлы ведут себя, как медь, будучи поглощенными рыбой в относительно высоких концентрациях. Ртуть, свинец, мышьяк и другие металлы не требуются для нормального обмена и накапливаются часто до тех пор, пока не достигнут токсичных значений, если рыба испытывает действие необычно высоких концентраций. Кадмий — металл, токсичный в высоких концентрациях, — также не участвует в обменных процессах животных, но химия его очень сходна с химией цинка. Кадмий, по-видимому, конкурирует с цинком за участки активности ферментов. По мере уменьшения отношения цинк/кадмий кадмий начинает превалировать и, наконец, разрушает ферменты, что приводит к нарушению нормального обмена. Гипертония у людей связана с высоким содержанием кадмия в почках (Schroeder, 1965).

Пестициды и гербициды могут попадать в относительно неглубоко залегающие водоносные горизонты в результате обмена с поверхностными водами и служить источником загрязнения глубоких скважин, если уровень грунтовых вод может в любой момент достичь поверхности. Большинство случаев пестицидного и гербицидного загрязнений связано с использованием поверхностных вод в аквакультуре. Если возможно, следует избегать располагать хозяйства аквакультуры вблизи сельскохозяйственных угодий, однако большинство хозяйств аквакультуры в США расположено в районах с высокоразвитым земледелием не только из-за климата, но и потому, что многие рыбоводы занимаются еще и сельским хозяйством. Часто рыбу выращивают в прудах, расположенных по соседству с полями, засеянными кукурузой, рисом, бобами, хлопком или другими культурами, которые требуют применения пестицидов или гербицидов. Хлопковые поля, например, подвергаются обработке не менее 10 раз за сезон выращивания. При сильном ветре или даже при слабом, но в сторону прудов результат для аквакультуры может оказаться плачевным.

Некоторые рыбоводы, особенно занимающиеся выращиванием канального сомика и лангустов, применяют чередование культур, которое включает и водные организмы. Например, в Арканзасе в этом кругообороте участвуют рис, соевые бобы и лангусты. В настоящее время большинство применяемых гербицидов и пестицидов представляет собой быстро распадающиеся органофосфаты, а не печально знаменитые хлорированные углеводороды, которые преимущественно применялись несколько лет назад, и мало вероятно, чтобы их остатки передавались от одной культуры к другой, хотя в некоторых районах все еще имеются почвы с очень высоким содержанием хлорированных углеводородов. В таких районах перед закладкой хозяйства аквакультуры почву необхо-

димо брать на анализ, который производится с помощью газожидкостной хроматографии; метод этот дорогостоящий, но затраты себя оправдывают.

Рыбы весьма чувствительны к действию большинства пестицидов, но еще более высокой чувствительностью отличаются ракообразные, поскольку они ближе к насекомым, для уничтожения которых предназначены пестициды. Гербициды могут вызвать непосредственную гибель рыб или привести к увеличению биохимического потребления кислорода вследствие уничтожения первичных продуцентов кислорода в системе культивирования. В результате возникает дефицит кислорода, который также приводит к высокой смертности, если не принять соответствующие меры (см. главу 3).

Когда-то в США широко применялись ртутные фунгициды, но теперь они запрещены из-за опасности для человека. В состав многих альгицидов до сих пор в качестве активного вещества входит медь. Поскольку медь более токсична для водорослей и других растений, чем для рыб, ее можно применять без опасений, необходимо только правильно рассчитывать дозировки. Ошибка в вычисленных дозировках может привести к образованию избыточной меди и созданию токсичных условий, что может вызвать гибель культивируемых животных. Такие показатели качества воды, как рН, жесткость, щелочность и температура, часто определяют безопасное для культивируемых животных количество пестицидов, гербицидов и других химических веществ. До внесения любого химического вещества необходимо внимательно прочитать этикетку и строго следовать инструкции.

Многие данные, приводимые в литературе по летальным концентрациям пестицидов, гербицидов и тяжелых металлов для водных организмов, основаны на остролетальных тестах, в которых определяются 24, 48, 72 или 96-часовые концентрации химического вещества, при которых погибает 50% популяции. Такие данные часто более информативны для экологов, изучающих влияние периодических или индивидуальных доз токсиканта в реке или эстуарии, чем для рыбовода, в пруды которого могут постоянно поступать небольшие количества химических веществ вместе с закачиваемой водой.

Для рыбоводства более полезны хронические биотесты, в которых животных подвергают действию низких концентраций токсикантов в течение длительного времени. В таких условиях гибель может и не наступить, но физиология животного настолько изменится, что рост и другие параметры значительно замедлятся или ухудшатся. Длительная экспозиция культивируемых животных при низких концентрациях пестицидов, гербицидов и тяжелых металлов может привести к тому, что содержание этих веществ в теле рыбы сделает ее непригодной в пищу. В большинстве случаев при строгом подходе к выбору места для строительства хозяйства аквакультуры и правильной эксплуатации системы водоснабжения такой риск может быть минимальным.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ХОЗЯЙСТВ АКВАКУЛЬТУРЫ

Из системы культивирования любых типов воду необходимо отводить, по крайней мере, время от времени. В проточных системах ежедневно используются большие объемы свежей воды и стоки из таких систем часто просто сливаются, а не подаются вновь в систему через отстойник. Качество воды, вытекающей из открытых систем, часто изменяется лишь незначительно по сравнению с качеством вновь поступающей в систему культивирования, особенно если она пробыла в системе недолго. Совсем иначе обстоит дело со сточными водами из замкнутой циркуляционной системы, которую спускают редко. Содержание питательных веществ в такой воде высоко, и она значительно отличается по качеству от первоначальной. Промежуточное положение между этими двумя крайними ситуациями занимают стоки из прудов и полузамкнутых интенсивных систем культивирования. В некоторых случаях вытекающая из них вода по качеству лучше, чем поступающая.

Качество воды, выпускаемой из системы культивирования в общественные воды, контролируется Агентством по охране окружающей среды и различными организациями.

В течение нескольких лет в Агентстве по охране окружающей среды разрабатывались предельно допустимые концентрации токсикантов в воде, выходящей из систем культивирования. Вначале предполагалось ввести разнообразные тесты на все стоки, в том числе анализ на содержание тяжелых металлов, а также на концентрацию питательных взвешенных веществ и биохимическое потребление кислорода (БПК). Однако к середине 70-х годов выяснилось, что из-за трудностей и затрат, связанных с получением данных, а главное из-за того, что большинство хозяйств аквакультуры не способны значительно изменить характеристики водоемов, в которые поступают их стоки, предполагаемые стандарты ограничили определение содержания осаждаемых взвешенных веществ. Это определение легко может быть выполнено путем помещения пробы сточной воды в устройство, называемое конусом Имгоффа. Воду дают отстояться в перевернутом градуированном конусе определенное время и затем определяют количество взвешенного вещества, скопившегося на дне конуса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Allen, K. O., and J. W. Avault, Jr. 1969. Effects of salinity on growth and survival of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, Proc. Southeast, Assoc. Game Fish Comm. 23: 319—331.

American Public Health Association, 1975. Standard methods, 14th ed. American Public Health Association, Washington, D. C. 1193 p.

Andrews, J. W., and R. R. Stickney. 1972. Interactions of feeding rates and environmental temperature on growth, food conversion, and body composition of channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 101: 94—99.

Arce, R. G., and C. E. Boyd. 1975. Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity, and fish production in soft water ponds. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 308—312.

- Avault, J. W., Jr., and E. W. Shell. 1968. Preliminary studies with the hybrid tilapia *Tilapia nilotica* × *Tilapia mossambica*. FAO Fish. Rep. 44: 237—242.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLareney. 1972. Aquaculture. Wiley-Interscience, New York, 868 p.
- Cairns, J., Jr. 1967. Suspended solids standards for the protection of aquatic organisms. Purdue Univ. Eng. Bull. 129: 16—27.
- Chimits, P. 1957. The tilapias and their culture. A second review and bibliography. FAO Fish. Bull. 10: 1—24.
- Eddy, S. 1957. The freshwater fishes. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa. 253 p.
- Hedgpeth, J. W. 1957. Classification of marine environments. In J. W. Hedgpeth, (Ed.). Treatise on marine ecology and paleoecology. Vol. 1. Memoir 69, Geological Society of America, New York pp. 17—27.
- Hickman, C. P., Jr., and B. F. Trump. 1969. The kidney. In W. S. Hoar, and D. J. Randall (Eds.), Fish physiology, Vol. 1, Academic Press, New York, pp. 91—239.
- Kilambi, R. W., J. Noble, and C. E. Hoffman. 1970. Influence of temperature and photoperiod on growth, food consumption and food conversion efficiency of channel catfish. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 24: 519—531.
- Lee, J. S. 1973. Commercial catfish farming. Interstate Printing & Publishing. Danville, Ill. 263 p.
- Lockwood, A. P. M. 1967. Aspects of the physiology of crustacea. Freeman, San Francisco. 328 p.
- Loosanoff, V. L., and F. D. Tommers. 1948. Effect of suspended silt and other substances on the rate of feeding of oysters. Science, 107: 69—70.
- McBay, L. G. 1961. The biology of *Tilapia nilotica* Linnaeus. Proc. Southeast Assoc. Game Fish Comm. 15: 208—218.
- Page, J. W., and J. W. Andrews. 1975. Effects of light intensity and photoperiod on growth of normally pigmented and albino channel catfish. Prog. Fish-Cult. 37: 121—125.
- Pearse, A. S., and G. Gunter. 1957. Salinity. In J. W. Hedgpeth (Ed.). Treatise on marine ecology and paleoecology, Vol. 1, Memoir 69, Geological Society of America, New York, pp. 129—157.
- Perry, W. G., Jr. 1967. Distribution and relative abundance of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, and channel catfish, *Ictalurus punctatus*, with relation to salinity. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 21: 436—444.
- Perry, W. G., Jr. 1969. Food habits of blue and channel catfish collected from a brackishwater habitat. Prog. Fish-Cult. 31: 47—50.
- Perry, W. G., Jr., and J. W. Avault, Jr. 1968. Preliminary experiments on the culture of blue, channel, and white catfish in brackish water ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 22: 397—406.
- Perry, W. C., Jr., and J. W. Avault, Jr. 1969. Culture of blue, channel and white catfish in brackish water ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 23: 592—605.
- Perry, W. G., Jr., and J. W. Avault, Jr. 1971. Polyculture studies with blue, white and channel catfish in brackish water ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 25: 466—479.
- Pritchard, D. W. 1967. What is an estuary; Physical viewpoint. In G. H. Lauff, (Ed.), Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington, D. C., pp. 3—5.
- Ruttner, F. 1953. Fundamentals of limnology. University of Toronto, Press, Toronto. 295 p.
- Schroeder, H. A. 1965. Cadmium as a factor in hypertension. J. Chron. Dis. 18: 647—656.
- Spotte, S. H. 1970. Fish and invertebrate culture. Wiley, New York, 145 p.
- Stickney, R. R., and J. W. Andrews. 1971. The influence of photoperiod on growth and food conversion of channel catfish. Prog. Fish-Cult. 33: 204—205.

Stickney, R. R., and B. A. Simco. 1971. Salinity tolerance of catfish hybrids. *Trans. Am. Fish. Soc.* 100: 790—792.

Stickney, R. R., and D. B. White. 1973. Effects of salinity on growth of *Paralichthys lethostigma* postlarvae reared under aquaculture conditions. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 27: 532—540.

Stickney, R. R., and D. B. White. 1975. Ambicoloration in tank cultured flounder, *Paralichthys dentatus*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104: 158—160.

Stickney, R. R., H. L. Windom, D. B. White, and F. E. Taylor. 1975. Heavy—metal concentrations in selected Georgia estuarine organisms with comparative food-habit data. In F. G. Howell, J. B. Gentry, and M. H. Smith (Eds.), *Mineral cycling in southeastern ecosystems*. U. S. Energy Research and Development Administration, CONF—740513, Springfield, Va., pp. 257—267.

Sverdrup, H. N., M. W. Johnson, and R. H. Fleming. 1942. *The oceans*. Prentice—Hall, Englewood Cliffs, N. J. 1087 p.

Wallen, I. E. 1951. The direct effect of turbidity on fishes. *Bull. Okla. Agr. Mech. Coll.* 48: 1—27.

КОРМА, КОРМЛЕНИЕ И РОСТ**ТРОФИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ И ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ**

После достижения культивируемыми объектами ювенильной стадии большая часть затрат в аквакультуре связана с необходимостью обеспечения растущих организмов подходящим кормом. Это относится также к личинкам и малькам, но для видов, которые способны потреблять искусственные корма с самого начала жизни, затраты будут незначительны до тех пор, пока они не достигнут более крупного размера. Большинство культивируемых организмов, достигших ювенильной стадии (а во многих случаях еще раньше), всеядны или плотоядны. Исключение составляют в основном моллюски (мидии, гребешки и устрицы) и некоторые рыбы, например тилапия и белый амур. Все морские рыбы, которые изучались как потенциальные объекты выращивания в США,— хищники. Многие считают кефаль *Mugil cephalus* растительноядной, но по особенностям питания она всеядна (Odum, 1966, 1968). Среди других потенциальных объектов марикультуры, которые по своей природе относятся, скорее, к хищникам, можно назвать красного и черного горбылей и многих камбал рода *Paralichthys*.

Цена кормов для животных различных трофических уровней зависит от культивируемого вида и места расположения рыбоводного хозяйства. Теоретически затраты на кормление морских моллюсков равны нулю, если культивирование их происходит в естественных водоемах, характерной чертой которых является высокий уровень первичной продуктивности, обеспечивающий массовое развитие микроводорослей, которые служат кормом для этих организмов. Если бы возникла необходимость кормить животных в течение всего периода выращивания планктоном, культивируемым в лабораторных условиях, то их разведение стало бы экономически нецелесообразным. Рост численности фитопланктона можно стимулировать внесением неорганических (см. главу 3) и органических (обычно в виде фекалий животных) удобрений. Органические удобрения способствуют росту численности фитопланктона как кормовой базы для многочисленных организмов аквакультуры (Hickling, 1962; Swingle et al., 1965; Schroeder, 1974; Boyd, 1976; Stickney et al., 1977a, 1967b; Stickney and Hesby,

1978). При экстенсивном выращивании всеядные и хищные рыбы частично обеспечивают свои пищевые потребности за счет природного корма, но при интенсивном выращивании потребность в корме значительно превышает возможности природной среды. Удобрения могут стимулировать рост вторичной продукции, но, если плотоядные или всеядные рыбы выращиваются при высоких плотностях, необходим дополнительный корм. Это могут быть обрезки мяса, отходы от разделки рыбы и т. д. или специально приготовленные искусственные корма, в состав которых входят различные зерновые, рыбная мука, а также витаминные и минеральные добавки.

За исключением растительных, все культивируемые в промышленных масштабах или потенциальные объекты содержатся на искусственных кормах. Состав кормов и рационы рассмотрены ниже. В некоторых случаях приходится обучать рыб принимать искусственные корма, но для большинства видов это не вызвало больших затруднений. Например, Уайт и Стикни (White and Stickney, 1973) сделали попытку перевести камбал *Paralichthys dentatus* и *P. lethostigma* с естественных кормов на искусственные в лабораторных условиях. Сначала камбалам на послеличиночной стадии давали в качестве корма солоноватоводного рачка *Artemia salina*, затем постепенно добавляли в рацион мороженых пинеид, креветок, разрезанных на мелкие кусочки, затем сублимированных и, наконец, промышленный корм для форели. Более простой способ перевода с живых кормов на искусственные заключается в подсадке одной рыбы, уже приученной к искусственным кормам, в каждую емкость с культивируемыми камбаловыми. Пищевая активность при потреблении корма обученной рыбой, по всей вероятности, будет вызывать подобную реакцию у других рыб. Уайт и Стикни (1973) наблюдали случай, когда после того как одна камбала начала потреблять гранулированный корм, другие последовали ее примеру.

Некоторые объекты аквакультуры, например канальный сомик, тилапия и радужная форель, начинают брать искусственный корм сразу после рассасывания желточного мешка и проявляют высокую пищевую активность. Многие другие позвоночные и беспозвоночные и особенно объекты мариккультуры требуют живых кормов в течение некоторого периода после выклева. Основная причина потребности в живом корме, по всей вероятности, связана с чрезвычайно небольшим размером личинок морских видов при выклеве и высокой скоростью личиночного развития сразу после него. Животные с очень мелкой икрой (следовательно, с небольшим желтком) претерпевают большие изменения в период личиночного развития и требуют очень мелких живых кормов, в то время, как животные с крупной икрой (содержащей большое количество желтка) производят потомство, по морфологии подобное взрослым особям, и могут сразу потреблять искусственные корма. Поскольку плодовитость связана у водных животных с размерами икринок, она рассмотрена в главе 6.

ЖИВЫЕ КОРМА ДЛЯ ЛИЧИНОК И МОЛОДИ РЫБ

То, что личинки беспозвоночных и молодь рыбы отказываются по-треблять на каком-то этапе искусственный корм, еще не означает, что наличие живых кормов будет всегда условием успешного разведения этих видов. Консистенция, запах, цвет и способы кормления могут содействовать или препятствовать утилизации корма. К сожалению, эти вопросы почти не разработаны. По мере развития исследований и пищевой технологии могут появиться искусственные корма, пригодные для многих видов, требующих в настоящее время живых кормов.

Начальным кормом для многих организмов на личиночной стадии является фитопланктон. Это связано с небольшим размером выращиваемых животных. Культивирование микроводорослей достаточно хорошо развито, и его рассмотрение выходит за рамки данной книги. Массовое разведение фитопланктона в качестве корма для личинок требует определенной площади, большого опыта, знаний и времени. Если необходимо много водорослей, затраты на их выращивание могут составить значительную часть общих затрат на культивирование.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА И ВОДОРΟΣЛЕЙ

Культивирование фитопланктона в альгологически чистых условиях в рыбоводных хозяйствах, где большие количества водорослей необходимы в течение всего периода роста личинок, нерентабельно. Водоросли часто культивируют в стеклянных бутылках или в открытых емкостях из стекловолокна или пластмассы (нетоксичных). Соответствующую питательную среду (состав которой зависит от вида выращиваемых водорослей) добавляют в отфильтрованную воду каждой выростной емкости; затем емкости инокулируют определенным видом водорослей. Для разных культивируемых видов могут требоваться различные корма, или различные виды водорослей могут быть пригодны для одного выращиваемого организма. Для культивируемых микроводорослей необходимы яркий искусственный свет и аэрация, обеспечивающая циркуляцию воды. Благодаря циркуляции все клетки водорослей в каждой выростной емкости получают свет, оказываясь на поверхности. При соответствующих условиях клетки быстро размножаются и их концентрация достигает 10^6 экз. в 1 мл и больше. На практике новую культуру разводят через определенные интервалы времени, чтобы корм был доступен ежедневно при требуемой плотности клеток. Целесообразно иметь, по крайней мере, два выростных бассейна для каждого вида микроводорослей на случай прекращения развития водорослей в одном из них. Время от момента инокуляции до сбора урожая водорослей варьирует; но, как правило, оно составляет от 72 до 96 ч при оптимальных условиях. Если допустимы более низкие плотности клеток, продолжительность культивирования можно сократить.

При непрерывном выращивании водорослей в выростные емкости постоянно добавляется новая питательная среда, а центрифуга удаляет клетки водорослей с постоянной скоростью. Непрерывные системы для разведения водорослей требуют постоянного контроля для поддержания требуемого содержания питательных веществ и своевременного сбора урожая.

Для большинства объектов культивирования, за исключением моллюсков, которые на ранних стадиях развития питаются фитопланктоном исключительно или в сочетании с животным кормом, кормление водорослями спустя некоторое время можно прекратить. Например, морских креветок *Penaeus* sp. на послеличиночных стадиях можно кормить исключительно животным кормом (Hanson and Goodwin, 1977). Личинок морских рыб также можно содержать на фитопланктоне, хотя микроводоросли необходимы в основном для удаления продуктов обмена, а также могут служить дополнительным кормом (Arnold et al., 1977)*.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА

В природе существует большое разнообразие зоопланктонных организмов, которые по размерам подходят в качестве корма для личинок рыб и беспозвоночных. В рыбоводстве делались попытки использовать в качестве корма зоопланктон, обитающий в естественных условиях. К недостаткам этого способа относятся неравномерность распределения зоопланктона, временные флуктуации численности, наличие форм неподходящего размера, а также нежелательных видов, которые могут оказаться хищниками или конкурировать с культивируемыми организмами. В связи с этим, если в качестве корма используется зоопланктон, его выращивают в монокультуре. Чаще всего из зоопланктонных организмов в качестве корма используют коловратку *Brachionus* sp. и солоноватоводного рачка *Artemia salina*.

Как *Brachionus* sp., так и *Artemia salina* легко содержать в лабораторных условиях, хотя разработанные методы культивирования несколько различаются. *Brachionus* sp. мельче, чем *A. salina*, поэтому *Brachionus* sp. используется как кормовой объект для более ранних стадий, чем *A. salina* (иногда в сочетании). *Brachionus* sp. выращивают в бассейнах, а кормят микроводорослями (например, *Tetraselmis* sp.). Макджичин (McGeachin, 1977) описал способ культивирования *B. plicatilis* для кормления личинок горбыля *Cynoscion nebulosus*. Коловратку культивировали в бассейнах из стеклопластика диаметром 1,8 м и глубиной 30 см. Соленость составляла приблизительно 28‰, температура 26 °C. *Tetraselmis* sp. культивировали в отдельных бассейнах в таких же условиях, хотя бассейны для выращивания водорослей освещались четырьмя флуоресцентными лампами, подвешенными над каждым из них на высоте 60 см над поверхностью воды. Плот-

* Микроводоросли вносят в выростные емкости не для кормления ими личинок морских рыб, а только для поддержания определенного гидрoхимического режима.— *Прим. ред.*

ность водорослей в бассейнах с *B. plicatilis* (5000—20 000 клеток в 1 мл) поддерживали путем ежедневного внесения водорослей. Для обеспечения логарифмического роста коловороток от 25 до 75% их ежедневно удаляли, поддерживая плотность в емкостях менее 200 шт./мл.

Artemia salina наиболее широко используется в качестве кормового организма для личинок. Яйца артемии можно закупать в больших количествах и инкубировать по мере необходимости в лаборатории. Как правило, в качестве корма используются только что выклюнувшиеся науплии *A. salina*, хотя артемия может достигать половозрелости в искусственных условиях при кормлении микроводорослями. По питательной ценности для личинок *Suspension nebulosus* только что выклюнувшиеся науплии *A. salina* не отличались от науплиев, которых в течение одного или более дней содержали на микроводорослях (McGeachin и др., 1977). Традиционные места скопления яиц артемии находятся в Большом Соленом озере (штат Юта) и в заливе Сан-Франциско (штат Калифорния). Поскольку потребность в яйцах артемии во всем мире постоянно возрастает и спрос превышает предложения, ведутся исследования возможности использования других кормов. До настоящего времени способы получения большого количества яиц *A. salina* в лабораторных условиях из собственной маточной популяции не имели успеха, поэтому яйца лучше приобретать у заготовителей.

Культивирование артемии не требует сложного оборудования. Если науплии скармливаются личинкам в первые 24 ч после выклева, нет необходимости кормить их водорослями. Таким образом, затраты на покупку яиц окупаются до некоторой степени экономией времени, оборудования и энергии. Несколько тысяч яиц *A. salina* легко уместаются в чайной ложке, и миллионы науплий выклеваются в нескольких литрах воды. Для этого яйца помещают в морскую воду соленостью 35—40‰ при температуре около 25°C. Морскую воду можно брать из естественного источника (в каждом случае она должна быть профильтрована для удаления посторонних организмов) или ее можно приготовить из искусственной морской соли, которая имеется в продаже. Воду обильно аэрируют, чтобы яйца постоянно находились во взвешенном состоянии до выклева, иначе они будут плавать на поверхности. Кислород необходим науплиям и после выклева. Выклев обычно происходит в течение 24—36 ч, хотя в каждой группе науплии выклеваются не из всех яиц.

Для отделения выклюнувшихся науплий от погибших яиц и оболочек их помещают под лампы. Оболочки поднимаются к поверхности, а погибшие яйца после прекращения подачи воздуха опускаются на дно. Сконцентрировавшихся науплий можно сифоном отцедить в другой сосуд или собрать мелкочаеистой сетью, а затем вносить в выростные емкости, где содержатся личинки. На рис. 5.1 представлен простой и эффективный инкубатор для яиц артемии, в котором происходит и сбор науплий.

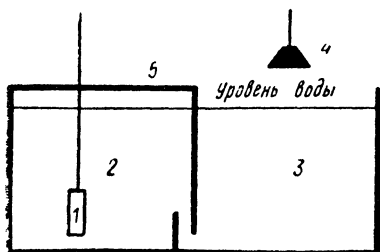


Рис. 5.1. Схема инкубатора для получения яиц *Artemia salina*. Яйца артемии аэрируются с помощью распылителя 1 в емкости 2. После выклева оболочка и невыклевшиеся яйца остаются в камере, в то время как плавающие науплии привлекаются в емкость 3 лампой 4, подвешенной над водой. Крышка 5 над инкубатором закрывает его от света. Все размеры варьируют, но максимальный редко превышает 1 м

Если науплии *A. salina* предназначены для кормления личинок морских рыб, их можно непосредственно перевести из инкубатора в бассейны для выращивания личинок. Однако для кормления пресноводных личинок науплий лучше сначала промыть пресной водой. Для этого науплий артемии собирают мелкосеиным сачком и промывают пресной водой. Поскольку науплии артемии обладают высокой выживаемостью в пресной воде, соленую воду в выростные емкости для личинок можно не подавать.

ИСКУССТВЕННЫЕ КОРМА

Приготовленные или искусственные корма могут быть либо основными (включают все требуемые питательные вещества), либо дополнительными (обеспечивают дополнительным белком, углеводами и жирами животных, получающих естественный корм, но без добавок витаминов и минеральных веществ). Искусственные корма могут быть влажными и сухими. Наиболее распространенным влажным кормом в настоящее время являются орегонские влажные гранулы (ОВГ) (Hublou, 1963), которые широко применяются в лососевых хозяйствах, особенно на Северо-Западном побережье Тихого океана, а также в некоторых рыбоводных хозяйствах для кормления тепловодных и эвритермных рыб — объектов спортивного рыболовства, которые неохотно берут сухие, гранулированные корма. В качестве корма применяются также мелкоизмельченные отходы от разделки рыбы и других животных. Такой корм должен храниться в замороженном виде. ОВГ, которые до последнего времени также необходимо было замораживать для предотвращения порчи при хранении, вскоре будет выпускаться с добавлением консервантов, что сделает возможным его хранение при комнатной температуре в течение длительного времени. С точки зрения питательной ценности влажные корма не имеют преимуществ перед сухими при условии, что выращиваемые организмы принимают тот и другой корм или оба.

Искусственные корма выпускаются в виде гранул, крупки или хлопьев. Размер частиц зависит от вида культивируемых объектов, их пищевой активности и размеров. При неправильном хранении и отсутствии в рецептуре антиокислителей витамины в сухих и влажных кормах разрушаются, а жиры окисляются. Ниже

рассмотрены витамины, которые необходимо предохранять от разрушения, а также окисляемость жиров.

В рыбоводстве применяются следующие типы кормов: обычные, полуочищенные и очищенные. В состав обычного корма входят зерновые злаки, мука из растительных семян, рыбная мука и мясные субпродукты. Дополнительно в рецептуру вводятся витамины и минеральные вещества. Полуочищенные и очищенные корма применяются в исследованиях по питанию и значительно дороже обычных.

В полуочищенных кормах могут содержаться естественные ингредиенты в относительно чистой форме. Например, казеин (молочный протеин) является источником почти очищенного протеина с хорошо сбалансированным составом аминокислот. В состав типичного очищенного корма в качестве протеина может входить казеин. В качестве источника липидов в рецептуру полуочищенных кормов можно включать кукурузное масло, поскольку этот жир почти на 100% состоит из липидов и не подвержен загрязнению. Углеводы в полуочищенном корме могут быть представлены кукурузным крахмалом. В такой корм необходимо включать витамины и минеральные вещества для предотвращения заболеваний культивируемых животных, связанных с недостатком питательных веществ. Каждый ингредиент полуочищенного корма должен быть относительно чистым по сравнению с такими обычными ингредиентами, как рыбная, кукурузная мука и мука из соевых бобов, а также рыбий жир, которые не только содержат различное количество протеина, липидов и углеводов, но часто имеют плотную клетчатку или другие трудноперевариваемые компоненты.

В состав очищенного корма входят только ингредиенты точно известного состава, и поэтому такие корма очень дороги и используются в редких случаях даже в исследовательской работе. Очищенный корм готовят из отдельных синтезируемых аминокислот, жирных кислот, простых сахаров и других углеводов с точно известным составом, а также из смеси витаминов и минеральных веществ, приготовленных из отдельных химических компонентов с высокой степенью очистки.

В исследовательских работах по питанию полуочищенные или реже очищенные корма можно специально приготовить для изучения влияния одного или нескольких компонентов корма на рост и эффективность их усвоения. Например, состав корма, в который входят кукурузный крахмал, кукурузное масло и казеин, можно изменить, заменив казеин отдельными аминокислотами. Затем одну или несколько аминокислот можно исключать из рациона для определения потребности организма в каждой из них в отдельности. Таким образом можно определить незаменимые компоненты рациона. Далее можно снова составить несколько рационов с казеином, но с разным процентным содержанием общего протеина для определения количественных потребностей животных. В эту общую схему можно вносить различные изменения в зависимости от цели исследований.

ЭНЕРГИЯ И РОСТ

Обмен — это результат всех химических и энергетических превращений, происходящих в живом организме. Все фазы обмена требуют энергии, которую животные получают из корма. Энергия необходима для поддержания жизни, роста и размножения. Обмен включает запасание энергии (анаболизм) в виде жира, белков и углеводов и превращение их в свободную энергию (катаболизм).

Энергия пищи измеряется в калориях. В исследованиях по питанию обычно применяются большие калории, или килокалории (ккал), которые эквивалентны количеству энергии, необходимому для повышения температуры 1 кг воды на 1°C, в отличие от малых калорий (кал), которые эквивалентны количеству тепла, необходимому для повышения температуры 1 г воды на 1°C.

Непосредственным источником свободной энергии в биохимических системах является аденозинтрифосфат (АТФ). В процессе анаболизма аденозиндифосфат (АДФ) накапливает энергию в фосфатных связях с образованием АТФ. И наоборот, в процессе катаболизма АТФ снова превращается в АДФ, при этом высвобождается свободная энергия. Поскольку и АДФ, и АТФ присутствуют в тканях водных организмов и функционируют таким же образом, как и у млекопитающих, можно предположить, что процессы обмена у теплокровных и холоднокровных животных сходны.

Количество энергии, необходимое для роста организма, по сравнению с тем, которое требуется для поддержания его жизни, зависит от вида и возраста животного, параметров окружающей среды, состава корма, степени половой зрелости и других факторов (все они влияют на скорость основного обмена). Энергия, необходимая для поддержания жизни организма, расходуется на основной обмен и специфическое динамическое действие (СДД). СДД представляет собой количество теплоты, выделяемое дополнительно к теплоте, образующейся в результате основного обмена, происходящего при переваривании корма (White et al., 1964). СДД для белка значительно выше, чем для углеводов и липидов.

Поскольку скорость обмена у пойкилотермных животных в значительной степени зависит от температуры среды, энергетические потребности должны колебаться в зависимости от времени года и суток в связи с флуктуациями температуры воды. У мелких животных скорость обмена обычно выше, чем у крупных, и темп роста у молодых выше, чем у взрослых особей. Судя по скорости потребления кислорода, интенсивность обмена у канального сомика возрастает вскоре после потребления пищи, что указывает на увеличенное потребление энергии в связи с перевариванием, абсорбцией и усвоением корма (Andrews and Matsuda, 1975).

В промысловой ихтиологии возраст и рост водных организмов определяют с помощью соотношения длина — масса. Берут пробы рыб из естественных популяций, измеряют и взвешивают отдель-

ных особей. Если предполагается изометрический рост (все части тела животного увеличиваются с одинаковой скоростью), общую картину роста можно представить следующей зависимостью:

$$W = aL^b,$$

где W — масса; L — длина; a и b — константы, определяемые эмпирически (Everhart et al., 1975).

На рис. 5.2 представлена типичная кривая роста белой креветки *Penaeus setiferus* из природной популяции, обитающей в эстуарии штата Джорджия. Такие кривые роста можно получить на основании данных по одному годовому классу, но чаще их строят по данным для нескольких возрастных групп.

Одной из целей аквакультуры является получение товарной продукции в кратчайшие сроки. Для этого необходимо ускорять рост культивируемых объектов путем регулирования качества воды, изменения рациона и другими способами. Соотношение длина — масса в рыбоводстве применяется редко, поскольку оно дает информацию о том, что происходило в прошлом вместо прогнозирования роста. Чаще применяется следующее уравнение для краткосрочного прогнозирования роста:

$$W_t = W_0 e^{gt},$$

где W_t — масса за время t ; W_0 — первоначальная масса; e — основание натурального логарифма; g — коэффициент роста.

Коэффициент роста выражается следующим образом:

$$g = \ln W_t / W_0.$$

Эта формула достаточно хорошо описывает рост за сезон, но не годится для более длительных периодов.

Оптимального товарного размера многие объекты культивирования достигают в момент, когда темп роста начинает значительно снижаться. Например, максимальная масса канального сомика может превышать 20 кг, но наиболее быстрый рост происходит от выклева до достижения массы 500 г. Время, необходимое, чтобы масса 500-граммового канального сомика удвоилась, может быть равно продолжительности его роста от икры до достижения массы 500 г. Такая модель роста обычно справедлива для водных животных,

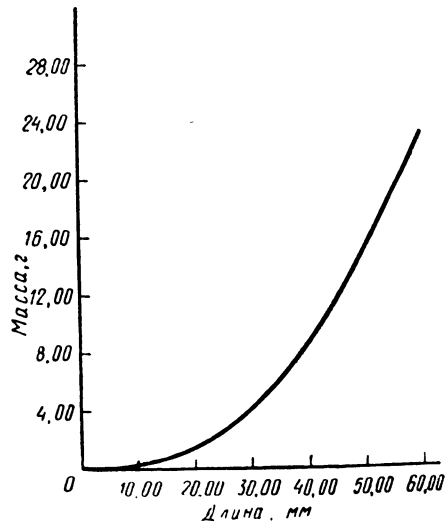


Рис. 5.2. График роста *Penaeus setiferus*, выполненный с помощью компьютера по данным полевых измерений и уравнению $W = aL^b$

которые живут несколько лет, хотя истинный размер, при котором темп роста снижается, зависит от вида. Уменьшение темпа роста часто сопровождается снижением эффективности утилизации пищи на рост, поэтому затраты на удвоение массы товарного сомика, форели, тилапии, креветки и других видов могут быть высокими. Следует учитывать не только стоимость кормов, но и стоимость воды, электроэнергии, рабочей силы.

Оптимальный товарный размер определяется не только снижением темпа роста. На большей части территории США разрешается продавать канального сомика массой примерно 0,5 кг. Такой массы рыбы обычно достигают в конце второго сезона выращивания. Товарный размер креветки, тилапии и других видов также определяется, по крайней мере, частично размером, которого животные достигают в конце сезона выращивания. Это особенно важно для видов, которые не могут зимовать в районах с умеренным климатом, и их следует реализовывать до наступления холодов.

Филлипс (Phillips, 1972) рассмотрел некоторые факторы, касающиеся энергетических потребностей рыб. В общем у хищных рыб энергетические потребности несколько выше, чем у растительноядных, поскольку им необходимо больше энергии для выведения значительных количеств азотсодержащих продуктов обмена, которые образуются при переваривании животного белка, по сравнению с растительным. Аналогичным образом животные, которые потребляют корма с высоким содержанием белка, получают больше энергии, чем животные, выращиваемые на кормах с низким содержанием протеина. Корма с высоким содержанием минеральных веществ также ускоряют скорость обмена из-за повышенных затрат энергии на осморегуляцию для выведения из организма избыточных солей.

Энергетические потребности возрастают в период полового созревания и нереста. Расход энергии в процессе воспроизводства может быть настолько велик, что приводит к гибели половозрелых особей после нереста (например, дальневосточные лососи сем. Salmonidae) или значительному снижению их питательной ценности (устрицы и различные рыбы). Большинство культивируемых животных реализуется до достижения половой зрелости, поскольку в противном случае большое количество энергии используется не на рост, а на формирование половых продуктов, в результате чего кормовой коэффициент может возрасть. Поскольку для размножения в искусственных условиях небольшого числа производителей может быть достаточно, нет необходимости содержать большое маточное стадо, за исключением тех случаев, когда половое созревание наступает до достижения товарного размера. Тилапия и некоторые другие виды подтверждают эту концепцию. В главе 6 рассмотрены проблемы, возникающие при размножении тилапии до вылова и пути их решения.

Физические и химические показатели качества воды (кроме температуры) могут оказывать влияние на утилизацию энергии. Низкие концентрации растворенного кислорода (РК) приводят к

увеличению скорости дыхания, по крайней мере, до какого-то уровня, хотя, если концентрация кислорода становится слишком низкой, некоторые животные компенсируют ее снижением скорости обмена, в том числе скорости дыхания и потребления пищи. Мягкая вода может стимулировать увеличение скорости обмена из-за недостатка двухвалентных катионов. Для переноса этих ионов в тело необходим повышенный расход энергии, учитывая градиент их концентрации. Высокое содержание аммиака и органических загрязнителей увеличивает скорость обмена. У рыб, испытывающих сильный стресс, интенсивность обмена может снижаться в качестве средства сохранения энергии, что часто наблюдается при низком содержании РК. Энергетические потребности увеличиваются в проточной воде, поскольку животные должны затрачивать энергию на то, чтобы противостоять течению. Однако подвижность, связанная с ориентацией в условиях течения, может иметь значение для качества конечного продукта. При выращивании рыбы в садках в стоячих озерах и водоемах наблюдается потеря тонуса мышц, что ухудшает качество товарной рыбы по сравнению с рыбой, выращиваемой в проточной воде прудов и бассейнов. Качество рыбы, выращиваемой в садках в проточной воде, может быть также выше благодаря затратам энергии на сопротивление течению.

Физиологическая ценность корма (ФЦК) или энергетическая ценность корма (ЭЦК) — это количество энергии, которое может быть получено в результате переваривания и абсорбции. Из-за физиологических различий животных ФЦК одного и того же кормового рациона для разных видов неодинакова. Кроме того, для пойкилотермных животных условия среды могут в значительной степени влиять на ФЦК. В прошлом рационы для многих теплолюбивых объектов аквакультуры составляли с учетом ЭЦК, взятой из таблиц кормов для домашнего скота и птицы, полагая, что энергия, извлекаемая крупным рогатым скотом, свиньями и птицей из ингредиентов корма, сходна с той, которую извлекают рыбы и водные беспозвоночные. В настоящее время есть некоторые данные по энергетической ценности отдельных кормов для канального сомика, но для других теплолюбивых объектов культивирования таких данных мало. В некоторых случаях энергетическая ценность корма для сомов и наземных животных одинакова, но в других — абсолютно различна (Taggart 1974; Cruz, 1975; Lovell, 1977a).

Энергосодержащими компонентами рациона являются белки, жиры и углеводы. Энергия, содержащаяся в них, составляет 5,65; 9,40 и 4,15 ккал/г соответственно (White et al., 1964). Путем использования чистых (лишенных примесей) источников энергосодержащих компонентов рационов для кормления наземных животных удалось установить, что средняя физиологическая ценность белков и углеводов составляет 4 ккал/г, липидов — 9 ккал/г. На практике такой ФЦК получить не удастся, поскольку большинство из них состоит не из чистого белка, жира или углеводов, а

если бы они были чистыми, то вряд ли могли бы усваиваться организмом на 100%. Если физиологическую ценность корма определять по приведенным выше значениям для белков, жиров и углеводов, то доступную энергию такого корма можно значительно переоценить. Экспериментальные рационы приведены в конце этой главы, но здесь в качестве примера можно отметить, что хотя физиологическая ценность крахмала в кормах для домашнего скота составляет приблизительно 4 ккал/г, канальный сомик в условиях искусственного содержания может извлечь этого корма всего 2,5 ккал/г (Wilson, 1977b).

Большая часть энергии, получаемая рыбой в естественных условиях, извлекается из белка. Белок необходим для роста, но энергия для поддержания обмена может быть получена также из жиров и углеводов. В небольшой степени жиры и углеводы используются вместо белка, что позволяет животному создать некоторый его запас на рост. Механизм запасаения белка за счет углеводов, содержащихся в кормах для лососевых, рассмотрен в работе Халвера (Halver, 1972). Стикни (Stickney, 1977) и Уилсон (Wilson, 1977a) рассмотрели проблему запасаения белка за счет жиров и углеводов применительно к канальному сомику. Если рыба получает избыточное количество жиров и углеводов, у нее могут возникнуть различные заболевания, связанные с неправильным питанием. Например, при избытке углеводов в рационе лососевых в их печени начинают откладываться гликоген и появляются симптомы диабета (Halver, 1972), в то время как избыточное содержание жиров может привести к ожирению печени. У канального сомика избыток жиров в рационе может привести к образованию чрезмерных количеств полостного жира, который при разделке выбрасывается. Скармливание канальным сомикам рационов, содержащих одинаковое количество жира при различной температуре воды, показало, что с повышением температуры концентрация липидов в теле рыбы увеличивается (Andrews and Stickney, 1972).

На практике корма для животных помимо энергосодержащих компонентов включают минеральные вещества, витамины, воду и клетчатку. Витамины и минеральные вещества важны для рационального питания, но потребности в них для различных объектов культивирования еще изучены плохо. То же самое относится к аминокислотам, жирным кислотам и крахмалам. Пищевые потребности лососевых изучены лучше, чем других объектов аквакультуры, хотя довольно обширная информация собрана по питанию канального сомика и некоторых других видов. Поскольку о пищевых потребностях многих объектов культивирования известно мало, большинство примеров и данных, приведенных ниже, взято из литературы по канальному сомику. Для других теплолюбивых рыб и беспозвоночных — объектов культивирования — данные по питанию основаны на пищевых потребностях лососевых и наземных животных.

ВИТАМИНЫ

Витамины представляют собой органические соединения, необходимые в небольших количествах по крайней мере некоторым видам рыб для нормального роста и развития. Витамины считаются катализаторами, поскольку они принимают участие в биохимических реакциях, но не содержатся в конечных продуктах этих реакций. Большинство витаминов служат коферментами в биологических системах. Животные могут продуцировать собственные ферменты биологическим путем, но не способны синтезировать витаминные коферменты или кофакторы, которые являются минеральными компонентами ферментных систем. Все известные витамины химически идентифицированы и могут быть синтезированы в лабораторных условиях (рис. 5.3).

Витамины первоначально обозначались буквами алфавита, и в настоящее время это обозначение общепотребительно; особенно это относится к жирорастворимым витаминам. Поскольку структуры витаминов, особенно водорастворимых, уже установлены, их номенклатура значительно изменилась в зависимости от химических характеристик. Однако жирорастворимые витамины по-прежнему обозначаются буквами А, D, Е и К. Водорастворимые витамины сначала назывались В-комплекс и витамин С. Большинство В-комплексных витаминов в настоящее время известно под другими названиями, за исключением витамина В₁₂ (цианокобаламин), который сохранил свое первоначальное название. В табл. 5.1 приведены общепринятые названия, источники и симптомы, связанные как с дефицитом, так и с избытком жиро- и водорастворимых витаминов. Гиповитаминозы наблюдаются при недостатке витаминов обоих видов; гипervитаминозы наблюдаются только при избытке жирорастворимых витаминов. Если в организм поступило избыточное количество водорастворимых витаминов, они могут быть выведены. Жирорастворимые витамины откладываются вместе с жирами и не выводятся, даже если они имеются в избытке.

Активность витаминов может быть выражена различными способами: 1) в международных единицах (IU), когда активность витаминов сравнивается с международным стандартом, контролируемым Экспертным комитетом по биологической стандартизации Всемирной Организации Здравоохранения; 2) в единицах Фармакопей США (USP) (в большинстве случаев единицы IU и USP одинаковы); 3) в международных единицах (ICU), в которых активность витаминов измеряется по ответной реакции цыплят; 4) в единицах массы (т. е. активность может выражаться в миллиграммах на 1 кг корма). Последний способ выражения активности витаминов нашел широкое распространение при составлении кормов для животных.

Многие витамины неустойчивы к действию тепла, влаги и воздуха, и, хотя в кормовые смеси часто добавляются вещества, предохраняющие их от порчи, корма следует хранить в прохладном

сухом месте. Аскорбиновая кислота особенно быстро разрушается при неправильном хранении. Длительного хранения кормов следует избегать. Запас корма не должен превышать количества, необходимого на несколько месяцев. Нельзя хранить корм дольше одного сезона выращивания, за исключением случаев, когда он хранится в замороженном виде.

Как правило, в кормовые смеси вводят антиоксиданты для предотвращения разрушения витаминов и окисления жиров, что может привести к прогорклости и образованию в кормах токсичных перекисей. В качестве антиоксидантов, добавляемых в корма, используют лецитин (фосфатидилхолин), этоксикин, ВНТ, ВНА и витамин Е (α -токоферол) (витамин Е также действует в качестве антиоксиданта). Пересыщение кормов витамином Е, который необходим также для правильного питания, удлиняет сохранность корма, но он стоит дорого, и при слишком высокой концентрации может вызвать гипервитаминоз. Эксперименты по пересыщению рациона канального сомика витамином Е (O'Keefe, 1976) показыва-

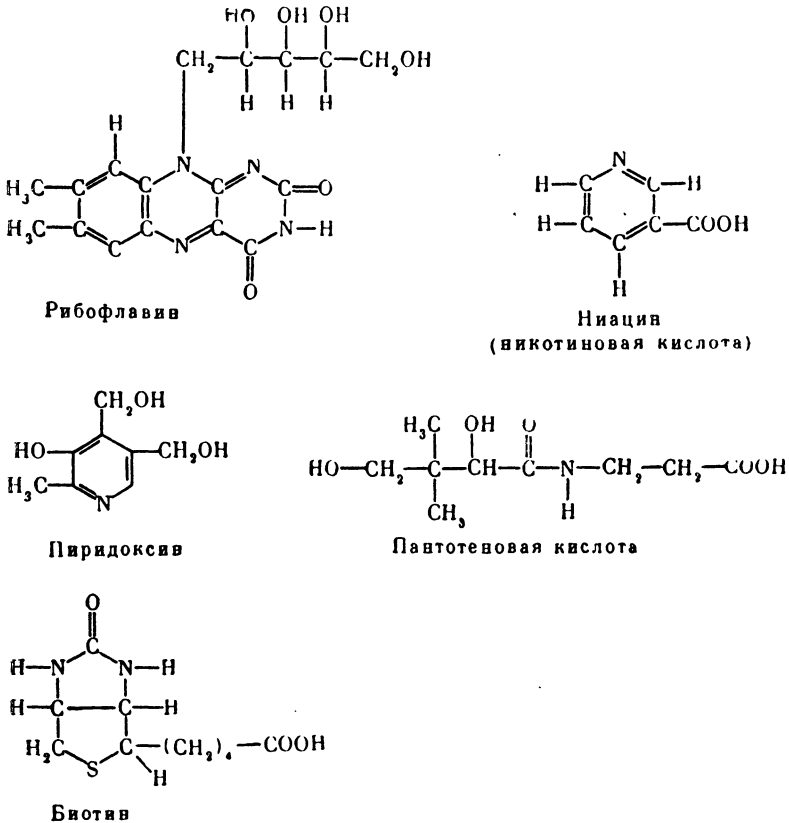
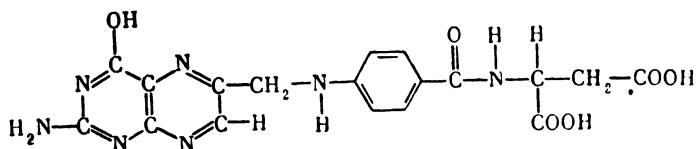
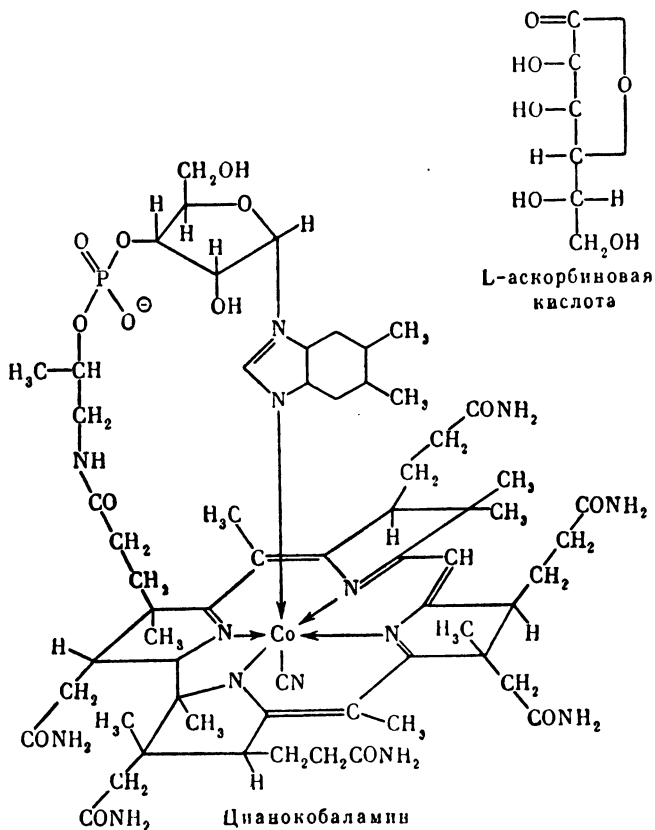


Рис. 5.3. Структурные формулы некоторых витаминов, которые необходимо

ли, что срок хранения филе из канального сомика увеличился после добавления в рацион *dL*- α -токоферола в количестве от 80 до 120 г/т. В этом случае витамин Е предотвращал окислительное прогоркание продукта. Потребности в витамине Е зависят от вида животного. Они достаточно точно установлены для лососевых и канального сомика (Dupree, 1966, 1977; Halver, 1972; NAS, 1973, 1977), но не определены для многих других выращиваемых видов. При наличии живых кормов (как это часто бывает при экстенсивном культивировании) искусственные корма не требуют ви-



Фолиевая кислота

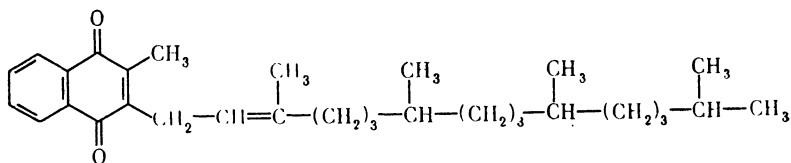
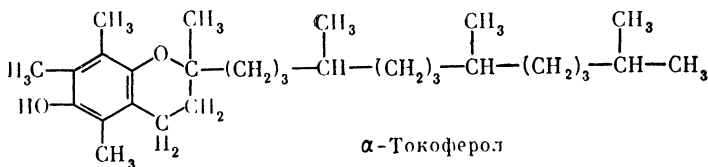
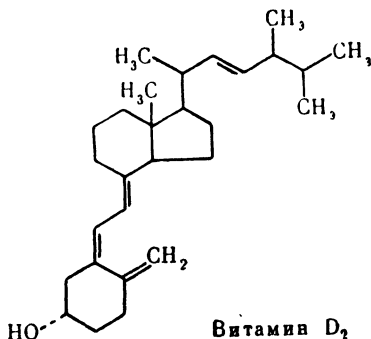
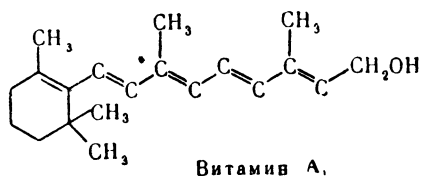
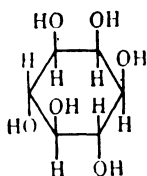
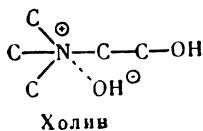


включать в рационы животных (White et al., 1964)

таминных добавок, в то время как при отсутствии живых кормов, или если плотность посадки выращиваемых животных настолько высока, что естественных кормов недостаточно, в искусственных корма необходимо

обязательно вводить витаминный премикс.

Хотя пищевые потребности многих видов рыб изучены мало, их с успехом выращивают, правда, в основном в экспериментальных условиях. В большинстве случаев промышленные корма, выпускаемые для рыб и беспозвоночных, могут применяться для объектов, ранее не выращиваемых в искусственных условиях. Поскольку их рост и выживаемость обеспечиваются кормами, разработанными для других объектов, можно поставить специальные опыты по созданию нового корма, используя очищенные и полуочищенные рационы с учетом пищевых потребностей данного объекта. Такие эксперименты могут способствовать созданию более дешевого (или может быть более дорогостоящего) корма, который обеспечит оптимальный рост для данного объекта.



Продолжение рис. 5.3

Таблица 5.1. Источники витаминов и симптомы заболеваний рыб, связанных с жир- и водорастворимыми витаминами *

Витамины	Источники	Симптомы гипер-и гиповитаминоза
Жирорастворимые А Г	Жир из печени рыб, рыбная мука, содержащая остатки рыбьего жира	Гиповитаминоз: замедленный рост, плохое зрение, куриная слепота, геморрагические образования у основания плавников, аномальное образование костей Гипервитаминоз: увеличение печени и селезенки, аномальный рост и образование костей, ороговение эпителия
Д	Жиры рыб (синтезируются в коже рыб под действием солнечного света)	Гиповитаминоз: у рыб не описан Гипервитаминоз: замедленный рост, летаргия и темная окраска
Е (α-токоферол)	Зародыши пшеницы, соевые бобы, кукуруза	Гиповитаминоз: экзофтальмия, снижение темпа роста, анемия Гипервитаминоз: плохой рост, токсическая реакция печени, летальный исход
К (менадион)	Зеленые листовые овощи, соевые бобы, печень животных	Гиповитаминоз: плохая свертываемость крови, анемия, геморрагические жабры и глаза Гипервитаминоз: данных нет
Водорастворимые тиамин	Зерновые отруби, бобы, горох, дрожжи, сырое свежее мясо внутренних органов животных	Гиповитаминоз: плохой аппетит, потеря равновесия, летаргия, плохой рост
рибофлавин	Молоко, печень, дрожжи, зерновые культуры, свежее мясо	Гиповитаминоз: помутнение хрусталика глаза, геморрагические глаза, плохой аппетит, замедленный рост
пиридоксин	Зерновые отруби, яичный желток, печень	Гиповитаминоз: снижение темпа роста, нервные расстройства
пантотеновая кислота	Зерновые отруби, дрожжи, свежее мясо внутренних органов, мясо рыбы	Гиповитаминоз: слипание лепестков жабр, эрозия тканей, летаргия, потеря аппетита, снижение темпа роста
ниацин	Дрожжи, овощи, мясо внутренних органов	Гиповитаминоз: потеря аппетита, тетания, нарушение координации, летаргия, замедленный рост
фолиевая кислота	Дрожжи, зеленые овощи, мясо внутренних органов	Гиповитаминоз: летаргия, замедленный рост
биотин	Печень, почки, яичный желток, дрожжи, молочные продукты	Гиповитаминоз: потеря аппетита, трещины на коже и толстой кишке у форели; на канального сомика не влияет

Витамины	Источники	Симптомы гипер-и гиповитаминоза
цианокобаламин (витамин В ₁₂)	Мясо и мясные субпродукты, рыбная мука	Гиповитаминоз: снижение темпа роста, плохой аппетит
аскорбиновая кислота (витамин С)	Цитрусовые, говяжья печень и почки, ткани свежей рыбы	Гиповитаминоз: лордоз и сколиоз, искривление позвоночника, замедленный рост
инозитол	Содержится во всех растительных и животных тканях	Гиповитаминоз: замедленный рост и трещины на коже у форели, на канального сомика не влияет
холин	Зародыши пшеницы, мука из соевых бобов и других овощей, мясо внутренних органов животных	Гиповитаминоз: замедленный рост, плохая усвояемость корма, геморрагические почки и увеличенная печень

* Гиповитаминоз и гипервитаминоз наблюдаются у рыб и особенно у лососевых (Halver, 1972) и канального сомика (Durgee, 1977). Различные реакции могут наблюдаться у других видов рыб и беспозвоночных.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Минеральные вещества необходимы всем животным для осуществления различных жизненных функций, включая образование скелета, дыхание, пищеварение, осморегуляцию. Морские животные обитают в среде, содержащей различные минеральные компоненты в концентрациях, равных или превышающих необходимые, в то время как пресноводные животные обитают в среде с пониженной концентрацией минеральных веществ, поэтому в их рацион необходимо включать минеральные добавки.

В отличие от рыб морские беспозвоночные обычно изотоничны по отношению к внешней среде (Lockwood, 1967). Поскольку ионная сила внутренних жидкостей в теле пресноводных организмов выше ионной силы воды, она проникает в ткани из окружающей среды, поэтому для сохранения постоянства внутренней среды пресноводные организмы должны непрерывно выделять избыточную воду. Иначе обстоит дело с морскими рыбами, у которых концентрация солей в тканях тела ниже, чем в морской воде, поэтому вода выделяется из клеток против градиента концентрации, в то время как организм стремится уравнивать ионную силу разных растворов. У многих рыб осморегуляция, по всей вероятности, зависит от концентрации кальция, которая определяет проницаемость мембран (Podoliak and Holden, 1965, 1966).

Пресноводные рыбы обычно не потребляют воду, так как они постоянно абсорбируют избыточное количество воды, но выделяют большое количество разбавленной мочи для поддержания необходимой внутренней концентрации солей. Морские рыбы, на-

против, поглощают много воды и выделяют очень мало концентрированной мочи, что способствует выведению из организма избыточной соли. Очень важная роль в поддержании солевого баланса принадлежит жабрам. Работа почек зависит не только от солёности, но и от физиологического состояния животного. Многие виды рыб не способны переносить значительные изменения солёности, поскольку они физиологически не адаптированы к таким стрессам. Другие рыбы легко переносят переход из пресной воды в воду океанической солёности.

Для южной камбалы (*Paralichthys lethostigma*) характерны сезонные флуктуации функционирования почек, которые отражают особенности ее миграционного поведения, хотя этот вид почти постоянно эвригалинен. *P. lethostigma* нерестится осенью в открытых водах вдоль Восточного побережья США. В послеличиночной стадии зимой она заходит в эстуарии, и молодь иногда весной и зимой поднимается вверх по течению и заходит в пресные воды. Половозрелые особи возвращаются на нерест в открытый океан. Функции почек у камбалы адаптированы к сезонным изменениям солёности и сохраняются даже если рыба в течение года содержится в условиях постоянной солёности (Hickman, 1968). Таким образом, если в условиях искусственного выращивания есть возможность изменять солёность воды в соответствии с ее флуктуациями в природной среде, рыбы будут испытывать меньший стресс, что приводит к уменьшению интенсивности обмена и увеличению темпа роста. Однако прежде необходимо определить экономическую целесообразность таких изменений солёности, поскольку известно, что и при постоянной солёности камбала растет неплохо (Stickney and White, 1973).

В процессе жизнедеятельности животных минеральные вещества не образуются и не разрушаются. Поскольку в большинстве вод минеральных веществ содержится достаточно, нет необходимости добавлять их в искусственные корма. Исключение могут составлять некоторые минеральные вещества, которые необходимы в относительно больших количествах, например такие, как кальций и натрий, особенно в мягкой пресной воде. Фосфор также следует вводить в корма для культивируемых организмов из-за его быстрого выведения из раствора.

Семь минеральных веществ, называемых макроэлементами, необходимы животным для правильного питания и составляют до 80% неорганических компонентов сухой массы животных. Это — кальций, фосфор, сера, натрий, хлор, калий и магний. Помимо этих основных элементов необходимы еще дополнительные, но в очень небольших количествах (микроэлементы). К ним относятся железо, медь, йод, марганец, кобальт, цинк, молибден, селен и фтор. Общие потребности рыб в минеральных веществах рассмотрены Филлипсом (Phillips, 1969), но потребности в минеральных веществах у разных видов неодинаковы.

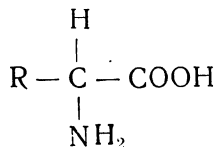
Кальций и фосфор необходимы в больших количествах для образования скелета и осуществления различных обменных про-

цессов. Пресноводные рыбы, например канальный сомик, по-видимому, способны экстрагировать кальций из воды, если щелочность не слишком низкая (Lovell, 1977b). Из-за неустойчивости фосфора содержание этого элемента в природных водах часто низкое, поэтому выращиваемые животные должны получать его с кормом. Если в пруду или выростной емкости природного корма мало или нет совсем, в искусственные корма необходимо добавлять соли, например фосфат кальция. Значительные количества кальция и фосфора содержатся в таких кормовых ингредиентах, как рыбная мука и мука из субпродуктов. В большинстве искусственных кормов содержится достаточное количество микроэлементов, удовлетворяющих потребности выращиваемых животных. В корма для пресноводных рыб обычно добавляют только вторичный кислый фосфат кальция и в некоторых случаях — хлористый натрий. В рацион канального сомика рекомендуется вводить минеральный премикс, если менее 15% массы рациона составляют продукты животного происхождения (Lovell, 1977b).

БЕЛКИ

Белки — это структурные компоненты тела. Хотя белки могут служить источником энергии для процессов обмена, целью аквакультуры является использование максимального количества белка, содержащегося в корме, на рост рыбы, в то время как углеводы и жиры должны обеспечивать энергетические затраты. Различают несколько видов белка. Белки, из которых состоят соединительные ткани и сухожилия, называются волокнистыми. Связанные белки относятся к другой пищевой группе. Например, мукопротеиды и глюкопротеиды относятся к углеводам, а липопротеиды — к жирам. Ферментативные системы живых организмов также содержат белки. В биохимических реакциях ферменты выступают в качестве катализаторов.

Белки состоят из аминокислотных цепей. Каждая аминокислота имеет общую формулу:



где R — органический радикал или водород (в случае глицина).

Помимо углерода, водорода, кислорода и азота в состав аминокислоты может входить сера (метионин, цистин и цистеин). Определенная молекула белка может содержать тысячи аминокислотных групп, но в большинстве случаев насчитывается всего около 20 различных аминокислот (рис. 5.4).

Животные способны синтезировать некоторые из своих аминокислот из углеводов и липидов и других азотсодержащих соединений или из других заменимых аминокислот.

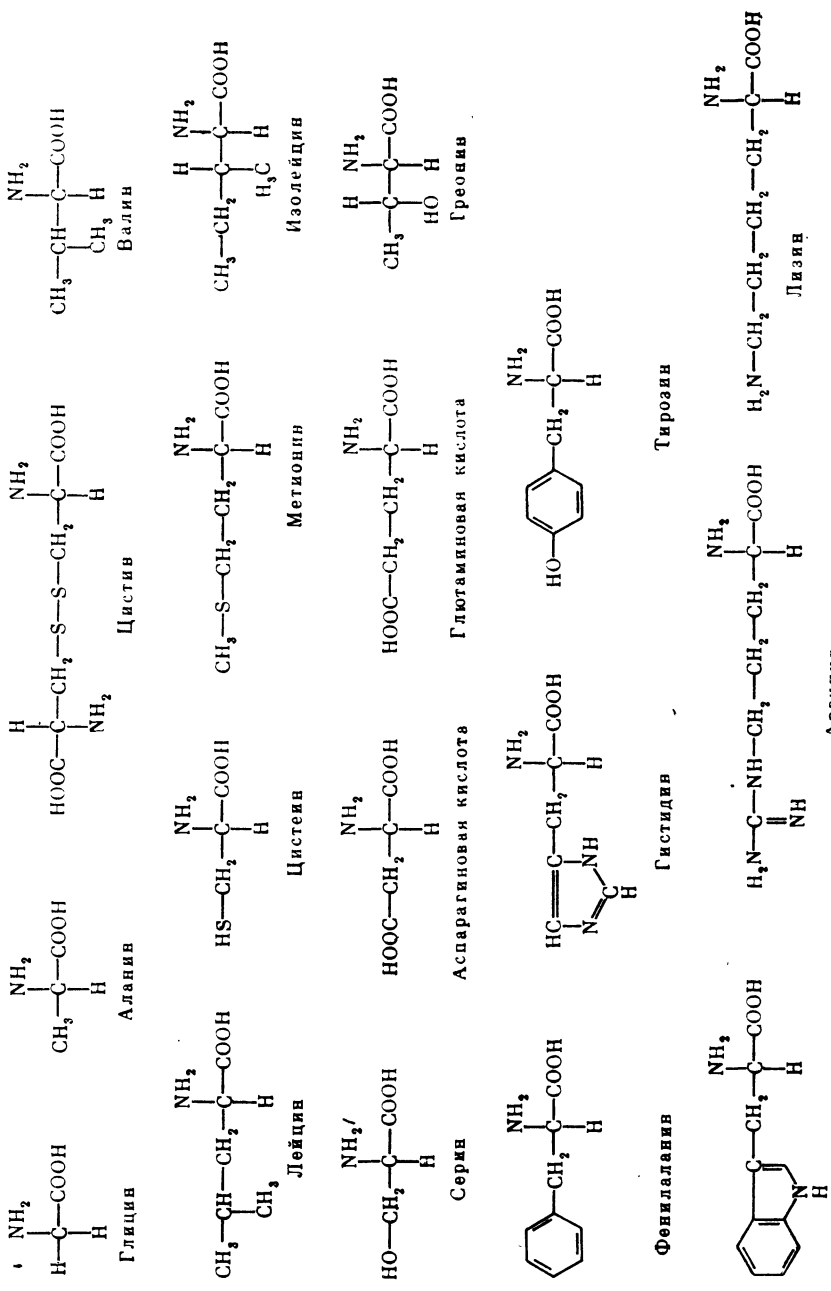


Рис. 5.4. Структурные формулы аминокислот (White et al., 1964)

Рационы большинства видов животных должны включать компонент, служащий источником, по крайней мере, одной серосодержащей аминокислоты. Если эта аминокислота содержится в достаточном количестве, остальные серосодержащие аминокислоты могут быть синтезированы из нее.

Потребности большинства культивируемых беспозвоночных в незаменимых аминокислотах еще предстоит определить. Однако имеющиеся данные позволяют предположить, что потребности животных и беспозвоночных в незаменимых аминокислотах сходны и они почти одинаковы у всех представителей животного мира (Harrison, 1975). Лососевым, канальному сомику и крысам необходимо 10 незаменимых аминокислот (табл. 5.2.). То же самое относится, вероятно, к большинству других рыб.

Таблица 5.2. Качественные потребности форели и канального сомика в аминокислотах (NAS, 1973)

Незаменимые аминокислоты	Заменяемые аминокислоты	Незаменимые аминокислоты	Заменяемые аминокислоты
Аргинин	Аланин	Метионин	Пролин
Гистидин	Аспарагиновая кислота	Фенилаланин	Серин
Изолейцин	Цистин	Треонин	Тирозин
Лейцин	Глютаминовая кислота	Триптофан	
Лизин	Глицин	Валин	

При составлении рационов следует выдерживать соотношения аминокислот, если таковые известны. Корм для определенного вида обычно составляется таким образом, чтобы удовлетворить минимальные ежедневные пищевые потребности животного и достичь определенного темпа роста. Поскольку белок — наиболее дорогой компонент корма, важно не превышать количеств, необходимых для оптимального роста. В большинстве случаев определение качественных и количественных потребностей в белке является первым шагом к установлению пищевых потребностей животного, поскольку от содержания белка зависят темп роста и стоимость корма.

Рыбная мука, как правило, стимулирует рост выращиваемых животных, если она служит первичным источником белка. Можно предположить, что аминокислотный состав рыбной муки удовлетворяет потребности культивируемых рыб и беспозвоночных. Если рыбная мука заменяется растительной или растительная мука используется в качестве добавки к рыбной муке как источнику белка в кормах, то рост может замедлиться, даже если процентное содержание общего белка не изменилось. Такая реакция объясняется низким содержанием метионина и лизина в некоторых видах растительной муки, а также недостатком минеральных ве-

ществ (Ketola, 1975). Введение в рацион с недостатком аминокислот искусственно синтезированных аминокислот может обеспечить оптимальный темп роста, но это будет зависеть от способности животного усваивать и утилизировать эти искусственные аминокислоты в процессе обмена. Способ обработки растительных белков до включения их в рацион также может влиять на рост культивируемых животных.

Введение синтезированных свободных аминокислот в рацион канального сомика, полностью состоящий из растительных компонентов, не дало положительных результатов (Andrews, 1977). Однако, если рацион содержал только свободные аминокислоты, усвояемость была удовлетворительной (Durgree and Halver, 1970), хотя рыба росла медленнее, чем на стандартных кормах. Недостатки кормов, в которые вводят дополнительные очищенные аминокислоты, возможно, связаны с излишней доступностью этих аминокислот по сравнению с обычными кормами. Участки абсорбции могут оказаться насыщенными, в то время как большая часть аминокислот очищенных кормов должна проходить через кишечник и затем выводиться. Аминокислоты, присутствующие в ингредиентах стандартных кормов, усваиваются значительно медленнее с помощью ферментов, поэтому только небольшая часть аминокислот доступна для поглощения в каждый определенный момент.

В течение многих лет, пока мука из южноамериканского анчуса была дешевой, использование растительных белков в кормах для водных организмов не вызывало интереса. Однако после резкого повышения цен на муку, которое было вызвано значительным сокращением уловов анчуса в течение двух последовательных лет, в начале 70-х годов стали искать другие источники белка. Поскольку все другие источники белка дороги или, во всяком случае, дороже южноамериканской рыбной муки, растительные белки, особенно соевая мука, привлекли большое внимание. Эндрю и Пейдж (Andrews and Page, 1974) пришли к заключению, что в рыбной муке содержится определенный фактор роста, который отсутствует в соевой муке, и замена рыбной муки соевой в стандартных кормах приводит к замедлению роста сомика. Кроме того, в соевой муке содержится вещество, подавляющее трипсин, хотя его можно нейтрализовать нагреванием соевой муки в процессе приготовления или гранулирования. Рационы, в которые в качестве источника белка включена соевая мука, не обеспечивала необходимого темпа роста не только канального сомика (Andrews and Page, 1974), но и камбалы *Pleuronectes platessa* (Cowe et al., 1971). Обработанная обычным способом соевая мука хуже переваривается радужной форелью *Salmo gairdneri*, чем животные белки (Kitamikado et al., 1964). Однако в последние годы цены на соевую и рыбную муку часто, а иногда и резко колебались. Есть основания полагать, что корма, содержащие, по крайней мере, некоторое количество рыбной муки, будут по-прежнему доминировать на рынках сбыта.

Применение соевой муки и других растительных белков в кормах для растительноядных водных животных проще, чем для хищных. Девис и Стикни (Davis and Stickney, 1978) выращивали *Tilapia aurea* на корме с различным содержанием рыбной, соевой муки и их сочетаний и пришли к выводу, что качество белка не оказывало влияния на рост, если количество его было достаточным.

Количество белка, необходимого культивируемым животным, различно, но имеет первостепенное значение. Оптимальное содержание белка для определенного вида зависит от возраста, условий, стадии половой зрелости, а также от изменений условий окружающей среды. Быстроразвивающаяся молодь нуждается в большем количестве белка, чем животные старшего возраста, а взрослым животным требуется больше белка в период полового созревания. Корм для молоди канального сомика обычно содержит от 25 до 36% белка, в то время как содержание белка в корме для личинок может составлять до 50% (хотя потребность в белке для молоди канального сомика еще точно не установлена). Большинство кормов для форели содержит приблизительно 40% белка, а в корме для молоди форели содержится 50% белка и больше. Быстрый рост наблюдается у камбалы, в рацион которой входило 70% белка в виде казеина (Coweу et al., 1970). Эксперименты с кормами, содержащими животный белок помимо казеина, показали, что оптимальный рост камбалы достигался при содержании белка 52% (Coweу et al., 1972).

Из-за высокой стоимости всех источников обычного белка и в связи с тем, что белок является наиболее дорогостоящим ингредиентом корма, ведутся поиски других источников белка для использования их в аквакультуре. Многие из них представляют собой отходы, получающиеся при обработке продуктов сельского хозяйства. При экспериментальном выращивании водных животных из этих продуктов использовались смеси кровяной муки и боенских отходов (Reese et al., 1975), высушенные отходы от разделки птицы (Stickney et al., 1977a), яичный бой (Davis et al., 1976), отходы целлюлозно-бумажной (Orme and Lemm, 1973) и пивоваренной промышленности (Windell et al., 1974), кофейная пульпа (Baupе et al., 1976). Эти продукты можно получать только на месте, их трудно хранить, тем не менее в некоторых случаях они могут оказаться полезными.

ЛИПИДЫ

Липиды входят в состав животных или растительных тканей и могут экстрагироваться неполярными растворителями, например эфиром, хлороформом и бензином (White et al., 1964). Липиды встречаются в виде жирных кислот, триглицеридов (нейтральных жиров), фосфолипидов, гликолипидов, алифатических спиртов и восков, терпенов и стероидов. Для многих культивируе-

линоленовая. Для упрощения классификации жирных кислот и для идентификации кислот трех групп (ПНЖК) обычно применяется система терминологии омега (ω). Представители олеиновой группы называются $\omega 9$ жирными кислотами, а относящиеся к линолевой и линоленовой группам — $\omega 6$ и $\omega 3$ жирными кислотами соответственно. В системе «омега» линолевая кислота сокращенно обозначается 18:2 $\omega 6$ (см. табл. 5.3), где цифра 18 обозначает число атомов углерода в молекуле жирной кислоты, 2 — число двойных связей и $\omega 6$ — местоположение первой двойной связи относительно конечной метильной группы CH_3 в молекуле.

Культивируемые животные способны изменять жирные кислоты внутри группы, но они не могут переводить их из одной группы в другую (Owen et al., 1975). Например, 18:3 $\omega 3$ может перейти в 20:5 $\omega 3$ и 22:6 $\omega 3$, даже если последние две кислоты не содержатся в корме, но 18:3 $\omega 3$ не способна перейти в группы $\omega 6$ и $\omega 9$.

Точка плавления липидов пропорциональна степени ненасыщенности, кроме жирных кислот с очень низкой молекулярной массой, которые при комнатной температуре становятся жидкими. Говяжий жир с высоким содержанием олеиновой кислоты и насыщенных жирных кислот остается твердым при комнатной температуре, в то время как кукурузное масло, богатое линолевой кислотой, в тех же условиях жидкое. В табл. 5.4 представлен

Таблица 5.4. Состав жирных кислот некоторых липидов, входящих в состав искусственных кормов для культивируемых организмов (Stickney, 1971)

Липид	Жирная кислота	Содержание в рационе, %	Липид	Жирная кислота	Содержание в рационе, %
Кокосовое масло	8:0	3,1	Рыбий жир	18:0	1,9
	10:0	4,6		18:1 $\omega 9$	12,4
	12:0	27,1		18:2 $\omega 6$	72,5
	14:0	22,3		18:3 $\omega 3$	2,9
	16:0	17,9		Остальные	2,7
	18:0	6,1		14:0	5,1
	18:1 $\omega 9$	14,6		16:0	17,0
	18:2 $\omega 6$	3,8		16:1 $\omega 7$	9,4
	Остальные	0,4		18:0	3,2
Топленый говяжий жир	14:0	2,9	18:1 $\omega 9$	16,8	
	16:0	18,8	18:2 $\omega 6$	2,5	
	16:1 $\omega 7$	5,1	18:3 $\omega 3$	3,1	
	18:0	10,9	20:3 $\omega 3$	0,2	
	18:1 $\omega 9$	57,5	20:3 $\omega 6$	0,8	
	18:2 $\omega 6$	2,1	20:4 $\omega 3$	2,0	
	Остальные	2,5	20:5 $\omega 3$	17,2	
	16:0	5,7	22:5 $\omega 3$	2,9	
Сафлоровое масло	16:1 $\omega 7$	1,9	22:6 $\omega 3$	13,2	

состав жирных кислот липидов, входящих в типичный кормовой рацион животных. Считается, что жиры, которые затвердевают при относительно низкой температуре окружающей среды, являются недостаточно хорошими источниками липидов для кормов,

применяемых в аквакультуре, особенно в условиях холодной погоды, поскольку температура тела животных близка к температуре окружающей среды. Однако при температуре окружающей среды ниже 20°C говяжий жир обеспечивает такой же темп роста, как и рыбий, и даже выше того, который достигается при использовании сафлорового масла (богатого линолевой кислотой) (Stickney and Andrews, 1971).

В большинстве кормов, используемых в аквакультуре, содержание липидов не превышает 8% и в значительной степени из-за того, что включение больших количеств жира в рацион связано с определенными трудностями. При выращивании канального сомика на полуочищенных кормах, содержащих 8 и 16% липидов, значительного различия в росте не обнаружено (Dupree, 1968). Вероятно, различия связаны с общей энергией рациона и процентным содержанием белка. Очень высокий темп роста канального сомика был отмечен при потреблении кормов, содержащих 10% жира (Stickney and Andrews, 1971, 1972). Другие виды культивируемых животных могут потреблять корма с высоким или низким содержанием липидов, но оптимальные величины для большинства из них до сих пор не установлены.

Из-за избыточного содержания в рационе жира могут возникнуть такие алиментарные заболевания, как жировое перерождение печени. Кроме того, количество внутреннего жира, откладывающегося в теле животного, также зависит от содержания липидов в корме. Такой жир удаляется при обработке рыбы и снижает чистую прибыль от полученного урожая.

Потребность форели в $\omega 6$ жирных кислотах очень низка, или они совсем не нужны, но ей необходимы $\omega 3$ жирные кислоты (Lee et al., 1967; Yu and Sinnhuber, 1975). Потребности радужной форели в незаменимых жирных кислотах установлены (Castell et al., 1972a; 1972b), но мало известно о потребностях других культивируемых видов, однако вполне вероятно, что потребности большинства рыб сходны (Covey and Sargent, 1977).

При изучении соотношения $\omega 6$ и $\omega 3$ жирных кислот для различных типов организмов становятся понятными различия между предполагаемыми потребностями в жирных кислотах рыб и высших беспозвоночных. В общем случае для рыб соотношение $\omega 6$ и $\omega 3$ жирных кислот составляет около 0,1. Аналогично для морских птиц и тюленей, которые потребляют большое количество рыбы, это соотношение составляет 0,6 и 0,8 соответственно, что объясняется высоким содержанием $\omega 3$ жирных кислот в их рационе (Richardson et al., 1962). Соотношение $\omega 6$ и $\omega 3$ кислот в печени цыплят равно 9 (см. табл. 5.4), что может отражать наличие рыбной муки в их рационе, в то время как это соотношение в печени крысы и коровы достигает 300 и 500 соответственно.

Из-за высокой энергетической ценности липидов и их относительно низкой стоимости по сравнению с белками важно установить потребности культивируемых животных в липидах, а также степень, до которой липиды можно использовать вместо белка.

Некоторые липиды могут способствовать быстрому росту, но придают товарной продукции неприятный привкус, если они являются единственными жирами в рационе. Включение в рацион говяжьего жира обуславливает высокое содержание в товарной продукции насыщенных жиров. По-видимому, можно разработать такой режим кормления, при котором корм с высоким содержанием насыщенных жиров или рыбьего жира использовался бы в течение большей части сезона выращивания (это могло бы привести к получению продукции с высоким содержанием насыщенных жиров или с нежелательным привкусом), а перед обловом заменялся другим, в состав которого входит кукурузное масло или другой жир с высоким содержанием линолевой кислоты, что приведет к изменению состава жиров в теле рыбы и обеспечит более приятный вкус.

В некоторых случаях в результате использования кормов, содержащих говяжий или рыбий жир в качестве основного липида (Stickney, 1971; Stickney and Andrews, 1971, 1972), можно не только увеличить темп роста, но и снизить стоимость кормов. Опыты по введению в обычный рацион для молоди канального сомика топленого говяжьего жира и рыбьего жира (в качестве основного липида также использовался топленый говяжий жир) показали, что в остальных ингредиентах рациона, например кукурузной муке, содержится достаточно линолевой кислоты, чтобы предотвратить нежелательное влияние на качество товарной продукции высокого содержания $\omega 9$ или $\omega 3$ жирных кислот (Yingst, 1978).

УГЛЕВОДЫ

С химической точки зрения углеводы — простейшие из основных энергосодержащих компонентов кормов. Они содержат элементарные углерод, водород и кислород и в растительном, и животном мире представлены сахарами и крахмалами. К углеводам относятся такие простые сахара (моносахариды), как глюкоза, фруктоза и галактоза; составные сахара (дисахариды), образованные путем химического соединения двух простых сахаров, таких, как сахароза (глюкоза + фруктоза), мальтоза (глюкоза + глюкоза), лактоза (глюкоза + галактоза) и сложные сахара (полисахариды), которые содержат углеводы с высокой молекулярной массой — крахмалы и целлюлозы.

Млекопитающим углеводы поставляют значительное количество энергии, но, по крайней мере, для некоторых культивируемых животных они не так важны частично потому, что присутствуют во многих искусственных кормах в основном в виде полисахаридов с высокой молекулярной массой, которые плохо перевариваются (NAS, 1973). Хотя специальные рекомендации по содержанию углеводов для большинства видов отсутствуют, известно, что избыточное количество углеводов может привести к опасному накоплению гликогена в печени форели (NAS, 1973) и ее гибели.

Поскольку относительно высокое содержание углеводов в кормах, предназначенных для канального сомика, не приводит к его накоплению в печени (Wilson, 1967a), в этих кормах часто содержится больше углеводов, чем в кормах для лососевых. Корма для канального сомика дешевле, чем для лососевых. Форель усваивает простые сахара лучше, чем крахмалы (NAS, 1973), а канальный сомик растет лучше на кормах с высоким процентным содержанием крахмала (до 40% общей массы рациона).

Было показано, что кишечная микрофлора канального сомика проявляет целлюлазную активность (Stickney and Shumway, 1974). Целлюлаза — фермент, расщепляющий целлюлозу на более простые компоненты. Позвоночные, по всей вероятности, не способны синтезировать фермент, но могут содержать микроорганизмы, которые вырабатывают целлюлазу. Роль целлюлазы в стимулировании утилизации целлюлозы, содержащейся в рационе, весьма незначительна. Об этом свидетельствуют результаты, полученные при добавлении клетчатки в рационы канального сомика (Leary and Lovell, 1975).

Целлюлазная активность в кишечном тракте рыб почти не связана с пищевыми привычками определенных видов (Stickney and Shumway, 1974; Stickney, 1975). Например, у *Tilapia aurea* — растительноядной рыбы — целлюлазной активности не наблюдается.

У хищных рыб целлюлаза попадает в кишечный тракт вместе с кормовыми объектами, хотя в аквакультуре эта связь проявляется не столь явно. Стикни и Шамвей (Stickney and Shumway, 1974) не смогли выявить целлюлазную активность в корме для *Ictalurus punctatus*, которого содержали несколько месяцев в открытой системе, снабжаемой водой из скважины. При включении в рацион канального сомика антибиотиков активность фермента подавлялась. Таким образом, микроорганизмы, содержащие фермент, по-видимому, оставались в пищеварительном тракте рыбы в течение длительного времени после их поступления вместе с кормом (рыбу пересаживали из выростных прудов, расположенных на открытой площадке, в помещение на стадии сеголетков).

Углеводы подобно липидам могут замещать белок в искусственных кормах. Перед включением в рацион необходимо определить источник и требуемое количество углеводов. По количеству и качеству включаемые углеводы не должны отличаться от обычно потребляемых животными.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРМОВ

Прежде чем рассмотреть состав и процесс приготовления искусственных кормов, остановимся на их физических и химических свойствах, которые включают вкус, запах, консистенцию, устойчивость к размоканию и цвет. Многие культивируемые объекты способны заглатывать почти любые частицы корма соответствующего размера, если они приучены к искусственным кормам. В таких случаях запах, цвет, вкус и консистенция не имеют большого значе-

ния. Однако другие объекты отказываются от корма определенного вида и с готовностью принимают тот же корм при изменении одного или нескольких перечисленных выше свойств.

Влияние вкуса и цвета на потребление искусственных кормов изучено недостаточно. Следует расширить исследования, особенно для объектов, которые отказываются принимать искусственные корма, и для тех, которые на некоторых стадиях развития потребляют живые корма. Консистенция может также оказаться важным свойством корма. Некоторые организмы избегают твердых гранул, но, распознав их, начинают потреблять. Рыбам, разрывающим пищу на части, требуется корм одной консистенции, а тем, которые заглатывают ее целиком или отщипывают по частям,— другой. При приготовлении корма наряду с определенной консистенцией необходимо обеспечить также его устойчивость к размоканию в воде, что создает дополнительные трудности.

Влияние цвета на поедаемость кормов подробно не изучалось, но известно, что различные виды водных животных способны различать цвет. Стандартные корма обычно коричневатые, очищенные и полуочищенные корма часто бывают белого цвета. Необходимо исследовать привлекательность корма, особенно для личинок. Например, морские рыбы на личиночной стадии и другие культивируемые виды животных часто отказываются от неподвижного корма. Корм совсем необязательно должен быть живым, если ему удастся придать в воде подвижность. Этого можно добиться путем приготовления кормовых гранул с нейтральной плавучестью. Аэрация способствует поддержанию таких частиц во взвешенном состоянии.

При составлении кормовой смеси ей можно придать самые различные вкус и запах. Изучение пищевых привычек культивируемых видов может способствовать установлению привлекательных для них вкуса и запаха. Так, рыба, не принимающая стандартные кормовые гранулы, может проявить положительную реакцию на гранулы с запахом креветки.

СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Многие искусственные корма довольно устойчивы к процессу гранулирования и к действию воды в выростном бассейне. Другие не обладают этими качествами. Если кормовая смесь плохо поддается гранулированию или неустойчива в воде, необходимо ввести в нее связующее вещество. Такие вещества необходимы для большинства очищенных и полуочищенных кормов. В стандартных гранулированных кормах связующим веществом служит крахмал. В экспериментальных кормах в качестве связующих веществ с успехом применялись карбоксиметилловая целлюлоза, альгин (экстракт из бурой водоросли), желатин и др. Связующие вещества часто не перевариваются, и они не являются энергоносителями в корме.

Необходимое количество связующего вещества в кормовой смеси зависит от его состава и вида. В большинстве случаев на долю связующих веществ приходится 1 или 2% массы корма, однако при увеличении этого количества устойчивость гранул в воде увеличивается. Для определения необходимого процента содержания связующего вещества в данной кормовой смеси готовят несколько небольших порций экспериментального корма с различным содержанием связующих веществ. Затем каждую порцию гранулируют отдельно. Количество связующего вещества в кормосмеси не должно превышать требуемого для придания гранулам необходимой консистенции и устойчивости в воде.

ТОКСИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА

Различные токсические вещества могут содержаться как в естественных, так и в искусственных кормах. Многие тяжелые металлы могут вызвать токсичность, как уже отмечалось в главе 4, хотя содержание этих металлов в искусственных кормах, как правило, находится в допустимых пределах, если только отдельные ингредиенты кормосмеси не содержат токсикантов.

Афлатоксин, токсичный продукт обмена веществ мутантной синезеленой плесени *Aspergillus flavus*, иногда содержится в муке из масличных семян. Известно, что это вещество вызывает рак печени у форели. Гепатома и другие болезни рыб, вызванные плесенью, были рассмотрены Фридманом и Шибко (Friedman and Shibko, 1972). Плесневение может быть вызвано неправильным хранением. Заплесневелый корм не следует давать рыбам.

В рыбоводных прудах при нормальных условиях иногда наблюдается развитие таких токсичных водорослей, как, например, синезеленые (Gorham, 1964), хотя большинство видов синезеленых и других одноклеточных водорослей, которые встречаются в выростных емкостях и других водоемах, нетоксичны. Обычно при массовом развитии водорослей после внесения удобрений синезеленые не доминируют, за исключением случаев, когда органические удобрения вносятся в большом количестве. Цветение водорослей, как правило, нетоксично. *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa* токсичны для различных животных, в том числе и высших позвоночных (Gorham, 1964).

В морской воде динофлагелляты *Gymnodinium brevis* и *Gonyaulax tamarensis* образуют так называемые красные приливы, которые вызывают гибель миллионов рыб и накопление токсических веществ в тканях устриц и других моллюсков. Потребление таких моллюсков вызывает у людей отравление нервно-паралитическими ядами. Токсические вещества, продуцируемые этими обычно безобидными динофлагеллятами, достигают летальных концентраций при цветении водорослей (Gorham, 1964).

Случаи гибели культивируемых организмов, вызванные токсичными водорослями, довольно редки, хотя гибель животных по

неизвестным причинам можно отнести за счет отравления. Гораздо чаще мясо выращиваемого канального сомика приобретает посторонний привкус. Илистый привкус канальный сомик может приобрести под действием химических веществ, продуцируемых некоторыми синезелеными водорослями и другими микроорганизмами. Проводятся исследования по выяснению причин возникновения посторонних привкусов у различных объектов промышленного рыболовства, а также получаемых в аквакультуре. В настоящее время не существует биотехники, гарантирующей получение товарной продукции, свободной от посторонних привкусов. В интенсивных системах культивирования вероятность развития микрофлоры, способной придать товарной продукции посторонние привкусы, меньше, чем в экстенсивных.

Трудно предсказать, в каком пруду в данном году будет получена рыба с неприятным привкусом. Простейший способ — это сварить и попробовать мясо выращиваемых животных из каждой выростной емкости. Если ощущается посторонний привкус, рыбу можно поместить в емкости с проточной водой. Если рыбы содержались до этого в загрязненной среде, токсиканты часто выводятся вместе с продуктами обмена и посторонний привкус устранивается.

Как правило, присутствие микроорганизмов, вызывающих нежелательные привкусы, не влияет на рост и выживаемость выращиваемых животных, но осложняет их реализацию.

СОСТАВЛЕНИЕ РЕЦЕПТУР И ГРАНУЛИРОВАНИЕ КОРМОВ

Поскольку содержание питательных веществ в кормовой смеси неограниченно, в искусственные корма можно включать любое количество необходимых питательных веществ. Перед составлением рецептуры корма необходимо знать энергетические потребности выращиваемых животных, а также потребности в аминокислотах, жирных кислотах, углеводах, витаминах и минеральных веществах. Затем отбирают ингредиенты для искусственных кормов, которые после перемешивания должны обеспечить требуемое содержание питательных веществ.

Часто для составления рецептуры используются ЭВМ. Поскольку источником белка могут быть зерновые культуры и продукты животного происхождения, в состав корма можно включать большое количество соевой, кукурузной или рыбной муки в зависимости от цены данного продукта в момент приобретения. Если в корм включено большое количество зерновых продуктов, то в него вводят также небольшое количество рыбной муки, чтобы обеспечить в нем необходимые аминокислоты, которых не хватает в растительном белке.

Мешки с кормом снабжаются этикетками, на которых указываются минимальное содержание белка и липидов и максимальное — клетчатки в кормовой смеси. На этикетке перечисляются



Рис. 5.5. Размер кормовых частиц зависит от выращиваемого вида и его размера. Самые мелкие гранулы представляют собой стартовый корм для молоди, в то время как самые крупные используются для кормления рыб от ювенильной до половозрелой стадии

также ингредиенты корма, но не указывается количество каждого, поскольку оно варьирует в каждой партии. Состав различных партий корма от одного и того же изготовителя несколько различается, но, как правило, соответствует гарантированному, указанному на этикетке. Эти колебания состава почти не влияют на качество товарной продукции.

Сухие корма выпускаются в виде плавающих и погружающихся гранул различного размера. Молоди и личинкам следует давать только очень мелкие корма в виде гранул или крупки. Для выклюнувшихся личинок диаметр гранул должен составлять менее 0,5 мм. Более крупные частицы ни рыба, ни беспозвоночные не смогут проглотить. По мере роста животных размер гранул постепенно увеличивают до тех пор, пока их длина и диаметр не достигнут нескольких миллиметров. Обычно гранулы диаметром более 5 мм и длиной 10—15 мм не дают даже производителям (рис. 5.5).

Гранулы могут быть круглыми, цилиндрическими или любой другой формы. Гранулы одного из экспериментальных кормов для креветок имели форму вогнутых пластинок диаметром несколько миллиметров. Хорошие результаты были получены при кормлении креветок гранулами в форме спагетти длиной несколько сантиметров и гранулами стандартных размеров. Поскольку скорость потребления корма креветкой весьма низкая, гранулы должны быть водостойчивы.

Погружающиеся гранулы получают на прессе-грануляторе путем продавливания сухих измельченных и перемешанных ингредиентов через матрицу определенного размера. В некоторых случаях для связывания отдельных компонентов используется пар. При этом высокие температура и давление не достигаются и кормовая смесь почти или совсем не проваривается. Выходящая из матрицы масса нарезается ножом на гранулы требуемой длины. Водоустойчивость получаемых таким образом гранул составляет от нескольких минут до одного часа; этот период может быть значительно удлинен при добавлении соответствующих связующих веществ.

Плавающие гранулы получают в результате экструзии. Измельченные и смешанные ингредиенты кормовой смеси также продавливаются через матрицу, но температура и давление при этом значительно выше, чем в прессе-грануляторе. При выходе материала из матрицы давление снижается, в результате чего крахмал, содержащийся в гранулах, расширяется. Получаемые таким образом гранулы способны плавать в воде не менее 24 ч.

Процессы изготовления погружающихся и плавающих гранулированных кормов для рыб описаны Робинеттом (Robinette, 1977).

Различные процессы при изготовлении кормов, кроме гранулирования, влияют на их качество. Сами ингредиенты, степень измельчения, влажность и даже квалификация рабочего, приготавливающего кормовую смесь, могут оказать значительное влияние на качество конечного продукта. Очищенные и получищенные корма очень плохо поддаются гранулированию. Часто приходится подвергать обработке большое количество сырья для получения гранул корма с требуемыми характеристиками. Иногда для экспериментов необходимо приготовить всего несколько килограммов корма определенного состава, и, хотя их рецептуры могут различаться лишь незначительно, каждая создает определенные трудности при гранулировании.

Плавающие корма несколько дороже погружающихся, поскольку экструзия — более сложный и энергоемкий процесс, чем гранулирование в мельнице-грануляторе. Донным животным обычно плавающие корма не дают, поскольку их трудно приучить брать корм с поверхности.

Плавающие гранулы имеют два основных преимущества. Во-первых, плавающий на поверхности корм имеет значительно большую водостойкость (хотя в состав погружающихся гранул можно включить специальные связующие вещества), а для рыб, медленно потребляющих корм, необходимы водостойкие гранулы. Нестойкие в воде гранулы помимо лишних затрат могут увеличивать БПК водной системы и резко снизить содержание кислорода. Кроме того, корм на поверхности воды создает условия для развития бактерий и грибов. При накапливании в системе культивирования несъеденных остатков корма в ней могут развиваться эпизоотии.

При использовании плавающих кормов можно наблюдать за процессом кормления. Это очень важное обстоятельство, поскольку при кормлении погружающимися кормами проследить за активностью рыбы и поеданием корма сразу после его внесения в воду невозможно. Если рыбы поднимаются к поверхности в поисках корма, их можно увидеть и при этом определить количество потребленного корма. Если неперекормленные животные теряют активность при кормлении, это может служить признаком ухудшения качества воды или начала заболевания. Распознавание этого симптома позволяет поставить правильный диагноз и создать необходимые условия для предотвращения гибели животных. Когда животные получают погружающиеся корма и отказываются их принимать, об этом можно узнать только после того, как рыбы погибнут.

Правда, иногда вода бывает настолько прозрачной, что за поеданием корма можно наблюдать, даже если используются погружающиеся корма. В относительно небольших открытых и замкнутых циркуляционных системах с проточной водой вполне можно применять погружающиеся корма.

Обычно плавающие корма применяют при содержании рыб в садках, поскольку считается, что погружающиеся корма могут пройти через дно или стенки садков. Это не всегда относится к рыбам, быстро потребляющим корм, особенно если он подается медленно. Для канального сомика, выращиваемого в садках, выпускаются специальные корма, стоимость которых выше, чем кормов для сомика, выращиваемого в прудах. Это обстоятельство следует учитывать при устройстве садковых хозяйств.

В США разработаны различные рецептуры кормов для культивируемых животных. Особенно широкое распространение получили корма, разработанные специально для форели, канального сомика и креветки (пресноводной и морской).

КОРМЛЕНИЕ

Режим и нормы кормления канального сомика могут быть рекомендованы и для других видов тепловодных животных (позвоночных и беспозвоночных). Ниже в качестве примера рассмотрено кормление *Ictalurus punctatus*.

Если инкубация икры канального сомика происходит в закрытом помещении, личинок можно начинать кормить искусственным кормом сразу после рассасывания желточного мешка. До начала нереста в пруды обычно вносят удобрения, что способствует развитию планктона, которым питаются только что выклюнувшиеся личинки. Наряду с этим в пруды вносят и искусственный корм, но в это время он потребляется еще не так активно, как естественный. Если личинкам, выклюнувшимся в лабораторных условиях, дают только искусственные корма, а затем их выпускают в пруды, в них следует продолжать вносить удобрения, так как такая рыба может потреблять как естественные, так и искусствен-

ные корма. Внесение удобрений может предотвратить зарастание прудов макрофитами.

Tilapia sp., как и некоторые другие виды рыб, может потреблять искусственные корма сразу после начала активного питания. Однако другим видам, например *Macrobrachium rosenbergii*, *Pentapodus* sp., *Sciaenops ocellata* и *Paralichthys* sp., вначале необходимы только живые корма. В каждом случае перевод на искусственные корма должен быть отложен до наступления ювенильной стадии. В будущем, возможно, будут разработаны искусственные корма для личинок, которые они смогут потреблять сразу после перехода на активное питание.

Молоди канального сомика, как и многим другим видам нерососевых рыб, сначала дают стартовый форелевый корм (самые мелкие гранулы из показанных на рис. 5.5), который, как правило, содержит 50% белка. Размер гранул увеличивается по мере роста рыбы, а процентное содержание белка при этом сокращается до достижения рыбой возраста несколько недель; в это время канального сомика переводят на специальный корм, содержащий около 30% белка. При интенсивном культивировании рыбу можно содержать от выклева до достижения товарной массы на искусственных кормах (Stickney et al., 1972).

При интенсивном культивировании канального сомика в бассейнах, каналах и озерах с высокими плотностями посадки используются полноценные корма. В экстенсивных системах культивирования, например в прудах с низкой плотностью посадки, можно использовать дополнительный корм, если природные корма имеются в достаточном количестве и способны обеспечить потребности рыб в витаминах и частично в белке. В дополнительных кормах для канального сомика часто содержится около 25% белка (по сравнению с 30% в полноценных).

Одно из важнейших правил при кормлении любого вида водных животных — не допускать перекормливания. Некоторые корма могут потребляться в количестве, превышающем необходимое для оптимального роста, при этом коэффициент усвояемости снижается, корм не усваивается в пищеварительном тракте и не переваривается, а непереваренный корм приводит к увеличению БПК водной системы.

Канальный сомик и другие водные животные могут долгое время обходиться без пищи (за исключением первых нескольких недель жизни, когда голодание может продолжаться только очень короткий период, так как на этой стадии рост происходит чрезвычайно быстро, скорость обменных процессов высока, а энергетические запасы незначительны), поэтому их можно в течение длительного времени содержать на поддерживающем рационе, при котором рыба не растет. На этом основании в течение первых нескольких недель жизни рыб лучше недокармливать, чем перекормливать. Если рыба не съедает весь предлагаемый ей корм в течение 15—30 мин, частоту кормления следует уменьшить. Кроме этого, необходимо попытаться определить причины отказа от кор-

ма: плохое качество воды или заболевание. Некоторые объекты культивирования, например креветка, поедают корм очень медленно, а продолжительность полного переваривания пищи установить невозможно.

В интенсивной системе культивирования при отсутствии живых кормов, мальков канального сомика массой менее 1,5 г следует кормить 8 раз в день (каждые 3 ч). Когда масса мальков превысит 1,5 г, число кормлений можно сократить до четырех в день (Murai and Andrews, 1976). Для быстрорастущей молоди массой 0,25 г ежедневное количество корма может составлять до 10% массы тела, но по достижении массы 4 г это количество может сократиться до 5% (Murai and Andrews, 1976). Некоторые рыбоводы дают молоди корм, составляющий 50% ее массы, чтобы у рыбы было достаточно корма до момента его оседания на дно или вымывания из системы. Перекорм в это время обычно не приводит к большим затратам, поскольку общее количество корма, предназначенное для нескольких сотен штук молоди, относительно невелико. Для ограничения развития бактерий и предотвращения загрязнения воды следует ежедневно принимать дополнительные меры для удаления избыточного корма и продуктов обмена из бассейнов, в которых содержится молодь.

Летом молодь канального сомика в прудах следует кормить утром при достаточно высоком содержании в воде кислорода и в полдень, пока еще температура не достигла максимума. Исследования показали, что канальный сомик растет лучше всего, если его кормят дважды в день до насыщения (Andrews and Page, 1975). Темп роста и коэффициент усвоения не возрастают при одноразовом кормлении или при кормлении более двух раз в день.

Суточный рацион (в % массы тела) зависит от температуры воды, поскольку скорость обменных процессов рыбы определяется температурой окружающей среды. В общем случае, если температура воды выше 32°C, суточный рацион канального сомика не должен превышать 1%, при 21—32°C — 3%. При температуре 16—21°C суточный рацион составляет до 2%, при 7—16°C — до 1%. При температуре ниже 7°C рыба перестает брать корм (Bagdach et al., 1972).

Хотя на юге США многие рыбоводы зимой канального сомика не кормят, все же некоторый рост наблюдается, если его кормить в теплые дни (Lovell and Sirikul, 1974). Расходы на корм в зимнее время невелики, а такое кормление может предотвратить потерю массы, часто наблюдаемую зимой, если рыбу совсем не кормят. В теплые зимы рост может быть значительным. В результате продолжительность достижения товарной массы такой перезимовавшей рыбы значительно меньше, чем для неокормленной рыбы. Рацион, составляющий 1% массы тела в дни кормления, вероятно, достаточен для зимнего периода.

Выращиваемых животных следует кормить приблизительно в одно и то же время дня. Многие виды вскоре привыкают к определенному распорядку и часто к тому, кто их кормит. Некоторая на-

стороженность может наблюдаться у таких рыб, как канальный сомик, с появлением нового человека, сопровождающего того, который кормит рыбу, или если незнакомец один пытается покормить рыб. Затем осторожность исчезает, и в большинстве случаев через несколько минут у рыбы проявляется пищевая активность.

Многие рыбы знают время кормления и перемещаются в ту часть пруда, куда подается корм. *Tilapia aurea*, которую содержат на искусственной корме, реагирует на шаги человека, направляющегося к пруду. Многие рыбоводы считают, что животные узнают их.

Выращиваемые животные подобно людям предпочитают питаться все семь дней недели. Многие рыбоводы не кормят рыб по воскресеньям, иногда в какой-то из дней в конце недели или в праздничные дни. Некоторые считают, что животным требуется, по крайней мере, один разгрузочный день в неделю. Такая точка зрения лишена оснований.

РАЗДАЧА КОРМА

Требуемое для небольших прудов количество корма можно раздавать вручную с берега. Для больших прудов используют кормораздатчики, винтовые транспортеры и другие приспособления, которые можно буксировать с помощью трактора, грузовика, перевозить в лодке. Для кормления канального сомика разработаны различные виды автоматических или самоподающих кормушек, но их можно использовать и для кормления других рыб.

Автоматические кормушки подают заданное количество корма в пруд в течение суток с установленными интервалами. Необходимым элементом таких кормушек является электрический таймер. Автоматические кормушки, как правило, используются при выращивании молоди, поскольку они могут выдавать небольшие количества корма по нескольку раз в течение суток. Для кормления более крупных животных часто используются самоподающие кормушки.

Самоподающая кормушка приводится в действие самим животным и не требует электросхемы. Голодные рыбы толкают маятник, находящийся в воде, при этом из бункера кормушки высыпается несколько гранул. Пока рыба толкает маятник, корм будет выдаваться (если бункер не опустеет за время кормления). Теоретически рыба потребляет столько корма, сколько ей необходимо для нормального роста и усвоения.

Специальных исследований для сравнения эффективности ручного и автоматического кормления не проводилось, но некоторые рыбоводы считают, что при использовании самоподающих кормушек расходуется больше корма, чем при ручном кормлении, когда задается заранее взвешенное количество корма. Другие рыбоводы придерживаются противоположного мнения. Хотя убедительные доказательства преимущества какого-либо способа раз-

дачи кормов отсутствуют, но затраты труда при использовании самораздатчиков значительно снижаются, поскольку кормушки можно заполнять не каждый день. Однако самораздатчики стоят дорого, а для больших прудов их может потребоваться несколько.

Основным недостатком автоматических, или самоподающих, кормушек является невозможность наблюдать за тем, как рыба берет корм. Когда рыб кормят вручную, можно видеть, насколько активно питается рыба и как она берет предложенный корм (особенно при использовании плавающего корма). Если вместимость кормораздатчиков рассчитана на несколько дней и их ежедневно не проверяют, рыба может перестать питаться, о чем станет известно, только когда придет время снова заполнять кормушки, но к этому моменту уже могут возникнуть серьезные осложнения.

НОРМЫ КОРМЛЕНИЯ

Норму кормления (в %) для выращиваемых животных необходимо определять отдельно для каждого вида. При оптимальных температурах канальный сомик обычно получает корм, составляющий 3% массы его тела, ежедневно. Малоподвижные животные растут быстро при более низких нормах, чем активные животные, которым требуется больше корма. Большое количество корма может требоваться животным, которые плохо растут на искусственных кормах, или тем, которые теряют значительное количество корма при его потреблении.

Показателем правильного расчета суточной нормы и правильного режима кормления является кормовой коэффициент (КК). КК — это количество корма, затраченного на единицу прироста животных. КК уменьшается с увеличением эффективности использования корма на рост. Выращивая животных разных видов в контролируемых условиях и на разных кормах, можно получить различные величины КК. При норме кормления, большей и меньшей оптимальной для условий, существовавших в ходе эксперимента, КК будет увеличиваться; при норме кормления, обеспечивающей максимальное использование пищи на рост, КК будет минимальным (рис. 5.6).

Суточную норму кормления (в %) можно подсчитать исходя из биомассы (в %) животных, которых необходимо ежедневно кормить, либо животных можно кормить без ограничения, т. е. до насыщения («ad libitum»). Если используются погружающиеся

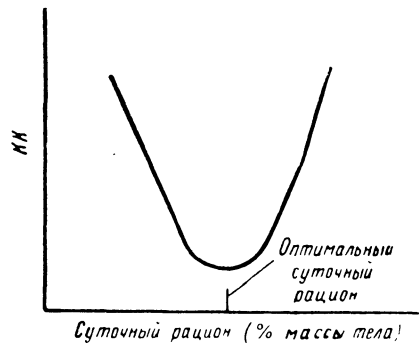


Рис. 5.6. Теоретический график изменения кормового коэффициента (КК) при изменении нормы кормления в заданных экспериментальных условиях

гранулы или корм потребляется настолько медленно, что следить за его поедаемостью невозможно, кормления «ad libitum» обычно избегают.

Для определения нормы кормления примем, что группу рыб предполагается кормить из расчета 3% биомассы ежедневно. Поскольку биомасса животных увеличивается ежедневно, норму кормления необходимо регулировать через определенные интервалы времени для учета роста. Например, если при заселении пруда плотность посадки составляла 5000 шт./га, а средняя масса рыбы — 10 г, то в пруду будет находиться 50 000 г, или 50 кг рыбы. В первый день кормления потребуется $0,03 \cdot 50 = 1,5$ кг корма при норме кормления 3%. На следующий день биомасса рыбы увеличится и 1,5 кг корма будет составлять меньше 3% общей массы рыбы в пруду. Если установлено, что в первый день кормления КК составлял 2,0, то популяция возросла на 0,75 кг ($1,5 \text{ кг} / 2,0 = 0,75 \text{ кг}$); тогда общая масса рыбы на второй день составит $50 + 0,75 = 50,75$ кг. Для кормления по норме 3% на второй день потребуется $50,75 \cdot 0,03 = 1,52$ кг корма. Это расхождение будет ежедневно возрастать по мере увеличения интервалов времени между внесениями поправок в норму кормлений с учетом роста рыбы.

Чтобы с большой точностью определять нормы кормления, необходимо ежедневно вылавливать всех рыб из пруда и взвешивать, но это, разумеется, нерационально. Кроме того, из-за стресса, вызванного обловом и взвешиванием, многие виды перестанут питаться на день или дольше. Тилляпия обычно начинает питаться быстро, но она — исключение. Даже в случае с тилляпией трудоемкость работ, связанных с отловом и взвешиванием всех рыб с недельным или двухнедельным интервалом, слишком велика. Кроме того, обловы приводят к травмированию рыб и увеличивают восприимчивость их к болезням, поэтому лишних операций с рыбой по возможности следует избегать. При экспериментальном культивировании рыб в бассейнах их часто взвешивают с интервалом от одной до нескольких недель, но поскольку плотность относительно невелика, то отлов, подсчет и взвешивание не вызывают больших затруднений. Но даже в бассейнах, где теоретически возможно часто отлавливать и взвешивать всех рыб, нормы кормления обычно рассчитывают или отбирают небольшие пробы с интервалами от 2 нед до 1 мес.

В большинстве случаев, когда не применяется кормление «ad libitum», метод отбора проб для определения нормы кормления, вероятно, наиболее подходит для тепловодных хозяйств аквакультуры. При разведении форели можно пользоваться специальными таблицами. В них указано количество корма, которое следует вносить на тысячу особей ежедневно в течение выростного сезона, поскольку темп роста форели известен, а условия выращивания (температура, скорость подачи воды) постоянны в течение длительных периодов. К сожалению, недостаточная информация не позволяет составить расписание кормления на весь сезон выра-

щивания, и норму кормления определяют на основе предполагаемого темпа роста и КК. Если биомасса в пруду или бассейне рассчитывается с помощью подвыборки, то нормы кормления можно основывать на относительно небольшой выборке. В прудах часто проводят контрольный облов неводом (подвыборка, составляющая менее 1% популяции, считается недостаточно представительной). Отловленную рыбу подсчитывают и взвешивают, ее среднюю массу умножают на число рыб в пруду (за вычетом погибших) и получают биомассу. Норму кормления определяют в соответствии с биомассой. Полученные таким образом оценки не совсем точны, но для кормления этой точности достаточно. Сравнивая данные по подвыборкам для двух периодов, можно определить КК для каждого периода. Если подвыборки берутся с месячными интервалами, количество задаваемого корма может на 1% превышать оптимальное, поскольку, если рыба будет перекормлена в начале нового периода кормления, она будет несколько недокормлена в конце этого периода.

Если КК для конкретного вида известен и постоянен, можно ежедневно определять поправку на норму кормления, принимая определенный темп роста. Существует два метода таких вычислений, однако следует помнить, что КК может значительно колебаться в результате изменений условий среды.

Метод 1.

$$W_t = W_0 + W_0(F/C),$$

где W_t — масса животного в день 1; W_0 — масса животного в день 0; F — рацион, %; C — кормовой коэффициент.

Пример. Рассчитать количество корма при W_t , если первоначальная масса животных $W_0=1000$ кг, кормовой коэффициент $C=1,3$, а суточная норма кормления 4%.

$$W_t = 1000 \text{ кг} + 1000 \frac{0,04}{1,3};$$

$$W_t = 1000 + \frac{40}{1,3};$$

$$W_t = 1000 + 30,8;$$

$$W_t = 1030,8 \text{ кг.}$$

Рацион при W_0 составил $1000 \cdot 0,04 = 40$ кг/сут; рацион при $W_t - 1030,8 \cdot 0,04 = 41,23$ кг. Таким образом, после первого дня кормления дозу корма необходимо увеличить на 1,23 кг.

Метод 1 предполагает, что рост водных животных подчиняется линейному закону, хотя на самом деле он обычно логарифмический и характеризуется сигмоидной кривой. Свингл (Swingle, 1967) применил закон Биара к росту рыбы в условиях аквакультуры и предложил второй метод определения нормы кормления.

Метод 2.

$$W_t = W_0 e^{kt},$$

где W_t — масса в момент времени t ; W_0 — масса в момент времени 0; e — основание натурального логарифма; k — отношение рациона к кормовому коэффициенту; t — время (дни, на которые вводится поправка).

Пример. Рассчитать количество корма при W_t , используя данные предыдущего примера ($W_0=1000$ кг, $KK=1,3$, норма кормления 4%, $t=1$ день).

$$W_t = 1000 e^{(0,04/1,3)(1)};$$

$$W_t = 1000 e^{(0,0308)};$$

$$\ln W_t = \ln 1000 + \ln e^{0,0308};$$

$$\ln W_t = 6,9078 + 0,0308;$$

$$\ln W_t = 6,9386;$$

$$W_t = 1031,3 \text{ кг.}$$

Количество корма при W_t

$$1031,3 \cdot 0,04 = 41,25 \text{ кг.}$$

Таким образом, два метода вычисления дают сходные результаты. В табл. 5.5 приведены биомасса и нормы кормления за 30-дневный период с использованием данных примеров. Преимуществом метода 2 является то, что в параметр времени может

Таблица 5.5. Общая биомасса и рационы для 30-дневного периода, полученные по методам 1 и 2 (первоначальная масса популяции 1000 кг, $KK=1,3$; ежедневная норма кормления составляет 4% биомассы)

Дни	Метод 1 [$W_t=W_0+W_0(F/C)$]		Метод 2 ($W_t=W_0 e^{kt}$)	
	Биомасса, кг	Рацион, кг	Биомасса, кг	Рацион, кг
0	1000,0	40,00	1000,0	40,00
1	1030,8	41,23	1031,3	41,25
2	1062,5	42,50	1063,6	42,54
3	1095,2	43,81	1096,9	43,87
4	1128,9	45,16	1131,2	45,25
5	1163,6	46,55	1166,6	46,66
6	1199,4	47,98	1203,1	48,12
7	1236,3	49,45	1240,7	49,63
8	1274,3	50,97	1279,5	51,18
9	1313,5	52,54	1319,5	52,78
10	1353,9	54,16	1360,8	54,43
11	1395,6	55,82	1403,4	56,13
12	1438,5	57,54	1447,3	57,89
13	1482,8	59,31	1492,6	59,70
14	1528,4	61,14	1539,3	61,57
15	1575,4	63,02	1587,4	62,50
16	1623,9	64,95	1637,1	65,48
17	1673,9	66,95	1688,3	67,53
18	1725,4	69,02	1741,1	69,64
19	1778,5	71,14	1795,6	71,82
20	1833,2	73,33	1851,8	74,07
21	1889,6	75,58	1909,7	76,39
22	1947,7	77,91	1969,4	78,78
23	2007,6	80,31	2031,0	81,24
24	2069,4	82,78	2094,5	83,78
25	2133,1	85,32	2160,0	86,40
26	2198,7	87,95	2227,6	89,10
27	2266,3	90,65	2297,3	91,89
28	2336,0	93,44	2369,2	94,77
29	2407,9	96,32	2443,3	97,73
30	2484,0	99,28	2519,7	100,79

быть введено любое число дней, в то время как по методу 1 требуются ежедневные расчеты, основанные на информации, полученной в предыдущий день (для табл. 5.5 все данные взяты по предыдущему дню).

Поскольку оба метода расчета предполагают постоянную величину КК, они не годятся для длительных периодов времени. Целесообразно периодически брать небольшие выборки для каждого пруда, бассейна и т. д. и определять биомассу и КК. Полученные данные можно подставлять в формулы для расчета новых поправок к суточному рациону. Поскольку условия среды в бассейнах, каналах или прудах несколько различаются, необходимо делать выборки для каждой выростной емкости и рассчитывать рационы отдельно.

СОСТАВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОРМА

Для установления пищевых потребностей любого выращиваемого вида необходимо провести ряд экспериментов, в которых состав кормов будет меняться. На это может потребоваться несколько лет и большое количество кормов разного состава. Пищевые потребности для большинства видов рыб еще предстоит определить. Дополнительная проблема, возникающая при кормлении пойклотермных животных, связана с тем, что различные параметры среды могут влиять на результаты эксперимента. Это означает, что пищевые потребности вида зависят от условий выращивания. Ответная реакция животных на изменения состава корма обычно выражается в изменении темпа роста и эффективности усвоения пищи на рост в тщательно контролируемых условиях среды.

В качестве первого шага в установлении пищевых потребностей выращиваемого организма необходимо определить качество и количество белка, которые обеспечивают максимальный темп роста. Для этого готовят несколько вариантов кормов, содержащих различные количества белка или различные сочетания искусственных аминокислот. В любом случае для удобства сравнения кормов все они должны быть одинаковыми по калорийности (изокалорийными). Поскольку корма, содержащие разное количество белка, различаются по энергоемкости, общая калорийность корма уравнивается с помощью липидов или углеводов.

Точно определить энергетическую ценность искусственных кормов невозможно, если неизвестна переваримость каждого ингредиента. Если при составлении кормов используется известная энергетическая ценность ингредиентов (4,4 и 9 ккал/г для белка, углеводов и жиров соответственно), калорийность их будет одинаковой и может быть измерена с помощью калориметрической бомбы. Поскольку различные ингредиенты корма имеют неодинаковую переваримость, обычно очень трудно определить, эквивалентна ли энергия обмена разных кормов. Количество энергии, выделяемые в результате обмена, известны для птицы, свиней и других животных, они также определены для форели и частично для сомика (по переваримости различных кормов) (Wilson, 1977b). Процесс

определения переваримости включает кормление животных специально приготовленными кормами, сбор фекалий и других продуктов обмена. От водных животных такие пробы получить трудно, поэтому до сих пор проведено мало исследований по переваримости кормов. Величины энергии, выделяемой в результате обмена, определяют умножением переваримости ингредиента (в %) на его первоначальную энергетическую ценность.

Поскольку величины энергии обмена для культивируемых животных не установлены, для расчета калорийности кормов часто используют данные для птицы и свиней либо используют величины валовой калорийности (4,4 и 9 ккал/г) и не учитывают затраты энергии на обмен.

Для демонстрации способов, применяемых для приготовления кормов одинаковой калорийности, необходимых для установления влияния качества и количества белка на темп роста культивируемых животных, составим несколько экспериментальных кормов. Данные, необходимые для составления этих теоретических кормов, приведены в табл. 5.6. Приведенное в табл. 5.6 содержание липидов и белка не отличается от их содержания в промышленных кормах, за исключением того, что в таблице сокращено число рассматриваемых кормов и данных по каждому из них. В таблицах стандартных кормов могут быть приведены также данные по содержанию отдельных аминокислот и минеральных веществ, клетчатки, витаминов.

Таблица 5.6. Теоретическая калорийность и содержание липидов и белков в ингредиентах экспериментального корма, сходного с промышленными кормами

Ингредиент	Калорийность, ккал/кг	Липиды, %	Белки, %
Мука из люцерны	1400	3	17
Целлюлоза	0	0	0
Мука из анчоуса	3000	1	65
Казеин	4100	1	85
Кукурузная мука	3400	4	9
Кукурузное масло	8900	100	0
Кукурузный крахмал	3700	1	0
Мука из семян хлопка	2100	5	41
Рыбий жир	8200	100	0
Глюкоза	3400	0	0
Мука из сельди	3200	1	72
Топленый свиной жир	8600	100	0
Мука из сельди менхеден	3000	1	60
Минеральные вещества	0	0	0
Соевая мука	2200	6	44
Мука из жмыха семян подсолнечника	1800	43	14
Пшеничные отруби	2600	5	17
Витамины	0	0	0

Содержание углеводов в кормах прямо не указывается. Чтобы его установить, необходим полный анализ на содержание белка, жиров, липидов, золы, клетчатки и влаги. Разность между дей-

ствительным суммарным содержанием ингредиентов и 100 %-ной массой образца приходится на долю переваримых углеводов (помимо клетчатки).

Процентное содержание различных компонентов и располагаемая энергия на обмен ингредиентов корма зависят от состава корма. Например, не все соевые бобы по химическому составу одинаковы, поэтому в таблице могут быть некоторые различия. В любой таблице кормов приводятся осредненные данные, основанные на нескольких химических определениях. По мере появления новых данных в таблицы могут вноситься поправки.

Предположим, что о пищевых потребностях экспериментального животного ничего не известно, за исключением того, что оно является хищником. Тогда в первую очередь следует определить процентное содержание белка, необходимого для быстрого роста. Предположим, предварительные тесты по сходным видам показали, что потребность в белке составляет от 20 до 50 %. Теперь можно составить ряд кормов с различным содержанием белка в этом диапазоне. Поскольку желательно, чтобы корма были изокалорийными, сначала составляют корм с максимальным содержанием белка, а затем корма с более низким содержанием белка, доводя их калорийность до калорийности корма с 50 %-ным содержанием белка.

Поскольку экспериментальное животное — хищник, в качестве источника белка выбрана мука из сельди менхеден. Для обеспечения высокой калорийности каждого корма во все рационы добавляют 5 % кукурузного масла. В каждый корм вводят витаминный и минеральный премикс (2,5 % витаминов и 2,5 % минеральных веществ) и 1 % агара в качестве связующего компонента. Кукурузный крахмал используется в качестве источника углеводов, его содержание варьирует в зависимости от требуемой калорийности. Целлюлоза служит наполнителем, поскольку она не переваривается. По каждому рецепту приготавливают по 1 кг корма.

Количество муки из сельди менхеден (в г) на 1 кг корма с 50 %-ным содержанием белка определяют следующим образом: $[0,50 \cdot (\text{процентное содержание белка}) \cdot 1000 \text{ г/кг}] / 0,60$ (процентное содержание белка в муке из сельди менхеден) $= 500 / 0,60 = 833,3$ г муки из сельди менхеден. Калорийность муки из сельди менхеден в корме составляет (см. табл. 5.6): $0,833 \cdot 3000 \text{ ккал/кг} = 2499 \text{ ккал/кг}$. Если добавить 5 % кукурузного масла, то количество корма будет составлять 833,3 г муки из сельди менхеден + 50 г кукурузной муки $= 883,3$ г с калорийностью $2499 + (0,05 \times 8900 \text{ ккал/кг} = 445) = 2944 \text{ ккал/кг}$. Витамины, минеральные вещества и агар дадут дополнительно 6 %, или 60 г, что в общем составляет 943,3 г. Последние ингредиенты энергией на обмен не располагают. Недостающее количество корма следует восполнить целлюлозой: $1000 - 943,3 = 56,7$ г. Итак, в 1 кг корма содержится 1000 г ингредиентов, и его калорийность составляет 2944 ккал/кг (табл. 5.7 и 5.8).

Таблица 5.7. Количество каждого ингредиента (в г/кг) в изокалорийных кормах с различным содержанием белка

Ингредиент	Содержание белка, %			
	50	40	30	20
Агар	10	10	10	10
Целлюлоза	56,7	88,7	120	151,3
Кукурузное масло	50	50	50	50
Кукурузный крахмал	0	134,6	270	405,4
Мука из сельди менхеден	833,3	666,7	500	333,3
Минеральные вещества	25	25	25	25
Витамины	25	25	25	25
Всего	1000	1000	1000	1000

Таблица 5.8. Калорийность каждого ингредиента корма (в ккал/кг) в кормах с различным содержанием белка

Ингредиент	Содержание белка, %			
	50	40	30	20
Агар	0	0	0	0
Целлюлоза	0	0	0	0
Кукурузное масло	445	445	445	445
Кукурузный крахмал	—	498	999	1500
Мука из сельди менхеден	2499	2001	1500	999
Минеральные вещества	0	0	0	0
Витамины	0	0	0	0
Всего	2944	2944	2944	2944

Если в каждом последующем корме содержится на 10% меньше белка, то в следующем корме будет содержаться 40% белка: $0,40 \cdot 1000/0,6 = 666,7$ г/кг муки из сельди менхеден. При добавлении такого же количества витаминов, минеральных веществ, агара и липидов, что и в корм с 50%-ным содержанием белка, получится, что корм с 40%-ным содержанием белка весит 776,7 г при общей калорийности $445 + (0,667 \cdot 3000) = 2446$ ккал. Остальные 498 ккал ($2944 - 2446$), необходимые для того, чтобы сделать корм с 40% белка равным по калорийности корму с 50% белка, должен дать кукурузный крахмал: $498 \text{ ккал} / 3700 \text{ ккал} = x / \text{г} \cdot 1000 \text{ г}$, или $3700x = 498000$ и $x = 498000 / 3700 = 134,6$ г кукурузного крахмала (см. табл. 5.7). Теперь эти два корма изокалорийны, но в корме с 40% белка содержится только 911,3 г ингредиентов ($666,7 + 60 + 50 + 134,6$), поэтому в него следует добавить целлюлозу $1000 - 911,3 = 88,7$ г (см. табл. 5.7). Точно так же рассчитываются корма с 20%-ным и 30%-ным содержанием белка.

В табл. 5.7 и 5.8 приведены масса и калорийность ингредиентов для каждого корма. Стандартные корма можно приготавливать аналогичным образом, хотя процесс усложняется из-за необходимости включения различных более сложных компонентов.

При рассмотрении примера приготовления кормов не учитывались витамины, минеральные вещества и другие составляющие муки из сельди менхеден.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Andrews, J. W. 1977. Protein requirements. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), Nutrition and feeding of channel catfish. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 10—13.
- Andrews, J. W., and Y. Matsuda. 1975. The influence of various culture conditions on the oxygen consumption of channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 322—327.
- Andrews, J. W., and J. W. Page. 1974. Growth factors in the fish meal component of catfish diets. J. Nutr. 104: 1091—1096.
- Andrews, J. W., and J. W. Page. 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 317—321.
- Andrews, J. W., and R. R. Stickney. 1972. Interactions of feeding rates and environmental temperature on growth, food conversion, and body composition of channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 101: 94—99.
- Arnold, C. R., T. D. Williams, W. A. Fable, J. L. Lasswell, and W. H. Bailey. 1977. Laboratory methods for spawning and rearing spotted sea trout. Proc. Southeast. Assoc. Fish Wildl. Agencies, 31: 437—440.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. Aquaculture. Wiley-Interscience, New York, 868 p.
- Bayne, D. R., D. Dunseth, and C. G. Ramirios. 1976. Supplemental feeds containing coffee pulp for rearing Tilapia in Central America. Aquaculture. 7: 133—146.
- Boyd, C. E. 1976. Nitrogen fertilizer effects on production of Tilapia in ponds fertilized with phosphorus and potassium. Aquaculture, 7: 385—390.
- Castell, J. D., D. J. Lee, and R. O. Sinnhuber. 1972a. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Lipid metabolism and fatty acid composition. J. Nutr. 102: 93—99.
- Castell, J. D., R. O. Sinnhuber, J. H. Wales, and D. J. Lee. 1972b. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. J. Nutr. 102: 77—86.
- Cowey, C. B., and J. R. Sargent. 1977. Lipid nutrition in fish. Comp. Biochem. Physiol. 57 B. 269—273.
- Cowey, C. B., J. W. Adron, A. Blair, and J. Pope. 1970. The growth of O-group plaice on artificial diets containing different levels of protein. Helv. Wiss. Meeresunters. 20: 602—609.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron, and A. Blair. 1972. Studies on the nutrition of marine flatfish. Growth of the plaice *Pleuronectes platessa* on diets containing proteins derived from plants and other sources. Mar. Biol. 10: 145—153.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron, and A. Blair. 1971. Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*). Brit. J. Nutr. 28: 447—456.
- Cruz, E. M. 1975. Determination of the nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel catfish. Ph. D. Dissertation. Auburn University, Auburn, Ala., 82 p.
- Davis, A. T., and R. R. Stickney. 1978. Growth responses of Tilapia aurea to dietary protein quality and quantity. Trans. Am. Fish. Soc. 107, 47—483.
- Davis, E. M., G. L. Rumsey, and J. G. Nickum. 1976. Egg-processing wastes as a replacement protein source in salmonid diets. Prog. Fish-Cult. 38: 20—22.
- Dupree, H. K. 1966. Vitamins essential for growth of channel catfish. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Paper 7. 12 p.
- Dupree, H. K. 1968. Influence of corn oil and beef tallow on the growth on fingerling channel catfish. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Paper 27. 12 p.
- Dupree, H. K. 1977. Vitamin requirements. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), Nutrition and feeding of channel catfish. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 26—29.
- Dupree, H. K., and J. E. Halver. 1970. Amino acids essential for the growth of channel catfish. *Ictalurus punctatus*. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 90—92.

- Everhart, W. H., A. E. Eipper, and W. D. Youngs. 1975. Principles of fishery science. Cornell University Press, Ithaca, N. Y. 288 p.
- Friedman, L., and S. I. Shibko. 1972. Nonnutrients components of the diet. In J. E. Halver (Ed.), Fish Nutrition. Academic Press, New York, pp. 182—254.
- Gorham, P. R. 1964. Toxic algae. In D. F. Jackson (Ed.), Algae and man. Plenum Press, New York. pp. 307—336.
- Halver, H. E. (Ed.). 1972. Fish nutrition. Academic Press, New York 713 p.
- Hanson, J. A., and H. L. Goodwin. 1977. Shrimp and prawn farming in the Western hemisphere. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pa. 439 p.
- Harrison, C. 1975. The essential amino acids of *Mytilus californianus*. The Veliger, 18: 189—193.
- Hickling, C. F. 1962. Fish culture. Faber and Faber, London, 295 p.
- Hickman, C. P. 1968. Glomerular filtration and urine flow in the euryhaline southern flounder *Paralichthys lethostigma*, in seawater, Can. J. Zool. 46: 427—437.
- Hubloy, W. F. 1963. Oregon Pellets. Prog. Fish-Cult. 23: 175—180.
- Ketola, H. G. 1975. Mineral supplementation of diets containing soybean meal as a source of protein for rainbow trout. Prog. Fish-Cult. 37: 73—75.
- Kitamikado, M., T. Morishita, and S. Tachino. 1964. Digestibility of dietary protein in rainbow trout. I. Digestibility of several dietary proteins. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 30: 46—49.
- Leary, D. F., and R. T. Lovell. 1975. Value of fiber in production-type diets for channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 1104. 328—332.
- Lee, D. J. and R. O. Sinnhuber. 1972. Lipid requirements. In J. E. Halver (Ed.), Fish nutrition. Academic Press, New York, pp. 145—180.
- Lee, D. J., J. N. Roehm, T. C. Yu, and R. O. Sinnhuber. 1967. Effects of ω 3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, J. Nutr. 92: 93—98.
- Lockwood, A. P. M. 1967. Aspects of the physiology of crustacea. Freeman, San Francisco. 328 p.
- Lovell, R. T. 1977a. Digestibility of nutrients in feedstuffs for catfish. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), Nutrition and feeding of channel catfish. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 33—37.
- Lovell, R. T. 1977b. Mineral requirements. In R. R. Stickney and R. R. Lovell. (Eds.), Nutrition and feeding of channel catfish. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 30—32.
- Lovell, R. T., and B. Sirikul. 1974. Winter feeding of channel catfish. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 28: 208—216.
- Lovell, R. T., E. E. Prather, J. Tres-Dick, and L. Chhorn. 1974. Effects of addition of fish meal to all-plant feeds on the dietary protein needs of channel catfish in ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game fish Comm. 28: 222—228.
- McGeachin, R. B. 1977. Algae fed *Artemia salina* nauplii as a food source for larval *Cynoscion nebulosus*. M. S. thesis, Texas A&M University, College Station. 39 p.
- McGeachin, R. B., R. R. Stickney, and C. R. Arnold. 1977. Algae fed *Artemia salina* nauplii as a food source for larval *Cynoscion nebulosus*. Proc. Southeast. Assoc. Fish Wildl. Agencies 31: 574—582.
- Murai, T., and J. W. Andrews. 1976. Effects of frequency of feeding on growth and food conversion of channel catfish fry. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 42: 159—161.
- National Academy of Sciences. 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. National Academy on Sciences. Washington, D. C. 57 p.
- National Academy of Sciences. 1977. Nutrient requirement of warmwater fishes. National Academy of Sciences, Washington, D. C. 78 p.
- Odum, W. E. 1966. The food and feeding of the striped mullet, *Mugil cephalus*, in relation to the environment, M. S. thesis, Institute of Marine Sciences, University of Miami, Miami, Fla. 118 p.

- Odum, W. E. 1968. The ecological significance of fine particle selections by the striped mullet, *Mugil cephalus*. *Limnol. Oceanogr.* 13, 92—98.
- O'Keefe, T. 1976. Some effects of increased dietary levels of alpha-tocopherol in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). M. S. thesis, Texas A & M University, College Station 59 p.
- Orme, L. E., and C. A. Lemm. 1973. Use of dried sludge from paper processing wastes in trout diets. *Feedstuffs*, 45 (51): 28—30.
- Owen, J. M., J. W. Adron, C. Middleton, and C. B. Cowey, 1975. Elongation and desaturation of dietary fatty acids in turbot, *Scophthalmus maximus* L., and rainbow trout, *Salmo gairdneri*, *Lipids*. 10, 528—531.
- Phillips, A. M., Jr. 1969. Nutrition, digestion and energy utilization, In W. S. Hoar and D. J. Randall (Eds.). *Fish physiology*, Vol. 1. Academic Press. New York. pp. 391—432.
- Phillips, A. M., Jr. 1972. Calorie and energy requirements. In J. E. Halver (Ed.). *Fish nutrition*. Academic Press, New York, pp. 1—28.
- Podoliak, H. A., and H. K. Holden Jr. 1965. Distribution of dietary calcium to the skeleton and skin of fingerling brown trout. *Courtland Hatchery Report 33 for the year 1964*. *Fish. Res. Bull.* 28: 65—70. New York State conservation Department, Albany.
- Podoliak, H. A., and H. K. Holden Jr. 1966. Calcium ion regulation by fingerling brook, brown, and rainbow trout. *Courtland Hatchery Report 34 for the year 1965*. *Fish. Res. Bull.* 29: 59—65. New York State Conservation Department, Albany.
- Reece, D. L., D. E. Wesley, G. A. Jackson, and H. K. Dupree. 1975. A blood meal-rumen contents blend as a partial or complete substitute for fish meal in channel catfish diets *Prog. Fish-Cult.* 37: 15—19.
- Richardson, T., A. L. Tappell, L. M. Smith, and C. R. Houle. 1962. Polyunsaturated fatty acids in mitochondria. *J. Lipid Res.* 3: 344—350.
- Robinette, H. R. 1977. Feed manufacture. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.). *Nutrition and feeding of channel catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pl. 44—49.
- Schroeder, G. L. 1974. Use of fluid cowshed manure in fish ponds. *Bamidgh*, 26: 84—96.
- Stickney R. R. 1971. Effects of dietary lipids and lipid-temperature interactions on growth, food conversion, percentage lipid and fatty acid composition of channel catfish. Ph. D. dissertation. Florida State University, Tallahassee. 96 p.
- Stickney, R. R. 1975. Cellulase activity in the stomachs of freshwater fishes from Texas. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 29: 282—287.
- Stickney, R. R. 1977. Lipids in channel catfish nutrition. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), *Nutrition and feeding of channel catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218: pp. 14—18.
- Stickney, R. R. and J. W. Andrews. 1971. Combined effects of dietary lipids and environmental temperature on growth, metabolism and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 101. 1703—1710.
- Stickney, R. R. and J. W. Andrews. 1972. Effects of dietary lipids on growth, food conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. *J. Nutr.* 102: 249—258.
- Stickney, R. R., and J. H. Hesby. 1978. Tilapia culture in ponds receiving swine waste. In R. O. Smitherman, W. L. Shelton, and J. H. Crover (Eds.), *Culture of exotic fishes symposium proceedings*, Fish Culture Section, American Fisheries Society, Auburn, Ala., pp. 90—101.
- Stickney, R. R., and S. E. Shumway. 1974. Occurrence of cellulase activity in the stomachs of fishes. *J. Fish. Biol.* 6. 779—790.
- Stickney, R. R., and D. B. White. 1973. Effects of salinity on the growth of *Paralichthys lethostigma* postlarvae reared under aquaculture conditions. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 27: 532—540.
- Stickney, R. R., T. Murai, and G. O. Gibbons. 1972. Rearing channel catfish fingerlings under intensive culture conditions. *Prog. Fish-Cult.* 34: 100—102.

Stickney, R. R., H. B. Simmons, and L. O. Rowland. 1977a. Growth responses of *Tilapia aurea* to feed supplemented with dried poultry waste. *Tex. J. Sci.* 29: 93—99.

Stickney, R. R., L. O. Rowland, and J. H. Hesby, 1977b. Water quality—*Tilapia aurea* interactions in ponds receiving swine and poultry wastes. *Proc. World Maricult. Soc.* 8: 55—71.

Swingle, H. S. 1967. Estimation of standing crops and rates of feeding fish in ponds. *FAO Fish. Rep.* 44: 416—432.

Swingle, H. S., B. C. Gooch, and H. R. Rabanal. 1965. Phosphate fertilization of ponds. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm* 17: 213—218.

Taggart, R. B. 1974. Digestibility of carbohydrates, lipids, and proteins in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). M. S. thesis. Kansas State University, Manhattan. 57 p.

White, D. B., and R. R. Stickney, 1973. A manual of flatfish rearing. Georgia Marine Science Center, Technical Report Series 73—77: 36 p.

White, A., P. Handler, and E. L. Smith. 1964. Principles of biochemistry, McGraw-Hill, New York. 1106 p.

Wilson, R. P. 1977a. Carbohydrates in channel catfish nutrition. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), *Nutrition and feeding of channel catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 19—20.

Wilson, R. P. 1977b. Energy relationships in catfish diets. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), *Nutrition and feeding of channel catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 21—25.

Windell, J. T., R. Armstrong, and J. R. Clinebell, 1974. Substitution of brewer's single cell protein into pelleted fish feed. *Feedstuffs*. 46 (20): 22—23.

Yingst, W. L. 1978. Effects of dietary lipids on growth and body composition of channel catfish fry. M. S. thesis, Texas A&M University, College Station, 44 p.

Yu, T. C., and R. O. Sinnhuber, 1975. Effect of dietary linolenic and linoleic acids upon growth and lipid metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Lipids*. 10: 63—66.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Andrews, J. W., and T. Murai. 1975. Studies on the vitamin C requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 105: 557—561.

Liang, J. K., and R. T. Lovell. 1971. Nutritional value of water hyacinth in channel catfish feeds. *Hyacinth Control. J.* 9: 40—44.

Lovell, R. T. 1973. Essentiality of vitamin C in feeds for intensively fed caged catfish. *J. Nutr.* 103: 134—138.

Mertz, E. T. 1972. The protein and amino acid needs. In J. E. Halver (Ed.), *Fish nutrition*. Academic Press, New York, pp. 106—143.

Meyers, S. P., and C. W. Brand. 1975. Experimental flake diets for fish and crustacea. *Prog. Fish-Cult.* 37: 67—72.

Meyers, S. P., D. P. Butler, and G. F. Sirine. 1971. Encapsulation a new approach to larval feeding. *Am. Fish Farmer*, July: 15 ff.

Murai, T., and J. W. Andrews. 1974. Interactions of dietary α -tocopherol, oxidized menhaden oil and ethoxyquin on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 104: 1416—1431.

Murai, T., and J. W. Andrews. 1975. Pantothenic acid supplementation for channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104: 313—316.

Pillay, T. V. R. (Ed.). 1972. *Coastal aquaculture in the Indo-Pacific region*. Fishing News (Books), London, 497 p.

Price, K. S., Jr., W. N. Shaw, and K. S. Danberg (Eds.). 1976. *Proceedings of the first international conference on aquaculture nutrition*. University of Delaware Sea Grant Publication DEL-SG-17-76. 323 p.

Stickney, R. R., and R. T. Lovell (Eds.). *Nutrition and feeding of channel catfish*. Southern Cooperative Series Bulletin 218.

**ВОСПРОИЗВОДСТВО,
СЕЛЕКЦИЯ И ГЕНЕТИКА****СТРАТЕГИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА**

Результаты культивирования часто зависят и от способности животных размножаться в неволе. Если выращивание животных в лабораторных условиях не налажено, то возможности контроля генетического состава популяции, а следовательно, и улучшения породы с помощью отбора по таким показателям, как скорость роста, устойчивость к болезням и процент упитанности, отсутствует. Большинство видов, с успехом культивируемых во всем мире, сходны в том, что в искусственных условиях они проходят все стадии своего жизненного цикла и размножаются. Наиболее примечательным исключением из этого является, по-видимому, ханос (*Chanos chanos*), которого лишь выращивают в массовых количествах на Филиппинах, в Индонезии и других регионах (но не разводят). Попытки получить потомство от ханоса предпринимаются. В настоящее время молодь получают только из природных популяций, что тормозит процесс селекции этих животных. Аналогичная ситуация препятствует экономически рентабельному разведению пенеидных креветок в США.

Способы размножения животных различны, однако практически у всех основных культивируемых видов наблюдается несколько форм полового размножения. Некоторые виды гермафродитны, но большинство раздельнополы. Даже гермафродиты редко оплодотворяют сами себя — происходит обмен гаметами с другими особями популяции.

Живорождение и яйцеживорождение нехарактерны для культивируемых видов, хотя такие типы развития обнаружены у некоторых водных животных. Большинство выращиваемых видов относится к яйцекладущим; во многих случаях вымет и развитие яиц происходит в воде. Оплодотворение яиц обычно наружное. Морские черепахи — одно из наиболее ярких исключений из общего правила наружного оплодотворения и развития яиц в воде.

Физиология размножения многих позвоночных и беспозвоночных всесторонне изучена; несмотря на очевидную роль желез внутренней секреции, большее значение имеют гипофиз и гонады. У рыб удаление гипофиза во всех случаях приводит к прекращению овуляции и сперматогенеза; у бесчелюстных этого не проис-

ходит (Ноар, 1969). Интерес рыбоводов к гормонам связан в основном с возможностью их применения для индукции нереста и превращения пола. Для стимуляции нереста рыбам, у которых происходит овуляция, можно делать инъекции гормона гипофиза карпа и человеческого хорионического гонадотропина (ЧХГ). Развитие яиц и преднерестовая линька ракообразных могут быть индуцированы ампутацией глазного стебелька (SEAFDEC, 1976; Hanson and Goodwin, 1977).

Стимулировать нерест рыб и беспозвоночных можно просто изменением температуры и продолжительности светового периода. Например, у канального сомика гаметы будут развиваться, если их подвергнуть сначала охлаждению, затем снова создать нормальную нерестовую температуру, хотя еще предстоит установить оптимально низкие температуры и продолжительность их действия. Продолжительность светового периода для канального сомика не является решающей; однако у других видов, особенно морских рыб (например, у пятнистого горбыля *Cynoscion nebulosus*), нерест в лабораторных условиях происходит только в случае тщательного регулирования температуры и продолжительности светового периода (Arnold et al., 1977).

Эту же методику Арнольд и др. (1977) применили и для интенсификации созревания красного горбыля (*Sciaenops ocellata*) и камбалы (*Paralichthys* sp.). Особый интерес представляет то, что без гормональных инъекций от небольшого количества самок красного горбыля и других видов были получены миллионы икринок (С. R. Arnold, устное сообщение).

Рыбовод может играть активную роль в подготовке рыб к нересту и обеспечении необходимых для него условий или не вмешиваться в этот процесс. В одних случаях можно выращивать взрослых рыб в прудах и собирать потомство после выклева личинок из икры (например, *Tilapia* sp.). В других (например, *Ictalurus punctatus* и большинство морских видов) необходимо создавать специальные условия для предотвращения резорбции, а также вымета такой икры, которая не будет впоследствии оплодотворена или из-за неблагоприятных условий окружающей среды окажется нежизнеспособной. Наконец, могут быть использованы методики, включающие подбор пар и контроль за каждой стадией воспроизводства. Генетический контроль посредством селективного размножения — наиболее сложная форма ведения аквакультуры.

Простое определение пола культивируемых животных может быть в некоторых случаях затруднительным, особенно у рыб. У мелких сомиков пол особенно трудноразличим, за исключением периода нереста. Определить пол морских рыб, выращиваемых в аквакультуре, обычно также нелегко, даже если приближается нерестовый сезон. У некоторых видов идентификация пола основана на том, что перед нерестом брюшко самок, заполненное икрой, раздувается. Любая рыба, у которой отсутствует этот признак, считается самцом при условии, что рыба достигла половой зрелости. Иногда разнополые особи заметно отличаются друг от

друга по размерам. Самцы камбалы (*Paralichthys* sp.) часто значительно меньше самок, и у рыбоводов, которые для разведения стараются отбирать из природных популяций крупных рыб, иногда все пойманные особи оказываются самками. Самцы большинства видов тилипии растут быстрее, чем самки, хотя это различие в конце периода роста не так заметно, как у камбал.

У некоторых видов культивируемых животных все же имеются существенные половые различия, особенно во время нерестового сезона. Например, самцы *Tilapia mossambica* перед нерестом различаются по цвету, а в остальное время года особи разного пола могут быть похожими. Самцы и самки разных тропических рыб заметно различаются по форме тела и по цвету, однако культивируемые организмы, как правило, по этим признакам сходны.

У большинства ракообразных, представляющих интерес для культивирования, пол легко различим. Некоторые тепловодные виды, такие, как голубой краб, флоридский омар и пресноводные креветки, вынашивают яйца на поверхности тела, поэтому во время нерестового сезона, после того как начнется инкубация яиц, самок можно легко определить. В большинстве случаев имеются и другие внешние признаки, позволяющие на протяжении всего года быстро и надежно различать самцов и самок. Например, abdomen молодых самок голубого краба (*Callinectes sapidus*) имеет треугольную форму с вершиной, направленной вперед от его основания, а у взрослых самок abdomen становится округлым. У самцов abdomen узкий и длинный (рис. 6.1). Со стороны спинки самцы и самки неразличимы. Самцы морских и пресноводных креветок имеют орган, называемый петазмой, который располагается на первой паре плеопод и может рассматриваться как дополнительный придаток этих конечностей. Петазма используется для переноса сперматофора к самке, где он прикрепляется к теликуму — органу, расположенному между торакоподами задней пары, чуть впереди от них.

Существующие методы разведения культивируемых видов исключительно разнообразны. Поскольку описать их все подробно

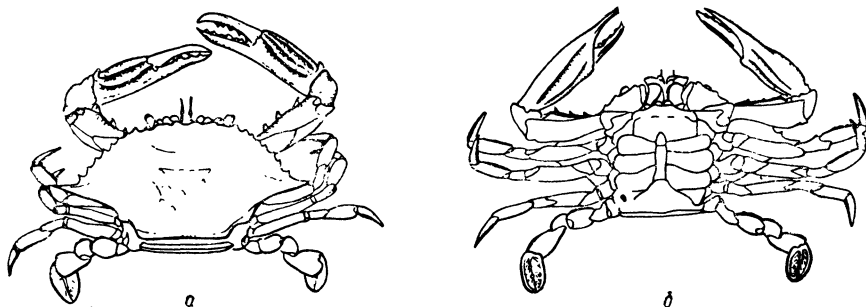


Рис. 6.1. Самец голубого краба *Callinectes sapidus* со спинной (а) и брюшной (б) сторон

невозможно, ниже приведены лишь общие сведения о разведении некоторых наиболее распространенных видов животных, выращиваемых в тепловодных хозяйствах.

РАЗМЕР ИКРЫ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОДОВИТОСТЬ

Продолжительность выращивания животного от рождения до товарного размера зависит главным образом от его первоначального размера, хотя требуемый товарный размер также является важным фактором. Например, абсолютный прирост массы теленка от рождения до достижения товарной массы значительно больше, чем у канального сомика. Однако кратность удвоений массы новорожденного теленка до достижения товарной массы (примерно 225—275 кг) во много раз меньше, чем для сомика, который должен вырасти от нескольких миллиграммов до 0,5 кг. В качестве примера, иллюстрирующего возможности одомашнивания и селекции животных, часто приводят кур. Бройлеры могут быть получены из яиц всего за 6—8 нед. Частично это объясняется тем, что поскольку курица откладывает большое яйцо, то и вылупившийся цыпленок гораздо крупнее, чем только что выклюнувшаяся личинка рыбы или беспозвоночного. Рыбоводам удалось добиться увеличения темпа роста таких рыб, как канальный сомик, по сравнению с наблюдаемым в природе.

Самки канального сомика выметывают в среднем примерно 6600 икринок на 1 кг своей массы (Clemens and Sneed, 1957). Эта величина до некоторой степени варьирует в зависимости от возраста и общего состояния взрослой самки. Мальки массой 20 мг при благоприятных условиях окружающей среды и полноценном питании могут достичь товарного размера (0,5 кг) за 6—10 мес, хотя многие рыбоводы не реализуют сомиков моложе 18 мес (в первое лето рост идет медленно, длина сеголетков составляет около 10 см; товарных размеров рыба достигает в течение следующего лета). Для обеспечения мальками типичного рыбоводного хозяйства достаточно иметь всего нескольких взрослых сомиков и нет необходимости содержать большое число производителей.

Икра тилапии по размерам сходна с икрой канального сомика, однако самки обычно выметывают 75—250 икринок (Bardach et al., 1972). Но поскольку тилапия в отличие от сомика размножается несколько раз в году, то годовая продукция икры на 1 кг массы самок этих двух видов почти одинакова.

Было высказано предположение, что рыб, откладывающих крупную икру, можно выращивать быстрее, чем канального сомика и тилапию, так как мальки в этом случае также крупнее. На основании изложенного выше, такая гипотеза представляется разумной. Остается теперь найти виды рыб (или беспозвоночных), дающих крупную икру. Одним из таких видов является морской сом (*Bagre marinus*) из семейства Ariidae. Эта морская рыба пользуется широким спросом у населения в отличие от родственного ей *Arius felis*. Самка *B. marinus* выметывает икру диаметром

свыше 1 см. Самец подхватывает икринки, и они развиваются у него во рту до полного израсходования запасов питательных веществ желточного мешка, после чего мальки покидают свое убежище и начинают питаться самостоятельно. Процесс инкубации у *V. marginus* впервые описан Гаджером (Gudger, 1918). В случае опасности мальки, только начавшие самостоятельно питаться, возвращаются в ротовую полость взрослой рыбы. Благодаря такой защите, а также потому, что масса только что выклюнувшихся мальков составляет несколько граммов, выживаемость обычно высока, если родительская опека продолжается достаточно долго. По этим же причинам *V. marginus* не может рассматриваться как возможный объект культивирования.

Число икринок, которое каждый самец *V. marginus* может носить в ротовой полости, ограничено, что обуславливает низкую плодовитость самок. В то время как большинство видов рыб ежегодно мечут сотни, тысячи и даже миллионы икринок, морской сом — обычно меньше 50 шт.

V. marginus, откладывающий такую крупную икру, — исключение среди морских рыб. Большинство из них выметывают огромное число мелких икринок в воду, где икра оплодотворяется и без всякой опеки родителей развивается, после чего происходит выклев личинок. Многие виды морских рыб нерестятся в открытом море, и личинкам приходится отыскивать путь в эстуарии, где они находят необходимые условия для нагула. Шансов на выживание отдельной особи очень мало, но вероятность того, что каждая нерестящаяся пара оставит достаточное для воспроизводства потомство, высока, так как эти рыбы очень плодовиты.

Тепловодные морские животные, культивируемые в США, характеризуются высокой плодовитостью. При нересте *Sciaenops ocellata*, *Pogonias chromis*, *Paralichthys lethostigma* и *P. dentatus* на одну самку могут приходиться сотни тысяч мелких икринок. Хотя для содержания большой популяции достаточно нескольких производителей, выращивание мальков и кормовых организмов для них часто требует сложного оборудования (см. главу 5). Как только такие мальки достигают размера мальков канального сомика и переходят на искусственный корм, скорость их роста становится во многих случаях сопоставимой с ростом тех культивируемых видов, которые имеют более крупную икру. Откладывание большого числа яиц характерно также для морских беспозвоночных. При этом выращивание их личинок представляет еще большую сложность, чем у рыб.

МЕТОДЫ РАЗМНОЖЕНИЯ

КАНАЛЬНЫЙ СОМИК

Многие особи маточного стада канального сомика, используемые рыбоведами США, получены при близкородственном скрещивании. Кроме того, часто начинающие рыбоводы приобретают рыб-

производителей у более опытных рыбоводов. Если проследить историю такого обмена, может оказаться, что большинство культивируемых в настоящее время *Ictalurus punctatus* было получено от сравнительно небольшой природной популяции рыб. Многие рыбоводы считают, что сомик из природных популяций плохо разводится в неволе, поэтому при выборе производителей они предпочитают одомашненных рыб. Кроме того, в природных популяциях канального сомика в США встречаются отдельные особи, полученные в искусственных условиях (результат работ по разведению и случайных уходов культивируемых рыб за пределы хозяйства).

В природе попадаются экземпляры канального сомика массой свыше 20 кг, но большинство рыб из маточного стада в условиях аквакультуры весят 0,9—4,5 кг (Martin, 1967). Такие относительно мелкие рыбы используются для разведения потому, что с крупными рыбами труднее работать. Кроме того, с ростом плодовитость самок несколько уменьшается и количество жизнеспособной икры, полученной от крупной (и от старой) рыбы, также сокращается. Самки канального сомика массой 0,5—1,8 кг выметывают около 8800 икринок на 1 кг своей массы, в то время как рыбы крупнее 1,8 кг — в среднем около 6600 икринок (Clemens and Sneed, 1957).

Нерест канального сомика происходит поздней весной и летом в зависимости от расовых особенностей и ареала. Обычно на материковой части США нерест происходит не раньше мая, а заканчивается в начале августа, хотя бывают и исключения. Температура нереста обычно составляет 21—29 °С (Clemens and Sneed, 1957).

После нереста плотность посадки рыб-производителей в прудах составляет 375 шт./га (Nelson, 1960), но возможна и более высокая плотность (Martin, 1967). Вне нерестового периода маточное стадо кормят так, как и товарную рыбу. В корм производителей рекомендуется включать также мелких карповых рыб и речных раков (Canfield, 1974). Поздней зимой и ранней весной, когда происходит созревание гонад, в рацион рыб часто включают говяжью печень, сердце и другие свежие мясные продукты, хотя действительная потребность производителей в этих добавках не установлена. Тем не менее считается, что во время созревания гонад потребности рыб в минеральных веществах и витаминах увеличиваются и свежие мясные продукты лучше удовлетворяют их, чем гранулированный корм. Хорошие результаты нереста канального сомика были получены после кормления производителей печенью, почками и мясом других органов или искусственными кормами и введением в рацион в качестве добавки пимефалес *Pimephales promelas*.

На протяжении большей части года различить пол у канального сомика трудно, однако в нерестовый период становятся заметными некоторые вторичные половые признаки. Брюшко самок вследствие развития ооцитов делается округлым. Яичники стано-

вятся мягкими и прощупываются, половое отверстие увеличивается и воспаляется (Clemens and Sneed, 1957). У самцов голова несколько шире остального тела (у самок обычно наоборот), на нижней челюсти и брюшке появляются темноокрашенные участки, а половой сосок четко выделяется и становится трубчатым (Clemens and Sneed, 1957).

Перед нерестом производителей отлавливают из нагульных прудов для селекции и посадки в нерестовые пруды, садки или аквариумы (рис. 6.2). Во время нереста с рыбами необходимо обращаться осторожно, не допускать их длительного пребывания на воздухе. Однако специальные меры предосторожности обычно не требуются и операции, производимые с рыбами в это время, отрицательно не отражаются на последующем нересте.

Размножение в пруду. Можно считать, что разведение канального сомика в неволе началось в 1890-х годах (Martin, 1967), после того как было обнаружено, что этот вид хорошо размножается в прудах, где имеются какие-либо гнезда для откладки икры. В природе канальные сомики часто нерестятся под корягами или во впадинах вдоль берегов реки. Для их разведения в прудах обычно необходимы искусственные нерестилища, поскольку естественных подходящих мест для нереста там нет.

В качестве искусственных контейнеров для нереста используются различные емкости, в том числе канистры из-под молока или сливок (рис. 6.3), металлические бочки, пивные бочонки, керамические или бетонные дренажные трубы, а также выпускаемые промышленностью специальные нерестовые кон-



Рис. 6.2. Рыба, показанная на снимке, имеет характерный максимальный размер для производителей, используемых в хозяйствах

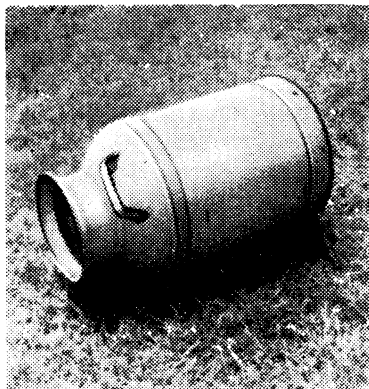


Рис. 6.3. Молочные канистры, которые можно использовать в качестве нерестовых емкостей для сомика

тейнеры. Число гнезд, которые следует разместить в нерестовом пруду в соответствии с количеством размножающихся рыб, зависит от того, будет ли икра развиваться в пруду или ее необходимо извлекать и инкубировать в помещении. В первом случае продолжительность использования каждой емкости увеличивается и поэтому в пруд следует помещать больше гнезд. Обычно гнезд меньше, чем размножающихся пар.

При нересте в прудах плотность посадки рыб составляет примерно 60—375 шт./га (Martin, 1967). В одних случаях в пруд сажают больше самок, чем самцов (например, четыре самки на каждые три самца), в других — равное число самок и самцов. Поскольку каждый самец может оплодотворить икру от двух или более самок, нет смысла сажать в пруд больше самцов, чем самок.

Искусственные гнезда для нереста размещают на глубине 15—150 см открытым концом в сторону середины пруда. Если гнездо открыто с обеих сторон (например, дренажные трубы), его следует располагать одним концом вплотную к берегу, чтобы закрыть отверстие. После посадки рыб в водоем может возникнуть необходимость в ежедневной проверке гнезд. Но, если потревожить рыбу во время нереста, она может его прервать, поэтому многие рыбоводы предпочитают проверять нерестилища только 2 или 3 раза в неделю. Такие проверки полезны даже тогда, когда икру оставляют для развития в пруду, так как позволяют определить результаты нереста и, по крайней мере, приблизительно оценить количество мальков. Если икра будет инкубироваться в помещении, проверок с трехдневными интервалами достаточно, чтобы успеть собрать ее из пруда до выклева личинок, так как при нормальной температуре личинки появляются как минимум через пять дней после нереста.

При проверке искусственных гнезд для нереста следует соблюдать определенную осторожность. После размножения самец охраняет развивающуюся икру и аэрирует ее взмахами своих плавников. Во время нерестового и инкубационного периодов самец часто становится довольно агрессивным и может больно укусить человека, который неосторожно сунет руку в охраняемое гнездо. Обычно лучше всего поднять контейнер к поверхности и медленно выливать из него воду до появления икры. Это уменьшает стрессовое воздействие на самца (или обеих рыб, если они еще нерестятся). Если рыб потревожить во время нереста или инкубации, можно разрушить кладку.

Размножение в садках. При размножении рыб в прудах контролировать каждое отдельное спаривание невозможно, за исключением тех случаев, когда в пруд сажают по одной паре рыб или используют одного самца на нескольких самок. Поскольку это невыгодно, разработаны другие способы изоляции спаривающихся рыб. Одним из наиболее широко распространенных методов является размножение в садках (рис. 6.4).

Садки могут быть установлены по краям пруда или на середине. Установка по краям имеет несколько преимуществ. Напри-

мер, берег пруда можно использовать как одну стенку каждого садка, что значительно упрощает доступ к садкам. Число садков, размещаемых в каждом пруду, различно, но качество воды при этом не должно ухудшаться. Максимальная плотность посадки производителей (из расчета на пруд) должна быть близкой к величинам, указанным выше для размножения в прудах. Садки обычно представляют собой деревянный каркас, обтянутый стальной проволочной сеткой. Ячейка должна быть достаточно мелкой, чтобы рыбы не проходили через нее. Для предотвращения ухода рыб под стенку садка его дно должно находиться под поверхностью донного осадка. Размеры садков обычно не превышают 2×3 м.

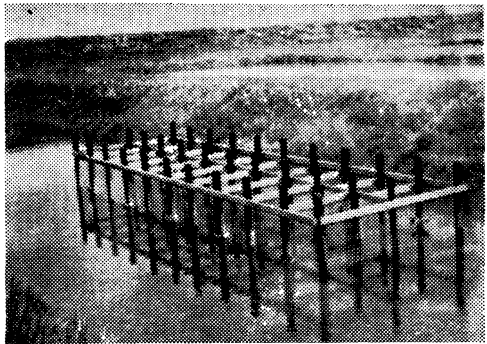


Рис. 6.4. Нерестовые садки для канального сомика, установленные в пруду площадью 0,1 га

В каждый такой садок вместе с отобранной парой производителей необходимо поместить подходящее гнездо для нереста. Пол следует определять тщательно не только потому, что если два самца или две самки окажутся вместе, то размножения не произойдет, но и из-за того, что в первом случае (два самца вместе) они могут подраться и это приведет к гибели одного или обоих самцов. Самка должна быть несколько меньше самца, который охраняет кладку икры. Сразу после нереста между взрослыми рыбами часто возникают драки, и, если самец недостаточно крупный, самка может отогнать его от гнезда или убить, после чего она теряет интерес к икринкам (и они гибнут) или съедает их. После нереста самку необходимо как можно скорее удалить из садка. Если икру для инкубации забирают, в садок можно посадить вторую самку или самца также удалить и поместить в садок новую пару производителей.

Размножение в аквариумах. Этот метод, разработанный Клеменсом и Снидом (Clemens and Sneed, 1962), позволяет в значительной степени контролировать процесс размножения сомика; однако для получения большого количества мальков он не особенно пригоден. Метод наиболее удобен, когда необходимо непосредственное наблюдение за процессом размножения, например в лабораториях по изучению поведения рыб. При использовании этого метода самкам для стимуляции нереста делают инъекции гормонов. Хотя это и необязательно, гормональные инъекции могут также применяться при размножении рыб в садках. Самцам гормоны не вводят независимо от способа размножения.

Гормоны стимулируют не развитие гонад, а только начало ову-

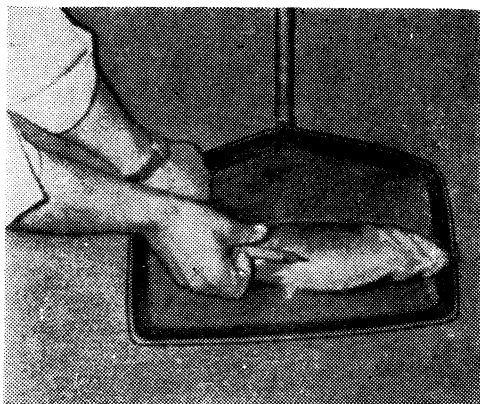


Рис. 6.5. Внутривбрюшинная инъекция гормона взрослой самке канального сомика

ляции. Если резорбция икры (например, у самок, не отнерестившихся вовремя из-за неблагоприятных условий) уже началась, гормональные инъекции не помогут.

Наиболее распространенные гормоны, используемые при культивировании канального сомика,— вытяжка из гипофиза рыб (чаще всего карпа) и человеческий хорионический гонадотропин (ЧХГ). Первый обычно получают путем извлечения гипофиза из рыбы-донора и приготовления

свежего или ацетонированного экстракта. ЧХГ, как правило, поставляется фармацевтическими фирмами. Его главный недостаток — высокая стоимость, особенно если инъекции делаются в массовом количестве.

Гормоны вводят шприцем внутривбрюшинно или внутримышечно (рис. 6.5). Для предотвращения вторичных инфекций вместе с гормоном часто вводят 10 000 ИЕ пенициллина. Нерест обычно наступает после введения 13 мг вытяжки гипофиза на 1 кг массы рыбы (Clemens and Sneed, 1962) или в среднем 1760 мг/кг хорионического гонадотропина на 1 кг рыбы (Sneed and Clemens, 1959).

Аквариумы, в которых происходит размножение, должны быть проточными и достаточно крупными, чтобы рыбы при спаривании могли свободно в них перемещаться. После введения самке гормонов за рыбами устанавливают постоянное наблюдение, чтобы их можно было устранить из аквариума сразу же после завершения нереста. Если в течение 24 ч после первой инъекции нереста не происходит, может потребоваться дополнительная инъекция. Если нереста не происходит после трех—пяти инъекций, самку необходимо заменить, так как она может быть не способна к размножению. При таком методе размножения икра практически всегда инкубируется в искусственных условиях.

Развитие икры и выклев личинок. Кладка икры канального сомика представляет собой желтую клейкую массу. Самец берет ее во время развития, как уже описывалось, а также охраняет мальков в течение нескольких дней после выклева до тех пор, пока они сами не смогут добывать себе пищу.

Размножение канального сомика происходит при температуре воды от 21 до 29°C (Clemens and Sneed, 1957), а оптимальная температура для выклева личинок 18—29°C (Martin, 1967). Если икра извлекается из гнезда и инкубируется в аппаратах, то температура в них может несколько отличаться от той, что была в

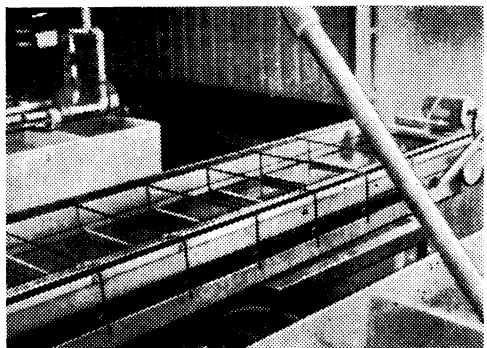
пруду или аквариуме, где происходил нерест, но резких изменений ее, особенно по сравнению с оптимальной, следует избегать. При 21—29°C выклев мальков происходит через 5—10 дней (Тооле, 1951). Эмбриональное развитие канального сомика рассматривалось в работах Мерффи (Murphree, 1940), Клеменса и Снида (Clemens and Sneed, 1957), Саксены и др. (Saksena et al., 1961).

Если выклев личинок происходит в пруду под наблюдением самца, мальки еще несколько дней после выклева остаются в гнезде и их можно извлечь, отогнав самца и перелив воду с личинками в подходящий контейнер для транспортировки в выростной пруд. Либо можно выловить из пруда отнерестившихся производителей и оставить там мальков до наступления стадии сеголетков. Третий способ заключается в извлечении икры из гнезд и инкубации ее в искусственных условиях.

Одним из преимуществ инкубации икры в инкубационных аппаратах является возможность быстрого повторного использования контейнеров для нереста другой пары рыб. Это особенно желательно, как уже отмечалось, при размножении в садках. Кроме того, при инкубации в аппаратах можно точно подсчитать количество выклюнувшихся личинок, а также убедиться в том, что личинки перед выпуском в выростной пруд перешли на искусственный корм.

Икру канального сомика можно инкубировать в сосудах с проточной водой, как когда-то практиковалось на лососевых питомниках (Canfield, 1974). Однако в большинстве случаев для этого используют желоба. Первый желоб для личинок сомика был описан Клаппом (Clapp, 1929). Он представлял собой небольшой канал, в котором вращались насаженные на вал лопасти. Вал приводился в движение водяным колесом, находящимся за пределами лаборатории. В настоящее время лопасти вращаются от электродвигателя (рис. 6.6), но грозы, весьма частые на юге США в период выклева, часто выводят из строя электрооборудование, что заставляет думать о возврате к водяному колесу. Процент выклева личинок в желобах обычно высокий, если принимаются соответ-

Рис. 6.6. Два типа лотков для инкубации икры канального сомика. Модель на переднем плане имеет ряд лопастей, которые движутся возвратно-поступательно; модель на заднем плане имеет более традиционные вращающиеся лопасти. Второй инкубационный лоток разделен на отсеки с корзинами для индивидуального нереста, позволяющими выращивать мальков отдельными партиями, что облегчает сравнение результатов селекции



ствующие меры против грибковых и бактериальных заболеваний икры (см. главу 7). Выживаемость личинок, как правило, также высокая.

Зарыбление прудов мальками. Перед выпуском мальков в пруд его следует обработать, чтобы избавиться от хищников и нежелательной растительности; необходимым условием является также цветение фитопланктона. Наилучший способ подготовки пруда к зарыблению мальками — осушение осенью или, по крайней мере, ранней весной (пруд должен высохнуть полностью). Затем его можно обработать гербицидами (до или после заполнения водой); массовое развитие планктона должно начинаться ранней весной до выпуска в него рыб. Эти методы были рассмотрены в главе 3.

Если мальков оставляют для выращивания в том же пруду, где они вывелись, его необходимо тщательно подготовить, как указывалось выше. Число посаженных мальков не должно превышать 625 000 на 1 га (Martin, 1967). Нормальная плотность посадки в специально подготовленный пруд составляет 125 000—625 000 шт./га (Martin, 1967). Мальков можно содержать также в удобряемых прудах и подкармливать до тех пор, пока они не достигнут размеров сеголетка (нескольких сантиметров).

При инкубации икры в искусственных условиях личинок на период рассасывания желточного мешка (неделя после выклева) можно пересаживать в небольшие лабораторные лотки и содержать там до тех пор, пока они не начнут брать искусственный корм. Резорбция желточного мешка сопровождается изменением цвета личинки от розового или оранжевого до черного. После перехода на активное питание личинки, до этого времени находившиеся около дна лотка, поднимаются к поверхности. Для достижения оптимальной скорости роста личинкам в это время необходим полноценный корм с высоким содержанием белка (см. главу 5). Одно время для кормления личинок использовали желток сваренных вкрутую яиц, детское питание, фарш из печени. В настоящее время эти продукты, как правило, заменяют форелевым стартовым кормом, который сбалансирован по всем необходимым ингредиентам и меньше загрязняет выростные емкости.

После того как молодь привыкнет к искусственному корму, ее можно пересадить в удобряемые пруды с указанной выше плотностью посадки. Точной продолжительности содержания личинок в лотках не существует, но обычно рыб пересаживают в пруды до того, как их длина превысит 2—4 см.

Во многих районах США, где культивируют канального сомика, сеголетки в течение первого года жизни содержатся при плотности 50 000 шт./га. Далее плотность посадки уменьшается, и на второй год выращивания рыб рассаживают в выростные пруды. В некоторых частях Флориды и Техаса можно вырастить сомика от икры до товарного размера за один сезон. В этом случае необходимо содержать мальков при более низкой плотности посадки, чем когда они растут два сезона. При хорошем уходе за прудами

ежегодная величина товарной продукции может превысить 3000 кг/га, а в бассейнах, каналах и садках плотность посадки должна быть выше (см. главу 2).

ЛОБАН

Нерест лобана (*Mugil cephalus*) вдоль Юго-Восточного побережья США обычно происходит с октября по февраль, пик размножения наблюдается с ноября по январь (Anderson, 1958). Каждая нерестящаяся самка может выметывать в воду от 1,2 до 2,7 млн. икринок. Для культивирования этой рыбы в больших хозяйствах достаточно несколько взрослых особей при условии высокой выживаемости. Икра лобана оплодотворяется сразу после ее вымета в воду и остается там на время инкубации. В зависимости от температуры воды развитие икры продолжается не более 48 ч.

Размножение кефали (лобана или других близких видов) в неволе впервые наблюдалось у рыб из природных популяций, которые были отловлены уже готовыми к нересту (Sanzo, 1936; Anderson, 1957; Yang and Kim, 1962). Культивирование кефали базировалось в основном на мальках из природных популяций до тех пор, пока исследования не показали, что нерест у отловленных рыб можно индуцировать с помощью гормональных инъекций (Tang, 1964; Liao, 1969; Yashouv, 1969). С тех пор работы по культивированию кефали, ведущиеся в США и прежде всего на Гавайях, связаны главным образом с размножением и выращиванием ее в искусственных условиях.

Нерест лобана индуцировали путем введения зрелым самкам различных гормонов, в том числе гипофиза лососевых (Shehadeh and Ellis, 1970; Shehadeh et al., 1973a), гипофиза карповых (Yashouv, 1969), ЧХГ (Kuo et al., 1973b) и других гонадотропных гормонов млекопитающих (Shehadeh et al., 1973c). Начало развития яичников можно стимулировать изменением температуры и продолжительности светового периода (Kuo et al., 1974a), однако успешный нерест происходит, по-видимому, только тогда, когда применяются гормональные инъекции. Их необходимо проводить на определенной стадии развития ооцитов, иначе может начаться их резорбция. Регулирование развития яичников путем изменения температуры и продолжительности светового периода позволяет увеличить частоту нереста каждой отдельной рыбы и сделать нерест круглогодичным (Kuo et al., 1974a).

Определить стадию развития ооцитов путем внешнего осмотра самки лобана невозможно; необходимо прямое исследование икры. Для этого в яйцевод вводят щуп и извлекают несколько икринок (Shehadeh et al., 1973b). Инъекцию гормонов обычно делают, когда размер ооцитов превысит 650 мкм (Kuo et al., 1974b). Рекомендуемые дозы для наиболее широко используемых гормонов приведены в работах Куо и др. (Kuo et al., 1973b, 1974b).

Выращивание личинок лобана рассматривалось в работе Нэша и др. (Nash et al., 1974). Икру, полученную от инъекцированных са-

мок и оплодотворенную самцами, которым гормоны не вводились, инкубировали при высокой плотности в течение 12 ч в воде температурой 22°C и соленостью 21‰. Затем икру переносили в специальные выростные бассейны из расчета 250 икринок на 1 л воды и содержали там до окончания инкубации. Для предотвращения возникновения бактериальной инфекции в воду добавляли антибиотики. Температура воды, в которой развивается икра, может колебаться от 10 до 24°C, но оптимальной считается 22°C. При температуре 21—24°C развитие икры завершается в течение 36 ч, наибольшая выживаемость также наблюдается в этом температурном интервале. Эмбриональное развитие *Mugil cephalus* описано Лиао и др. (Liao et al., 1971) и Куо и др. (Kuo et al., 1973a).

Длина только что выклюнувшихся личинок несколько превышает 2,5 мм (Nash et al., 1974). Личинок начинают кормить на третий день после выклева. В качестве живого корма используют личинок устриц и морских ежей, *Artemia salina* (Liao et al., 1971; Kuo et al., 1973a); а также фитопланктон (Nash et al., 1974). Выживаемость личинок зависит от метода содержания; в одном из проведенных исследований выживаемость составила 0,2—5% выклюнувшихся личинок (Kuo et al., 1973a). На выживаемость, очевидно, влияют плотность посадки личинок и размер выростных бассейнов, а также способ аэрации (Nash et al., 1974). Поскольку плодовитость лобана очень высока, низкая выживаемость приемлема, особенно если максимальная смертность наблюдается до выклева личинок или сразу после него, когда затраты на их выращивание еще не слишком велики.

ПЕНЕИДНЫЕ КРЕВЕТКИ

Различные пенеидные креветки являются объектом промысла во всем мире, а некоторые из них представляют интерес для аквакультуры или уже культивируются. В США культивируют три самых распространенных тепловодных вида, обитающих у Юго-Восточного Атлантического и Мексиканского побережий,— *Penaeus setiferus*, *P. duorarum* и *P. aztecus*. Потенциальный интерес представляют также два вида, обитающих в тропических водах Латинской Америки, так как в условиях культивирования они обнаруживают некоторые преимущества по сравнению с видами, обитающими в США, это — *P. stylirostris* и *P. vannamei*. До сих пор культивирование креветок в США остается на стадии эксперимента, поскольку в искусственных условиях не удается добиться завершения жизненного цикла этих животных.

Пенеидные креветки легко нерестятся в неволе, и их развитие от личиночной и ювенильной стадий до товарного размера проходит вполне успешно. Однако в искусственных условиях развития гонад и спаривания обычно не происходит и каждый год приходится отлавливать икранных или незрелых самок из естественных условий.

Отлов икраных самок, как правило, производят путем траления во время сезона размножения в местах, где отмечается высокая концентрация взрослых особей. Необходимый опыт по отлову половозрелых самок был накоплен во многих прибрежных районах США. Икраные самки должны иметь сперматофоры (мешочки со спермиями, которые самцы переносят к самке во время копуляции), прикрепленные к брюшку. Во время траления и последующих операций необходима особая осторожность, поскольку сперматофоры у *P. setiferus* могут легко оторваться. Для снижения смертности продолжительность траления должна быть минимальной независимо от отлавливаемого вида.

Развитие яичников у креветок можно стимулировать методом ампутации глазного стебелька (Caillouet, 1972), что ускоряет выделение гормонов. Однако икра, развивающаяся в результате применения этого метода, часто плохого качества и процент оплодотворения низкий. Это может объясняться слишком быстрым развитием, при котором икра не успевает усвоить в полном объеме все питательные вещества, необходимые для развития зародышей. Возможны и другие причины. В различных лабораториях проводятся исследования с целью разработки других методов стимуляции развития самок креветок, которое происходило бы с более приемлемой скоростью. Как только эта проблема будет решена, промышленное культивирование креветок станет более реальным как с биологической, так и с экономической точки зрения.

Для нереста в лабораторных условиях каждую зрелую отловленную в море самку с прикрепленным сперматофором помещают в нерестовую камеру. Нерест происходит в течение 24 ч после посадки, часто ночью. Отнерестившихся самок убирают из камеры, а икру оставляют при 24°C. Эта температура считается оптимальной для инкубации. Спустя 12—16 ч происходит выклев личинок (Cook and Murphy, 1969).

Каждая из трех американских креветок, представляющих интерес для промышленного культивирования (*P. setiferus*, *P. duorarum* и *P. aztecus*), проходит после выклева ряд сходных личиночных стадий: пять науплиальных (непитающиеся стадии), три протозоа, три мизидных и несколько постличиночных (Pearson, 1939; Heegaard, 1953; Dobkin, 1961; Cook and Murphy, 1971). После этого креветка достигает ювенильной стадии и приобретает форму тела, свойственную взрослой особи.

Личинки пенеидных креветок начинают питаться на второй стадии протозоа (Cook and Murphy, 1969). Пищей для них служат различные виды фитопланктона, который можно культивировать в искусственных условиях в больших количествах. Когда личинки достигнут мизидной стадии, их можно кормить смесью фитопланктона и науплиев артемии (*Artemia salina*) или других представителей зоопланктона. Серьезной проблемой при разведении креветок является каннибализм, хотя из тысяч икринок, полученных от каждой самки, удается вырастить десятки или сотни взрослых особей. Креветок на постличиночной стадии можно поме-

щать в удобряемые пруды и кормить искусственным кормом. Методы размножения и выращивания личинок пенеидных креветок описаны Хейненом (Heinen, 1976).

Некоторые рыбоводы вместо разведения креветок в искусственных условиях предпочитают выращивать молодь, отловленную из природных популяций с помощью тралов или ловушек. Иногда креветки заходят в пруды во время приливов вместе с прибывающей водой. При этом возникает серьезная проблема борьбы с хищниками и другими вселенцами, которых необходимо удалять из прудов. Роуз (Rose, 1975) выпускал помеченных креветок, полученных из икры в искусственных условиях, в пруды, где не было других животных, и в пруды с креветками, зашедшими из моря во время прилива. Выживаемость креветок была в 4 раза больше в тех прудах, где хищников не было. В прудах, заливаемых во время приливов, содержалось большое число особей голубого краба (*Callinectes sapidus*) и различных видов рыб, в то же время биомасса креветок была небольшой, что свидетельствует о непригодности этого метода для культивирования товарных креветок.

ПРЕСНОВОДНЫЕ КРЕВЕТКИ

Macrobrachium rosenbergii — наиболее распространенный вид пресноводных креветок, культивируемых в настоящее время. Это может быть связано в некоторой степени с большей изученностью *M. rosenbergii*. Биология и полный цикл развития ее были впервые описаны и проведены в лабораторных условиях. Кроме того, скорость роста, максимальные размеры и адаптация к условиям культивирования у *M. rosenbergii* оптимальные, в то время как многие другие одомашненные креветки рода *Macrobrachium* уступают этому виду в том или ином отношении.

Гудвин и Хансон (Goodwin and Hanson, 1974) сделали обзор современных методов культивирования *Macrobrachium rosenbergii*. Особое внимание они уделили работам, проводимым на Гавайях, где было выполнено значительное число всех исследований этого вида. На Гавайях и в других районах со сходным климатом *M. rosenbergii* размножаются круглый год и могут содержаться в прудах или бассейнах. В зонах умеренного климата часто необходимо переводить креветок на зиму в помещение, чтобы они не погибли от низкой температуры (минимальная температура для этого вида 10—12 °С). Взрослые самцы размножаются в любое время и по достижении половой зрелости не линяют, а самки перед нерестом претерпевают линьку. Производителей обоих полов следует содержать вместе, так как самцы защищают самок от каннибализма во время преднерестовой линьки.

Типичная взрослая самка (рис. 6.7) откладывает до 3000 икринок за нерест и может размножаться дважды в течение 5 мес. Икра выбрасывается и прикрепляется к плеоподам самки спустя 6—20 ч после спаривания; развитие икры продолжается обычно около 19 дней.

В природе самки *Macrobrachium rosenbergii* мигрируют для размножения в солоноватые воды, поэтому одним из условий лабораторного выращивания личинок является низкая соленость воды. Развитие икры *M. rosenbergii* и выклев личинок могут происходить и в пресной воде, но в такой среде личинки проживут всего несколько дней, если их не перевести в воду с более высокой соленостью. В большинстве случаев для выклева и развития личинок используют воду соленостью 12‰. До метаморфоза планктонные личинки претерпевают 11 линек. Питание начинается через 24—48 ч после выклева. Пищей служат науплии *Artemia salina* и другие виды зоопланктона.

Развитие личинок зависит от температуры и солености, оптимальными считаются температура 29 °С и соленость 12‰. При этих условиях постличинки могут быть получены спустя 35—40 дней. Постличинки *Macrobrachium rosenbergii* переходят к донному образу жизни и в природе начинают миграцию вверх по течению, поэтому при культивировании этих креветок после достижения постличиночной стадии необходимо постепенно уменьшать соленость, пока вода не станет пресной. Остальная часть жизненного цикла проходит в пресной воде, хотя зрелых самок, используемых в качестве производителей, на некоторое время помещают для нереста в соленую воду.

Молодь *Macrobrachium rosenbergii* можно выращивать в интенсивных или экстенсивных условиях на искусственных кормах различного состава. Пищевые потребности пресноводных креветок не изучены, но корма приемлемого качества разработаны.

РЕЧНЫЕ РАКИ

Красный болотный рак (*Procambarus clarkii*) и белый речной рак (*P. acutus*) в штате Луизиана размножаются в мае и июне (Avault, 1972; LaCaze, 1976), после чего самки начинают рыть норы в дне пруда. Если пруды открытые, то рытье нор происходит у уреза воды. Обычно в прудовых хозяйствах в июне пруды спускают, чтобы стимулировать самок к рытью нор. Норы речных раков могут представлять собой сложные сооружения глубиной 1 м и более. На поверхности может быть только кучка ила или небольшой вертикальный канал глубиной несколько сантиметров (Avault, 1972).

В каждой норе могут находиться одна самка или самка вместе с самцом. В последнем случае спаривание может продолжаться в норе (LaCaze, 1976). Во время спаривания самец переносит сперму на воспринимающий орган самки. Выброс икры и ее оплодотворение происходят не ранее сентября, после чего она остается прикрепленной к материнской особи при помощи клейкого вещества (LaCaze, 1976). Выклев личинок красного болотного рака происходит через две-три недели после оплодотворения яиц, у белого речного рака — на три — восемь дней позже (Avault, 1972; LaCaze, 1976). Отмечалось (LaCaze, 1976), что среднее число молоди, по-

лученной от одной самки красного болотного рака, составляло 400 экз. (не вся икра развивается благополучно), максимальное количество — 700 экз. У белого речного рака потомство несколько меньше.

В октябре, когда наблюдается максимум выклева личинок, необходимо вновь заполнить пруды. При достаточном количестве воды молодь рака, которая была прикреплена к абдомену самки, переходит на свободное плавание в толще воды. В это время длина молоди составляет примерно 1 см. Если воды мало, выброс молоди произойдет внутри нор, где скученность и недостаток пищи замедляют ее развитие. В некоторых случаях самки покидают норы и ползут по суше в поисках воды. Во время таких миграций самки погибают от высыхания и хищников (LaCaze, 1976). Разумеется, при культивировании раков необходимо создавать такие условия, при которых производителям и их потомству не пришлось бы искать более благоприятных условий.

В период роста молоди возможными осложнениями являются дефицит кислорода и перенаселение. Правильная биотехника позволяет устранить эти проблемы (Avault et al., 1974).

УСТРИЦЫ

Культивирование устриц, успешно осуществляемое в Европе и на Востоке (особенно в Японии), в США менее развито. В настоящее время устриц разводят на Атлантическом, Тихоокеанском и Мексиканском побережьях, хотя общая продукция от такого культивирования остается незначительной по сравнению с той, которую получают путем сбора моллюсков из природных популяций. Внимание тех, кто занимается культивированием устриц в США, обращено к трем видам этих животных, хотя два из них — *Crassostrea gigas* (гигантская устрица) и *Ostrea edulis* (европейская устрица) — относятся к холодолюбивым видам и здесь не рассматриваются.

Crassostrea virginica — американская устрица, обитает вдоль Атлантического и Мексиканского побережий США; для ее роста наиболее благоприятны теплые воды. Биология этого вида подробно описана Голтсоффом (Galtsoff, 1964). Для нереста *C. virginica* необходима температура 21—27°C, можно стимулировать размножение моллюска и зимой, выдержав его при температуре 23—24°C в течение 6 нед (Hidu et al., 1969), хотя обычно нерест происходит весной. Наиболее распространенный метод стимуляции нереста заключается в тепловой и химической стимуляции (Loosanoff and Davis, 1963). Температуру воды, в которой содержатся взрослые особи, резко повышают до 30°C и добавляют в нее суспензию спермы погибшего самца. В результате такой обработки каждая самка может давать несколько миллионов яиц.

Оплодотворенные яйца вылавливают из воды мелкочаечистой сетью и переносят в хорошо аэрированную, профильтрованную воду. При температуре 30°C из яиц через 48 ч выклеваются

личинки велигер (Landers, 1968). Личинок кормят природным фитопланктоном (обычно получаемым непрерывным центрифугированием морской воды, поступающей из районов с высокой первичной продуктивностью) или искусственно культивируемым фитопланктоном (Loosanoff and Davis, 1963). В период личиночного развития воду необходимо менять ежедневно.

При температуре 30°C и правильном кормлении метаморфоз может наступить через 10 дней (Landers, 1968). Высокая плотность посадки или недостаток фитопланктона могут быть причинами удлинения личиночных стадий. Оседающих личинок, называемых спатом, обычно помещают в мелкие бассейны с различным субстратом. Таким субстратом для оседания спата часто служат пустые раковины устриц и других двустворчатых моллюсков, хотя можно использовать и другой материал. В зависимости от предполагаемой величины смертности плотность посадки личинок в водоемы для оседания может составлять от 10 до 50 особей на одну устричную раковину (Landers, 1968).

Коллекторы с осевшими личинками можно свободно размещать по дну прудов или специальных участков эстуариев, в выростных водоемах, подвешивать в толще воды с плотов или других сооружений. Последний метод обеспечивает защиту устриц от различных бентосных хищников, например устричных сверл, и довольно широко используется в хозяйствах США (Shaw, 1960, 1962, 1968; Marshall, 1968, 1969; Linton, 1968; May, 1968, 1969). Распределение устричных раковин по эстуарным участкам представляет собой наименее интенсивную форму культивирования и тесно связано с традиционным способом добычи, когда раковины моллюсков после извлечения из них мягкого тела выбрасывают обратно в море, чтобы они использовались в качестве естественного субстрата для оседания личинок. Разница заключается лишь в том, что устрицеводы выставляют в море коллекторы с уже осевшим спатом.

Практикуется также и бесколлекторное выращивание устриц. При этом спат оседает на субстрат в бассейнах, установленных в помещении, и затем его переносят в лотки или желоба, где и происходит рост моллюсков. Когда устрицы становятся достаточно большими, их пересаживают на морские эстуарные участки или весь процесс выращивания осуществляется в помещении. В обоих случаях необходима вода с высоким содержанием фитопланктонных организмов.

Некоторое значение для аквакультуры имеет распространенная практика сбора устриц на загрязненных участках и переноса их на участки с чистой водой. Устриц держат в чистой воде несколько дней, в течение которых токсичные вещества из них удаляются. После этого устриц можно продавать. Хозяйства для культивирования гидробионтов часто используются для проведения таких мероприятий.

История развития устрицеводства описана Лузановым (Loosanoff, 1969). Методы культивирования американской устрицы при-

меняются и для выращивания тихоокеанской устрицы на Западном побережье США. Бриз и Мэлоуф (Breese and Malouf, 1975) описали методы культивирования тихоокеанских устриц, а также способы кормления и выращивания водорослей для кормления молودي.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ СТРАТЕГИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА

В большинстве случаев рыбоводы стараются получить максимальное количество потомства от имеющихся производителей и не обращают внимания на переуплотнение посадочного материала и замедление развития, поскольку большинство культивируемых видов реализуются до достижения ими взрослого состояния. Не вызывают опасений и случайные уходы рыб за пределы хозяйства, так как естественный ареал многих культивируемых видов находится там же, где и хозяйства аквакультуры. Однако в некоторых случаях наблюдается размножение особей, не достигших товарного размера, и поэтому у рыбоводов возрос интерес к культивированию экзотических видов, а это может привести к нежелательному проникновению таких видов в естественную среду. Примером этих двух проблем служат различные виды тилапий, а серьезные последствия случайного вселения белого амура вызвали резкие протесты. В связи с этим ниже рассмотрены методы контроля за перенаселением и проникновением в естественную среду быстро размножающейся тилапии, а также методика гиногенетического разведения популяций белого амура, состоящих только из самок.

ТИЛЯПИЯ

Во многих случаях переуплотнение популяций тилапии и замедление их развития настолько значительны, что товарную рыбу очень трудно, если вообще возможно, получить даже в районах, обеспечивающих длительный период роста. *Tilapia aurea*, часто перенаселяющая пруды (рис. 6.7), вынашивает свое потомство во рту. Самец строит гнездо, в которое самка откладывает икру. После оплодотворения она захватывает икру (обычно 500 шт. или меньше) ртом и вынашивает ее там до выклева мальков. Последние остаются рядом с самкой в течение нескольких дней после выклева и в случае опасности находят у нее убежище. Такое вынашивание мальков в ротовой полости обеспечивает высокую выживаемость, что весьма существенно при культивировании тилапии.

Другой положительной чертой *T. aurea* является многократный нерест каждой самки в течение одного года. Это характерно и для других видов тилапии, причем размеры нерестящихся производителей невелики. Например, *T. mossambica*, как известно, размножается от 6 до 11 раз в году (Chimits, 1955). Некоторые виды тилапии размножаются при длине чуть более 10 см (Atz, 1954).

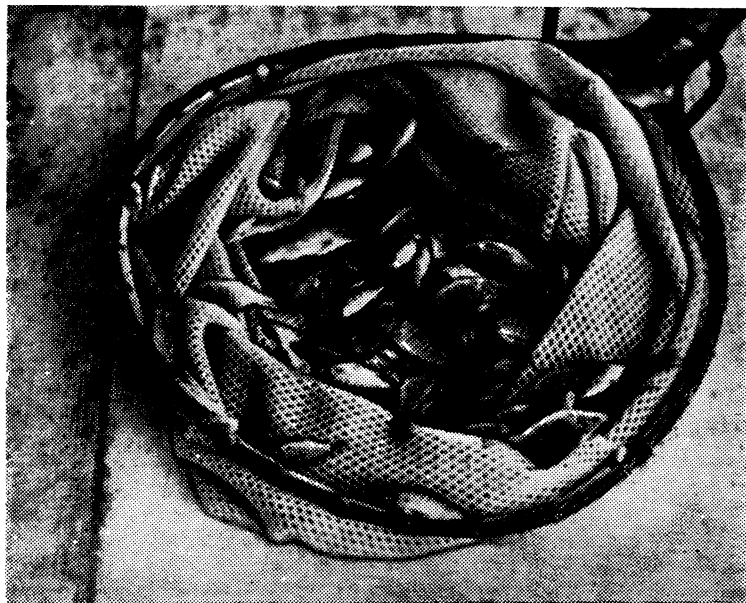


Рис. 6.7. Сачок с *Tilapia* sp. небольших размеров, которую можно выловить в конце сезона выращивания из пруда с повышенной плотностью посадки, где размножение взрослых особей было бесконтрольным. Почти все эти рыбы половозрелые, хотя их длина чуть более 8 см

Потомство такой самки, отнерестившейся первый раз весной, может спариваться с особями более позднего поколения летом этого же года. В случае неконтролируемого размножения перенаселение и прекращение роста рыб неизбежны.

Для предотвращения снижения темпа роста, часто наблюдаемого у тилапии, применяются различные методы. В Центральной и Южной Америке, где *Tilapia aurea* и другие виды получили в последнее время широкое распространение, сделаны попытки контролировать переуплотнение популяций тилапии путем ее совместного разведения с хищными рыбами. Применение этого метода осложняется необходимостью поддерживать определенное соотношение хищник — жертва, что весьма затруднительно даже в течение одного сезона.

Другие методы регулирования численности популяций тилапии включают культивирование в садках, однополоую гибридизацию и изменение пола с помощью гормонов. Культивирование в садках приводит к сокращению или прекращению размножения, так как устраняется возможность постройки гнезд. Выметываемая самкой икра обычно выпадает через дно садка. Как правило, этот метод дает требуемые результаты, но отмечались случаи появления потомства у самок тилапии, содержащихся в садках (Bardach et al., 1972; Pagant-Font, 1975).

Самцы тилапии обычно растут быстрее самок (Chimits, 1955; Lowe-McConnel, 1958; Avault and Shell, 1968), особенно по мере взросления, когда у самок большое количество энергии пищи начинает расходоваться на созревание икры. В связи с этим культивирование популяций тилапии, состоящих из одних самцов, позволяет не только решить проблему перенаселения водоемов, но и получать быстрее растущих рыб. Скрещивание видов *Tilapia mossambica* × *T. aurea* и *T. nilotica* × *T. aurea* дает в потомстве большое количество самцов (Avault and Shell, 1968; Pruginin et al., 1975). В некоторых случаях из всей икры получаются самцы. Значительный недостаток гибридизации состоит в том, что для содержания производителей двух или более видов требуется дополнительное оборудование по сравнению с монокультурой. При таком скрещивании необходимо отобрать производителей обоих полов (которые у некоторых видов тилапий плохо различимы) и после размножения вернуть взрослых особей в соответствующие водоемы, чтобы не произошло смешивания видов.

Была разработана методика выращивания *Tilapia aurea*, при которой все особи, родившиеся в нормальных условиях, превращались в самцов (Guerrero, 1975). Мальков собирают из нерестовых бассейнов или прудов и дают им обычный корм, обработанный 17 α -этинилтестостероном, в количестве 60 мкг препарата на 1 мл корма. Обработанный таким образом корм задают в течение трех недель; увеличение этого срока малоэффективно. Превращение пола у самок достигает 100%. После обработки (которая обычно проводится в бассейнах или каналах) рыб можно пересаживать в пруды или другие выростные емкости. Кормление мальков тилапии искусственным кормом, в том числе обработанным гормонами, не вызывает особых затруднений.

Таким образом, были разработаны методы, предотвращающие перенаселение водоемов с тилапией. Преимуществом однополой гибридизации и получения самцовых популяций путем гормональной обработки является также уменьшение возможности образования из оказавшихся на свободе особей устойчивой природной популяции. Культивирование в садках не предотвращает ухода рыб в случае повреждения ограждений, однако и при таком способе выращивания вероятность образования природной популяции ограничивается, поскольку уменьшаются шансы размножения во время нормального периода роста.

В большинстве районов США образование постоянных популяций тилапии лимитируется ее неустойчивостью к низким температурам. Однако в некоторых частях Флориды и Техаса, в водоемах с теплой водой и обильной растительностью, могут существовать очень большие ее популяции (Germany and Noble, 1977). В этих случаях наблюдается и экспериментально доказано, что размножение таких видов, как большеротый американский черный окунь (*Micropterus salmoides*), подавляется или прекращается, вероятно, из-за конкуренции с тилапией за нерестилища (Noble et al., 1975).

БЕЛЫЙ АМУР

Опасение, что вселение белого амура (*Stenopharyngodon idella*), уничтожающего водную растительность, в естественные воды США приведет к вытеснению местных, более желательных видов рыб, привело к запрету на его разведение в более чем 30 штатах Америки. Таким образом, белый амур, широко культивируемый во всем мире, не может в настоящее время рассматриваться во многих штатах как потенциальный объект аквакультуры.

Белый амур, возможно, никогда не станет распространенным объектом культивирования в США, но некоторые проведенные работы, связанные с разведением однополых популяций этой рыбы, имеют значение как вклад в разработку методов культивирования других видов. В частности, исследования по гиногенетическому развитию мальков белого амура показали, что эта методика выращивания заслуживает внимания.

Гиногенез — развитие яйца после проникновения в него сперматозоида, но без слияния гамет. Другими словами, сперматозоид проникает в зрелое яйцо, но генетический материал, содержащийся в мужской половой клетке, не сливается с женским ядром, хотя происходит стимуляция развития яйца. Выклевывающиеся личинки в большинстве случаев гаплоидны (содержат только половину нормального набора хромосом) и погибают через несколько дней после начала развития. Однако иногда яйцо диплоидно (содержит нормальное число хромосом, характерное для соматических клеток) и развивается в самку. В этом и состоит гиногенетическое размножение. Идея искусственного гиногенеза заключается в получении диплоидных яиц и стимулировании их к делению и развитию.

Было предложено два способа превращения гаплоидных яйцеклеток в диплоидные (Stanley and Sneed, 1974). В первом случае полярное тельце, которое обычно отделяется во время второго мейотического, или редукционного, деления при образовании гаметы, рекомбинирует с ооцитом, в результате чего гаплоидный набор хромосом удваивается. Последующие митотические деления клеток дают диплоидный зародыш. Во втором случае полярное тельце нормально отделяется во время второго мейотического деления и формируется гаплоидное яйцо. После определенной стимуляции хромосомы в яйце реплицируются, как при обычном митозе, но деление клетки неполное. В одном ядре оказываются два набора хромосом и при последующих клеточных делениях образуются зародыш с диплоидным числом хромосом.

Развитие яйцеклеток может происходить и в отсутствие сперматозоидов (Stanley and Sneed, 1974). Достаточно проколоть яйцо иглой, смоченной в сыворотке, и начнется деление. Таким же действием обладает слабый электрический ток, пропущенный через яйцеклетку. Однако, чтобы гиногенетическое развитие протекало более отчетливо, для его стимуляции может быть использована семенная жидкость отдаленно родственных видов или об-

лученная сперма самца того же вида. Радиация (например, рентгеновское излучение) используется для разрушения клеточной ДНК, но ее интенсивность должна быть такой, чтобы сперматозоиды не утратили подвижности.

В каждом из описанных выше случаев гиногенез редко завершается выклевом личинок, так как число яиц, имеющих диплоидный набор хромосом, слишком мало. Увеличение числа диплоидных яйцеклеток может быть достигнуто путем резкого изменения температуры или другим способом. При быстром снижении температуры развитие диплоидных клеток стимулируется, но общее число полученных гиногенетических рыб может составлять лишь небольшой процент от общего числа икринок. Прежде чем этот метод начнет широко применяться, его необходимо усовершенствовать, чтобы увеличить число гиногенетических рыб, получаемых от каждой самки из маточного стада.

ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ

Большинство попыток улучшения породы при культивировании гидробионтов связано с селекционным разведением, хотя генетические последствия таких действий не всегда осознаются достаточно полно. В результате происходит большое количество близкородственных скрещиваний (инбридинг), и в последние годы участились случаи аномального развития, например, канального сомика. Кроме того, в южных районах США произошло расселение многих экзотических видов, таких, как *Macrobrachium rosenbergii* и *Tilapia aurea*, несмотря на то, что первоначально из естественных мест обитания этих животных было завезено лишь по нескольку особей. Таким образом, во многих случаях инбридинг был неизбежным и все его последствия еще не совсем ясны.

При культивировании рыбы в промышленных масштабах вместо работ, связанных с инбридингом, можно рекомендовать производить отбор производителей по таким признакам, как быстрый рост, высокая эффективность усвоения корма, хорошая упитанность и др. Считается, что эти признаки контролируются доминантными генами и за каждый из них «несут ответственность» более одного гена. В большинстве случаев влияние внешней среды на эти характеристики не учитывается, хотя оно может быть значительным. Значительная вариабельность условий окружающей среды, воздействующих на культивируемые виды, может замаскировать влияние генов на некоторые признаки и усложнить селекцию. Например, в тщательно контролируемом эксперименте группа рыб или беспозвоночных могла быть выращена при 30 °C от икры до взрослого состояния. При скрещивании наиболее быстрого растущих особей из этой группы темп роста их потомства был бы также высоким при тех же экспериментальных условиях. Однако, если бы животных первого поколения F_1 поместили в обычную открытую систему культивирования, в которой происходят суточные и сезонные изменения температуры, они могли бы расти даже медленнее, чем особи, полученные от случайного спаривания.

На первый взгляд, выращивание лабораторных линий рыб или беспозвоночных для исследований в области аквакультуры представляется желательным, однако из-за постоянно меняющихся условий в большинстве промышленных хозяйств и из-за различий климата и качества воды в лабораториях, а также из-за разных методов работы получение линий культивируемых животных, podobных белой крысе, представляется маловероятным.

Для успешной селекции необходимо, чтобы признаки, по которым идет отбор, обладали некоторой изменчивостью. Во многих случаях установить такую дисперсию признака в популяции трудно, не говоря уже о количественном ее выражении. Например, доля животных, имеющих необходимую упитанность или содержание жира в организме, может колебаться в пределах нескольких процентов, хотя морфологически рыбы могут быть внешне неразличимы. Если для установления различий животных необходимо умерщвлять и препарировать, то проводить эксперименты по селекции будет очень трудно! Одним из путей решения этой проблемы является скрещивание большого количества особей, мало различающихся по заданным признакам, и последующее изучение проявления этих свойств у потомства. Такие эксперименты очень трудоемки и дорогостоящи, и в настоящее время в США нет лабораторий, где можно было бы проводить крупномасштабные генетические исследования.

Доля общей изменчивости признака внутри популяции животных, связанная с некоторым генетическим влиянием, называется наследуемостью (Dobzhansky, 1970; Strickberger, 1976). Например, наследуемость с коэффициентом 0,0 означает, что корреляция между родителями и потомством по изучаемому признаку отсутствует, а коэффициент 1,0 свидетельствует о том, что потомство и родители идентичны по определенному признаку. При низкой наследуемости для улучшения линий животных могут потребоваться широкомасштабные селекционные эксперименты, включающие многочисленные спаривания и проводимые на протяжении нескольких поколений. Основная информация по наследуемости у сельскохозяйственных животных получена из работ с крупным рогатым скотом и свиньями, и изучение полученных результатов может помочь понять те трудности и возможности, которые ожидают рыбоводов в этой области. В настоящее время данные о наследуемости признаков в тепловодной аквакультуре практически отсутствуют.

Из-за недостатка информации большинство рыбоводов, занимающихся культивированием тепловодных животных, проводят свои селекционные работы по отбору производителей на быстрый рост или другие признаки, которые могут иметь или не иметь высокий уровень наследуемости, но явно заметны. Во многих случаях при таком отборе улучшение признаков животных почти или совсем не достигается. Селекция канального сомика в течение многих генераций велась на рост, хотя заметные положительные результаты практически отсутствуют.

Инбридинг приводит к общей депрессии потомства, снижению жизнеспособности икры и личинок, учащению появления уродств и изменчивости различных количественных показателей. Как уже отмечалось, большое количество подобных скрещиваний наблюдается у экзотических видов, которые были завезены в США. Кроме того, местные культивируемые виды, например канальный сомик, тоже в значительной мере подвергаются инбридингу, поскольку рыбводам не удалось получить новых линий, чтобы «разбавить» ими популяцию производителей. В результате инбридинга у канального сомика наблюдаются, например, деформация хвостового позвонка и учащение случаев появления альбиносов. Инбридинг приводит к увеличению гомозиготности (наличие в генах только одного типа аллелей); хотя это и может способствовать улучшению некоторых признаков, в практике культивирования его следует избегать, за исключением специальных генетических экспериментов, когда есть возможность работать с большим количеством животных.

Гетерозис, или гибридная мощьность, — это реакция организмов на скрещивание с отдаленно родственными особями того же вида. Такое скрещивание, известное как ауткроссинг, может приводить к увеличению гетерозиготности, которое выражается в улучшении общего состояния животных, повышении жизнеспособности икры и т. д. Гибридная мощьность обычно исчезает во втором поколении, так как количество гетерозиготных особей уменьшается. Следовательно, чтобы получить сильное потомство, для скрещивания необходимо содержать две или более родственные линии производителей. В идеале рыбводу хотелось бы иметь отдельные инбредные линии организмов, гомозиготные по нескольким признакам, одну — с доминантными аллелями признака, другую — с рецессивными, и так по каждому признаку. Родительский генотип может быть следующим:

$$\text{Самец} = aa BB cc DD ee;$$

$$\text{Самка} = AA bb CC dd EE.$$

После скрещивания этих особей потомство будет гетерозиготным по каждому гену:

$$F_1 = aA bB cC dDeE.$$

Содержание и скрещивание двух инбредных линий рыб — это еще не решение проблемы. В конце концов, придется заменять производителей и по необходимости изменять генофонд популяции получением новых производителей путем дальнейшего инбридинга внутри линий или селекцией рыб, проводимой каким-либо другим способом. Для строго случайного скрещивания (еще один способ уменьшения инбридинга) необходима довольно большая популяция производителей, и даже в этом случае возможен инбридинг. В конечном итоге он становится настолько серьезной проблемой, что возникает необходимость приобретения новых линий производителей. Кинкэйд (Kincaid, 1976) предложил, чтобы

при культивировании лососевых маточное стадо состояло не менее чем из 25 пар, оптимальная численность стада 50—100 пар производителей.

Третий способ уменьшения инбридинга заключается в содержании трех линий производителей и применении чередующегося скрещивания линий (Kincaid, 1976, 1977). Такие линии обычно получают разделением животных, которые дадут потомство с желаемыми признаками, на три группы, обозначаемые А, В и С. Во время каждого сезона размножения самцы из линии А скрещиваются с самками из линии В, самцы В — с самками С, самцы С — с самками А (рис. 6.8). Потомство от этих скрещиваний содержится либо совместно, если родительские особи используются для дальнейших спариваний, либо отдельно в количествах, достаточных для замены производителей в течение нескольких лет, если это будет необходимо. Степень инбридинга при чередующемся скрещивании несколько меньше, чем при случайном. Такая схема спаривания решает проблему замещения производителей, которая возникает при использовании только двух размножающихся линий животных.

Одна из сложностей, связанная с чередующимся скрещиванием линий, — раздельное содержание популяций производителей. Для гарантии того, что происходит именно нужное скрещивание, необходимо, чтобы каждая линия содержалась отдельно (т. е. в разных емкостях для культивирования). Само собой разумеется, что одним из наиболее важных моментов при использовании этой схемы скрещивания является обеспечение соответствующего учета с целью предотвращения ошибок в скрещивании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Anderson, W. W. 1957. Early development, spawning, growth and occurrence of the silver mullet (*Mugil curema*) along the south Atlantic coast of the United States. *Fish. Bull.* 57: 397—498.
- Anderson, W. W. 1958. Larval development, growth, and spawning of striped mullet (*Mugil cephalus*) along the south Atlantic coast of the United States. *Fish Bull.* 58: 501—519.
- Arnold, C. R., T. D. Williams, W. A. Fable, T. L. Lasswell, and W. H. Bailey. 1977. Laboratory methods for spawning and rearing spotted sea trout. *Proc. Southeast Assoc. Fish Wildl. Agencies*, 31: 437—440.

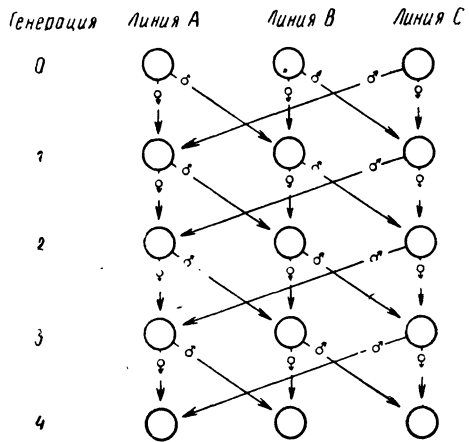


Рис. 6.8. Схема чередующегося линейного скрещивания для уменьшения инбридинга в популяциях животных (Kincaid, 1976, 1977)

- Atz, T. W. 1954. The peregrinating Tilapia. *Anim. King*, 57: 148—155.
- Avault, T. W., Jr. 1972. Crawfish in the United States. In S. Abrahams-son (Ed.), *Freshwater crayfish; Papers from the First International Symposium on Freshwater Crayfish*, Lund, Austria, Studenlitt, pp. 239—250.
- Avault, T. W., Jr. and E. W. Shell. 1968. Preliminary Studies with the hybrid Tilapia nilotica × Tilapia mossambica. *FAO Fish. Rep.* 44: 237—242.
- Avault T. W., Jr., L. W. de la Bretonne, and T. V. Huner. 1974. Two major problems in culturing crayfish in ponds: Oxygen depletion and overcrowding. In T. W. Avault, Tr. (Ed.), *Freshwater crayfish; Papers from the Second International Symposium on Freshwater Crayfish*. Louisiana State University, Baton Rouge. pp. 239—244.
- Bardach, T. E., T. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture*. Wiley—Interscience, New York. 868 p.
- Breese, W. P. and R. E. Malouf. 1975. Hatchery manual for the Pacific oyster. Oregon State University Sea Grant Program Publication ORESU-H-75-002. Corvallis. 22 p.
- Caillouet, C. W. Jr. 1972. Ovarian maturation induced by eyestalk ablation in pink shrimp, *Penaeus duorarum* Burkenroad, *Proc. World Maricult. Soc.* 3: 205—225.
- Canfield, H. L. 1974. Artificial propagation of those channel cats. *Prog. Fish-cult.* 9: 27—30.
- Chimits P. 1955. Tilapia and its culture. A preliminary bibliography. *FAO Fish. Bull.* 8: 1—23.
- Clapp, A. 1929. Some experiments in rearing channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 59: 114—117.
- Clemens, H. P., and K. E. Sneed. 1957. The spawning behavior of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*. U. S. Department of the Interior. Special Scientific Report—Fisheries. No. 219. 11 p.
- Clemens, H. P., and K. E. Sneed. 1962. Bioassay and the use of pituitary materials to spawn warmwater fishes. U. S. Fish and Wildlife Service Resources Report 62. 30 p.
- Cook, H. L., and M. A. Murphy. 1969. The culture of larval penaeid shrimp. *Trans. Am. Fish. Soc.* 97: 751—754.
- Cook, H. L., and M. A. Murphy 1971. Early development stages of the brown shrimp, *Penaeus aztecus* Ives, reared in the laboratory. *Fish. Bull.* 69: 223—239.
- Dobkin, S. 1961. Early developmental stages of the pink shrimp. *Penaeus duorarum*, from Florida waters. *Fish. Bull.* 61: 321—349.
- Dobzhansky, T. 1970. *Genetics of the evolutionary process*. Columbia University Press, New York, 505 p.
- Futch, C. R. 1976. Biology of striped mullet, In J. C. Cato, and W. E. McCullough (Eds.), *Economics, biology and food technology of mullet*. Florida Sea Grant Program Report 15, pp. 65—69.
- Caltsoff, P. S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fish. Bull.* 64: 1—480.
- Germany, R. D., and R. L. Noble. 1977. Population dynamics of *Tilapia aurea* in Trinidad Lake, Texas. *Proc. Southeast. Assoc. Fish Wildl. Agencies.* 31: 412—417.
- Goodwin, H. L., and J. A. Hanson. 1974. The aquaculture of freshwater prawns (*Macrobrachium* species). The Oceanic Institute, Waimanolo, Hawaii. 95 p.
- Gudger, E. W. 1918. Oral gestation in the gaff-topsail catfish *Felichthys felis*. Papers from the Department of Marine Biology of the Carnegie Institute of Washington, Vol. 12, pp. 25—52.
- Guerrero, R. D. 1975. Use of androgens for the production of all-male *Tilapia aurea* (Steindachner). *Trans. Am. Fish. Soc.* 104: 342—348.
- Hanson, J. A., and H. L. Goodwin (Eds.). 1977. *Shrimp and prawn farming in the Western hemisphere*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pa. 439 p.
- Heegaard, P. E. 1953. Observation on spawning and larval history of the shrimp. *Penaeus setiferus* (L.) *Publ. Inst. Mar. Sci., Univ. Tex.* 3. 73—105.

- Heinen, J. M. 1976. An introduction to culture methods for larval and postlarval penaeid shrimp. Proc. World Maricult. Soc. 7: 333—344.
- Hidu, H. K., G. Drobeck, E. A. Dunnington, Jr., W. Roosenburg, and R. L. Beckett. 1969. Oyster hatcheries for the Chesapeake Bay region. Univ. Md. Natur. Resour. Inst. Spec. Rep. No. 2. 18 p.
- Hoar, W. S. 1969. Reproduction. In: W. S. Hoar and D. J. Randall (Eds.). Fish physiology, Vol. 3, Academic Press, New York, pp. 1—72.
- Ingle, R. M., and F. G. Walton Smith. 1949. Sea turtles and the turtle industry. University of Miami Press, Miami. 107 p.
- Kincaid, H. L. 1976. Inbreeding in salmonids. In T. Y. Nosh and W. K. Hershberger (Eds.), Salmonid genetics: Status and role in mariculture. University of Washington Sea Grant Report WSG WO 76—2. University of Washington, Seattle, pp. 33—37.
- Kincaid, H. L. 1977. Rotational line crossing: An approach to the reduction of inbreeding accumulation in trout brood stocks. Prog. Fish-Cult. 39: 179—181.
- Kuo, C.-m., Z. H. Shehadeh, and K. K. Milisen. 1973a. A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory reared larvae of the grey mullet, *Mugil cephalus* L. J. Fish Biol. 5: 459—470.
- Kuo, C.-m., Z. H. Shehadeh, and C. E. Nash. 1973b. Induced spawning of captive grey mullet (*Mugil cephalus* L.) females by injection of human chorionic gonadotropin (HCG). Aquaculture. 1: 429—432.
- Kuo, C.-m., C. E. Nash, and Z. H. Shehadeh. 1974a. The effects of temperature and photoperiod on ovarian development in captive grey mullet (*Mugil cephalus* L.). Aquaculture, 3: 25—43.
- Kuo, C.-m., C. E. Nash, and Z. H. Shehadeh. 1974b. A procedural guide to induced spawning in grey mullet (*Mugil cephalus* L.). Aquaculture, 3: 1—14.
- LaCaze, C. 1976. Crawfish farming, rev. ed. Louisiana Wildlife and Fishery Commission, Fishery Bulletin 7. 27 p.
- Landers, W. S. 1968. Oyster hatcheries in the northeast. In T. L. Linton (Ed.), Proceedings of the oyster culture workshop. July 11—13. Marine Fisheries Division, Georgia Game and Fish Commission, Brunswick, pp. 35—40.
- Liao, I. C. 1969. Artificial propagation of grey mullet. *Mugil cephalus* Linnaeus. Chin.-Am. Joint Comm. Rural Reconstr. Fish. Ser. 8: 10—20.
- Liao, I. C., Y. J. Lu, T. L. Huang, and M. C. Lin. 1971. Experiments in induced breeding of the grey mullet, *Mugil cephalus* Linnaeus. Aquaculture, 1: 15—34.
- Linton, T. L. 1968. Feasibility studies of raft-culturing oysters in Georgia. In T. L. Linton (Ed.), Proceedings of the oyster culture workshop. July 11—13. Marine Fisheries Division, Georgia Game and Fish Commission, Brunswick, pp. 69—73.
- Loosanoff, V. L. 1969. Development of shellfish culture techniques. In K. S. Price, Jr., and D. L. Maurer (Eds.), Proceedings of the conference on artificial propagation of commercially valuable shellfish—oysters. University of Delaware, Newark, pp. 9—40.
- Loosanoff, V. L., and H. C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. In F. S. Russel (Ed.), Advances in marine biology. Vol. 1. Academic Press, London, pp. 1—136.
- Lowe-McConnell, R. H. 1958. Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linné in east Africa waters. Rev. Zool. Bot. Afr. 57: 131—170.
- Marshall, H. L. 1968. Three-dimensional oyster culture research in North Carolina. In T. L. Linton (Ed.), Proceedings of the oyster culture workshop. July 11—13. Marine Fisheries Division, Georgia Game and Fish Commission, Brunswick, pp. 62—66.
- Marshall, H. L. 1969. Development and evaluation of new cultch materials and techniques for three-dimensional oyster culture. Division of the Commission on Sports Fisheries, North Carolina Department of Conservation and Development, Special Scientific Report 17: 34 p.

- Martin, M. 1967. Techniques of catfish fingerling production. In Proceedings of the commercial fish farming conference. Texas A & M University, February 1—2. Texas A & M University, College Station, pp. 13—22.
- May, E. B. 1968. Raft culture of oysters in Alabama. In T. L. Linton (Ed.), Proceedings of the oyster culture workshop, July 11—13 Marine Fisheries Division, Georgia Game and Fish Commission, Brunswick, pp. 76—87.
- May, E. B. 1969. Feasibility of off bottom oyster culture in Alabama. Ala. Mar. Res. Bull. 3: 1—14.
- Murphree, J. M. 1940. Channel catfish propagation. Privately printed by T. J. Rennick. 24 p.
- Nash, C. E., C.-m. Kuo, and S. C. McConnell. 1974. Operations procedures for rearing larvae of the grey mullet (*Mugil cephalus* L.) Aquaculture. 3: 15—24.
- Nelson, B. 1960. Spawning of channel catfish by use of hormone Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 14: 145—148.
- Noble, R. L., R. D. Germany, and C. R. Hall. 1975. Interactions of blue tilapia and largemouth bass in a power plant cooling reservoir. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 29: 247—251.
- Pagon-Font, F. A. 1975. Cage culture as a mechanical method for controlling reproduction in *Tilapia aurea*. Aquaculture, 6, 243—247.
- Pearson, J. C. 1939. The early life histories of some American Penaeidae, chiefly the commercial shrimp. *Penaeus setiferus* (Linn.). Bull. U. S. Bur. Fish. 49: 1—73.
- Pruginin, Y., S. Rothbard, G. Wohlfarth, A. Havlevy, R. Moav, and G. Hylata. 1975. All male broods of *Tilapia nilotica* × *T. aurea* hybrids. Aquaculture, 6: 11—22.
- Rose, C. D. 1975. Extensive culture of penaeid shrimp in Louisiana salt-marsh impoundments. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 296—307.
- Saksena, V. P., K. Yamamoto, and C. D. Riggs. 1961. Early development of the channel catfish. Prog. Fish-Cult. 23: 156—161.
- Sanzo, L. 1936. Contributi alla conescenza dello sviluppo ambrionaria e post-ambrionario nei Mugilidi. Mem. R. Com. Talassogr. Ital. 230: 1—11.
- SEAFDEC (Southeast Asian Fisheries Development Center). 1976. Annual Report 1976. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Iloilo, Philippines. 83 p.
- Shaw, W. N. 1960. A fiberglass raft for growing oysters off the bottom. Prog. Fish-Cult. 22: 154.
- Shaw, W. N. 1962. Raft culture of oysters in Massachusetts. Fish. Bull. 61: 481—495.
- Shaw, W. N. 1968. Raft culture of oysters in the United States. In T. L. Linton (Ed.), Proceedings of the oyster culture workshop, July 11—13. Marine Fisheries Division, Georgia Game and Fish Commission, Brunswick, pp. 5—31.
- Shehadeh, Z. H., and J. N. Ellis. 1970. Induced spawning of the striped mullet *Mugil cephalus* L. J. Fish Biol. 2: 355—360.
- Shehadeh, Z. H., C.-m. Kuo, and K. K. Milisen. 1973a. Induced spawning of grey mullet *Mugil cephalus* L. with fractionated salmon pituitary extract. J. Fish Biol. 5: 471—478.
- Shehadeh, Z. H., C.-m. Kuo, and K. K. Milisen. 1973b. Validation of an in vivo method for monitoring ovarion development in the grey mullet (*Mugil cephalus* L.) T. Fish Biol. 5: 489—496.
- Shehadeh, Z. H., W. D. Madden, and T. P. Dohl. 1973c. The effect of exogenous hormone treatment on spermiation and vitellogenesis in the grey mullet, *Mugil cephalus* L. J. Fish. Biol. 5: 479—487.
- Sneed, K. E., and H. P. Clemens. 1959. The use of human chorionic gonadotropin to spawn warm-water fishes. Prog. Fish-Cult. 21: 117—120.
- Stanley, J. G., and K. E. Sneed. 1974. Artificial gynogenesis and its application in genetics and selective breeding of fishes. In J. H. S. Blaxter (Ed.), The early life history of fish. Springer-Verlag, New York, pp. 527—536.
- Strickberger, M. W. 1976. Genetics, Macmillan, New York, 914 p.

- Tang, Y. A. 1964. Induced spawning of striped mullet by hormone injection. Jap. J. Ichthyol. 12: 23—28.
- Toole, M. 1951. Channel catfish culture in Texas. Prog. Fish-Cult. 13: 3—10.
- Witham, R. 1970. Breeding of a pair of pen-reared green turtles. Quart. J. Fla. Acad. Sci. 33: 288—290.
- Yang, W. T., and U. B. Kimm. 1962. A preliminary report on the artificial culture of grey mullet in Korea. Indo-Pacific Fish. Coun. 9: 62—70.
- Yashouy, A. 1969. Preliminary report on induced spawning of *M. cephalus* (L.) reared in captivity in freshwater ponds. Bamidgeh. 21: 19—24.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Price, K. S., Jr., and D. L. Maurer (Eds.). 1969. Proceedings of the conference on artificial propagation of commercially valuable shellfish-oysters. University of Delaware, Newark. 212 p.

БОЛЕЗНИ И ПАЗАРИТЫ**СМЕРТНОСТЬ В АКВАКУЛЬТУРЕ**

Естественная смертность, наступающая в результате старения, в аквакультуре наблюдается только у животных-производителей; товарные особи обычно реализуются на относительно ранних стадиях жизненного цикла (часто до достижения половой зрелости). Однако в большинстве случаев производителей не содержат до их естественной смерти, так как с возрастом уменьшается плодовитость. Иногда животные становятся слишком крупными, что затрудняет их содержание (например, канальный сомик). Для других видов характерна высокая смертность после нереста (например, некоторые представители семейства Salmonidae). Причинами, вызывающими смертность при культивировании гидробионтов, являются также ухудшение качества воды, нарушение баланса питательных веществ, неправильное хранение корма, браконьерство, загрязнение воды и хищничество.

Болезни и паразиты (наряду с ухудшением качества воды) являются более серьезными причинами гибели, чем приведенные выше. Разумеется, болезни и паразитарные эпизоотии наблюдаются не во всех хозяйствах (и к тому же не ежегодно), но время от времени многие хозяйства испытывают по этим причинам убытки. В год около 5% всех американских рыбоводов сталкивались с серьезными проблемами, связанными с этими явлениями (Meuer, 1967), тем не менее ранняя диагностика и лечение болезней и инвазий часто являются решающими для предотвращения гибели культивируемых животных.

Основными возбудителями болезней и эпизоотий в аквакультуре являются вирусы, бактерии, грибы и простейшие. Кроме того, у культивируемых животных обычно находят также паразитических нематод, трематод и цестод, но их немного, и они редко вызывают серьезные заболевания.

Практически невозможно обнаружить популяцию животных, которая была бы совершенно свободна от болезнетворных или паразитических организмов. Микробиологическое и микроскопическое исследования почти любой рыбы или беспозвоночного обычно выявляют, по крайней мере, несколько типов потенциально патогенных организмов. Инфекция поражает обычно животных всех видов, причем во всех случаях она проявляется сходным обра-

зом. Однако наличие в популяции зараженных особей еще не означает, что эпизоотия обязательно возникнет. Как уже отмечалось, хронические инфекции неопасны, поскольку большинство животных обладают естественными защитными механизмами (включая фагоцитоз и иммунные реакции). Эти механизмы предотвращают развитие эпизоотии в том случае, если популяция не подвергается действию каких-либо внешних неблагоприятных факторов (стрессу). Тяжелые эпизоотии наблюдаются как раз после таких стрессовых воздействий. Время, которое проходит с начала установления стрессовых условий до вспышки заболевания или паразитарной эпизоотии, составляет обычно от 24 ч до 14 дней в зависимости от инкубационного периода возбудителя. (Характеристика этого промежутка времени описана более подробно ниже при рассмотрении конкретных болезней.)

В хорошо налаженной водной системе, где отсутствует стресс, серьезных заболеваний и паразитарных инвазий обычно не наблюдается. Исключения из этого общего правила, конечно, бывают, но в большинстве случаев правильная биотехнология обеспечивает отсутствие болезней. Иногда, несмотря на усилия рыбоводов, культивируемые организмы все же подвергаются стрессовым воздействиям. Например, в открытых водных системах, где весной и осенью наблюдаются резкие изменения температуры воды, возможны вспышки заболеваний. Не только естественное изменение температуры является стрессовым фактором; во многих случаях болезни и паразиты развиваются и в узких температурных пределах, которые устанавливаются на короткое время (и, как правило, сезонно). Поскольку во многих хозяйствах контролировать изменения температуры воды в открытых системах экономически невыгодно, необходимо предвидеть возможные вспышки заболеваний и внимательно следить за культивируемыми организмами.

Некоторые рыбоводы стремятся избегать любых химических воздействий на культивируемых организмов (если в них нет абсолютной необходимости), другие проводят профилактическую обработку, даже когда это и необязательно. Третьи прибегают к профилактическим мерам только в том случае, если возникает опасность развития эпизоотии, например в периоды сезонных скачков температуры, во время добавления больших масс воды другой температуры, после ухудшения качества воды, разбавления эстуарной воды большим количеством атмосферных осадков, во время рыбоводных операций или при транспортировке и в других стрессовых ситуациях. Полностью избежать применения лекарственных и других химических препаратов невозможно, однако их использование следует ограничивать.

Опасность эпизоотии зависит от нескольких факторов. Одним из главных, безусловно, является физическое состояние животных до вспышки заболевания, в то время как различные стрессовые факторы могут быть причиной его ухудшения. Паразитарная эпизоотия сопровождается, как правило, вторичной бакте-

риальной инфекцией. Часто у культивируемых рыб обнаруживаются одновременно различные заболевания и паразиты.

Использование химических веществ в качестве профилактических и лечебных препаратов является дополнительным источником стресса, поскольку во многих случаях необходимое количество препарата сопоставимо с дозой, летальной для самого хозяина. При выборе дозировки следует соблюдать большую осторожность — доза должна быть эффективной, но нетоксичной для культивируемых животных. При этом неучтенным, как правило, остается влияние на действие лечебных препаратов таких параметров воды, как соленость, температура, щелочность и мутность.

Контроль за развитием болезней и паразитарных инвазий в значительной степени зависит от стадии патогенного процесса, на которой они обнаружены. Большое значение имеют их раннее выявление и правильный диагноз заболевания. Если первым замеченным признаком эпизоотии является массовая гибель животных, то уже может быть поздно предпринимать какие-либо эффективные меры для спасения оставшейся части популяции. Перед тем как обрабатывать всю популяцию лечебным препаратом, необходимо проверить эффективность его действия на небольшом числе животных. Однако, если массовая гибель животных уже наступила, времени на апробирование различных способов лечения не остается, хотя в случае ошибочного в данных обстоятельствах выбора метода смертность может увеличиться. Для правильной диагностики заболевания необходимо постоянное визуальное наблюдение за животными.

САНИТАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

После обнаружения заболевания все мероприятия должны быть направлены на предотвращение его распространения. Перенос инвентаря без антисептической обработки из одного пруда в другой может привести к распространению локализованной болезни или паразита на другие пруды, бассейны или емкости для культивирования. Сети, невода, приспособления для кормления, а также руки обслуживающего персонала необходимо обрабатывать после контактов с животными независимо от наличия у них болезней или паразитов. Руки и одежду обычно моют водой с мылом, но для обработки инвентаря желательны другие средства. В промежутках между использованием сети можно помещать в дезинфицирующие растворы хлора, формалина, мертиолата и других подобных препаратов, либо для каждого водоема должен быть свой инвентарь. Если для дезинфекции применяется крепкий раствор, то перед последующим использованием инвентарь необходимо тщательно промыть чистой водой, чтобы остатки активного вещества (хлора, формалина и т. д.) не оказались вредными для культивируемых животных.

Крупный инвентарь, например невода, можно замачивать в больших баках с дезинфицирующим раствором, хотя на практике

это, возможно, не всегда удобно. В этих случаях в промежутках между использованием невод необходимо промыть чистой водой и высушить на солнце. С монофиламентными нейлоновыми сетями следует обращаться осторожно, так как они портятся от действия прямого солнечного света. Эффективна также обработка сетей распылением растворов хлора или других дезинфицирующих веществ.

МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ

При лечении эпизоотий и для их профилактики необходимо правильно выбирать и применять соответствующие препараты. Некоторые лекарства можно смешивать с кормом в процессе его приготовления, добавлять в пищевые гранулы путем их поверхностного покрытия (часто — растворением препарата в жировом носителе и распылением корма вместе со смесью), вводить в виде инъекций или использовать в ваннах. Другие медикаменты эффективны только при добавлении в воду.

При лечении болезни или паразитарной инвазии прежде всего необходимо изолировать пораженных особей или емкости, в которых отмечено заболевание. В большинстве случаев это относительно легко, так как емкости для культивирования обычно не сообщаются между собой. Как уже отмечалось, следует избегать контактов здоровых животных с сетями и другим инвентарем, которые использовались в работе с больными особями и не были как следует обработаны.

Как только пораженные животные изолированы, следует подготовить все необходимое для проведения выбранного способа лечения. Например, если предполагается выдерживать заболевших животных в ваннах с непроточной водой, следует прекратить водоподачу. При обработке в ваннах с проточной водой скорость тока воды должна быть отрегулирована так, чтобы препараты находились в воде необходимое время без создания условий стресса для культивирования животных.

В некоторых случаях возможно проводить лечение путем изменения физических или химических параметров среды, в которой содержатся животные. Развитие некоторых паразитов, например *Ichthyophthirius multifiliis*, можно затормозить повышением или снижением температуры воды или увеличением ее солености (добавлением соли). Этот представитель простейших подавляется и химическими препаратами, но упомянутые два метода достаточно эффективны и в меньшей степени, чем лекарства, создают стресс для культивируемых животных.

Другой нехимический способ лечения состоит в прерывании жизненного цикла паразита путем воздействия на некоторые его звенья. Жизненные циклы различных трематод, поражающих рыб, довольно сложны и включают обычно одного или более промежуточных хозяев, одним из которых часто служит улитка. Если удалить моллюсков из выростных емкостей, жизненный цикл паразита

будет нарушен и дальнейшая инвазия затормозится. Многие виды болотных птиц не только непосредственно поедают культивируемых животных, но и являются разносчиками паразитов, которые могут передаваться рыбам. Уничтожать мигрирующих болотных птиц запрещено, однако можно применять различные отпугивающие устройства или закрывать открытые бассейны и каналы сетками или решетками.

Методы лечения зависят до некоторой степени от типа системы культивирования, особенно когда лекарственные препараты вносятся непосредственно в воду. Зависимость между типами водных систем и методами лечения заболеваний рассматривалась в главе 2. Напомним, что при обработке замкнутых циркуляционных систем необходимо соблюдать осторожность, чтобы не уничтожить микрофлору биофильтра. Обработку открытых каналов или бассейнов можно осуществлять без уменьшения или приостановки подачи воды или после ее прекращения, однако для достижения требуемого результата в этих двух случаях требуются различные количества препаратов. В любой интенсивной водной системе при сокращении проточности всегда необходима аэрация. Обработку садков можно проводить различными способами (см. главу 2), прудов — добавлением препаратов в воду при постоянных условиях. Уровень воды в прудах можно несколько понизить, чтобы уменьшить расход препарата (который может быть дорогостоящим). При добавлении лекарств в корм специальные меры предосторожности обычно не требуются. Опасения, что антибиотики способны нанести вред микрофлоре биологических фильтров, на практике не подтверждаются, но необходимы дальнейшие исследования этого вопроса.

Обработка крупных водоемов может быть затруднительна. Небольшие пруды (например, площадью 0,5 га или меньше) обычно обрабатывают с берега. Препараты растворяют или разводят в воде и равномерно разбрызгивают по поверхности водоема. При обработке прудов такой площади успешно применялись ручные пульверизаторы, а также ковши с длинными ручками.

Часто бывает трудно «дотянуться» до всех участков больших прудов с берега. В этих случаях препараты можно разводить в воде и выливать этот раствор в кильватерную струю лодочного мотора. Препараты следует вносить медленно, чтобы обработанными оказались все участки водоема. Если водоем имеет один или несколько относительно глубоких участков, то для равномерного распределения потребуется больше препарата. Распыление лекарственных препаратов на очень больших водоемах может проводиться с самолета.

Местная обработка иногда эффективна, однако в больших хозяйствах часто непрактична из-за трудностей, связанных с отловом пораженных животных из крупной здоровой популяции и нанесением препарата на определенные участки тела. В большинстве случаев при обнаружении болезни или паразита у какой-либо части популяции обработке подвергают всю выростную емкость.

Лечение рыб в ваннах обычно проводится тремя способами. Пруд с внесенными в него лечебными препаратами можно рассматривать как длительную или не определенную по времени ванну, поскольку разложение вещества происходит здесь не в результате растворения, а путем деструкции, которая может продолжаться несколько дней или даже недель. Продолжительную обработку в ваннах проводят в течение нескольких часов в проточной воде, которая после окончания лечения должна быть заменена свежей. Такую обработку можно проводить в прудах или в других водоемах еще меньших размеров. При подобной обработке необходима аэрация каналов, емкостей и садков, так как на время обработки водоподачу прекращают. Кратковременная обработка большого числа животных может осуществляться путем их погружения в раствор или промывания. Первый метод включает обычно отлов животных и их погружение (группами или индивидуально) в один или несколько растворов лекарственных препаратов довольно больших концентраций. Продолжительность погружений от нескольких секунд до нескольких минут. После этой процедуры животных возвращают в прежние водоемы. При обработке методом промывания вещество добавляю прямо в проточную воду бассейнов в концентрации, несколько большей, чем при продолжительной или не определенной по времени обработке в ванне, и меньшей, чем при обработке погружениями. Скорость воды должна быть такой, чтобы препарат растворялся и в конечном итоге полностью выносился.

Как уже отмечалось, лечение болезней и паразитов *per os* заключается во введении лекарственных веществ с кормом. Это очень эффективный способ лечения, и некоторые заболевания лечатся только таким способом. Однако такой способ лечения требует, чтобы корм, безусловно, потреблялся, а у тяжело больных животных наблюдается потеря аппетита и поэтому лечение оказывается неэффективным. Однако на ранних стадиях заболевания рыбы продолжают питаться достаточно долго, и в этом случае при добавлении лечебных веществ в корм может быть достигнут требуемый эффект.

Последний метод введения лекарства животным — инъекция. Этот метод, как и местное применение препаратов, требует отлова каждого животного. Он пригоден для небольшого числа животных, а для крупных хозяйств непрактичен.

В настоящее время развивается новая область профилактики заболеваний, которая способна произвести настоящую революцию в промышленном культивировании, по крайней мере, некоторых организмов. Для определенных бактериальных инфекций канального сомика разрабатываются вакцины, передача которых осуществляется через воду (Donald Levis, устное сообщение). Иммунология привлекает теперь постоянное внимание ихтиопатологов, и, возможно, когда-нибудь в их распоряжении окажется множество доступных вакцин, которые можно будет использовать для лечебной обработки рыб в ваннах.

ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Применение при выращивании столовой рыбы лекарственных препаратов, гербицидов, пестицидов, токсикантов и других химических веществ регулируется в США федеральными органами. Что касается химических препаратов, разрешенных для применения в качестве средств борьбы с заболеваниями и паразитами столовой рыбы, то до недавнего времени были разрешены только хлористый натрий и уксус (уксусная кислота), ни один из которых широко не применялся, за исключением отдельных случаев паразитарной инвазии. Кроме того, около 100 веществ, обычно считающихся безопасными для человека, можно использовать без официального разрешения. Этот перечень включает такие вещества, как сахар, пищевая сода, перец и другие пищевые компоненты, которые очень мало или совсем не используются при контроле за болезнями и паразитами.

В 1976 г. для использования в хозяйствах аквакультуры были допущены следующие лечебные вещества: уксусная кислота, окситетрацилин (террамицин) и сульфамеразит.

Даже если лекарственный препарат или химическое вещество официально разрешены к использованию, их никогда не следует применять без особой необходимости. Постоянное применение препаратов может привести к весьма серьезным осложнениям, поэтому к лекарствам следует прибегать только как к последнему средству. В пользу этой точки зрения свидетельствуют следующие соображения: лекарственные препараты дороги, и их продолжительное использование может отразиться на соотношении доходов и расходов в хозяйстве; постоянное использование антибиотиков может привести к развитию резистентности у бактерий; в результате постоянного применения препаратов могут погибнуть фитопланктон и зоопланктон, что приведет к ухудшению свойств воды и сокращению количества естественного корма; чем больше препаратов используется, тем вероятнее ошибки в расчетах лекарственных доз, приводящие к завышению дозировки и, возможно, к гибели культивируемых организмов; внесение препаратов в закрытые циркуляционные водные системы может вызывать снижение эффективности и нарушение работы биофильтра; бездумное использование препаратов может оказать отрицательное влияние как на окружающую среду, так и на людей, работающих с этими препаратами.

РАСЧЕТ ДОЗЫ ПРЕПАРАТОВ

Прежде чем рассчитывать количество препарата, добавляемого в пруд, бассейн или канал, необходимо установить их объем. В круглых бассейнах это легко сделать, умножив глубину на πr^2 , в квадратных или прямоугольных — перемножив длину, ширину и глубину. Определить объем пруда круглой или неправильной формы несколько труднее. Мейер (Meyer, 1968) рекомендует для боль-

ших прудов определять объем умножением площади поверхности на среднюю глубину. Однако в небольших прудах ошибка в вычислении, связанная с наличием берегового уклона, может быть значительной, что ведет к завышению дозы препарата. В этих случаях для получения более точного значения необходимо из общего объема вычесть объем под уклоном. Эти вычисления упрощаются, если все берега пруда имеют одинаковый уклон. Для большинства прудов высокой точности в расчетах не требуется, так как незначительные ошибки не окажут существенного влияния на окончательную концентрацию препарата, а лекарственная и летальная дозы обычно достаточно различаются.

Лекарственные дозы препаратов обычно выражают в миллиграммах на 1 л (мг/л) или в частях на 1 млн. (ppm). В качестве примера определим, сколько химического вещества необходимо внести в пруд объемом 1850 м³, если лекарственная доза препарата составляет 5 мг/л.

$$\begin{aligned}(1850 \text{ м}^3) (1000 \text{ л/м}^3) &= 1\,850\,000 \text{ л;} \\ (1\,850\,000 \text{ л}) (5 \text{ мг/л}) &= 9\,250\,000 \text{ мг;} \\ 9\,250\,000 \text{ мг} &= 9,25 \text{ кг.}\end{aligned}$$

Для крупных водоемов количество препарата обычно достаточно рассчитывать с точностью до 0,1 кг, хотя для аквариумов, небольших бассейнов или ванн, используемых для обработки рыб кратковременным погружением, такие расчеты должны проводиться с точностью до 0,1 г или даже миллиграмма. При взвешивании препаратов следует руководствоваться здравым смыслом. Например, если в пруд предполагается внести 50 кг вещества, не имеет смысла отмерять его с точностью до миллиграмма. Вместе с тем, если в небольшой аквариум вносят 10 мг препарата, то ошибка в 1 г при взвешивании может привести к образованию летальной дозы.

В качестве еще одного примера возьмем пруд площадью 0,25 га и средней глубиной 0,5 м, в который предполагается внести химическое вещество из расчета 5 мг препарата на 1 л воды. Тогда общее количество вещества можно рассчитать следующим образом:

$$\begin{aligned}(0,25 \text{ га}) (0,5 \text{ м}) (10000 \text{ м}^2/\text{га}) &= 1250 \text{ м}^3; \\ (1250 \text{ м}^3) (1000 \text{ л/м}^3) &= 1\,250\,000 \text{ л;} \\ (1\,250\,000 \text{ л}) (5 \text{ мг/л}) &= 6\,250\,000 \text{ мг;} \\ 6\,250\,000 \text{ мг} &= 6,3 \text{ кг.}\end{aligned}$$

ВЫЯВЛЕНИЕ БОЛЕЗНЕЙ И ПАРАЗИТОВ

Для бактериального исследования гидробионтов, как и наземных организмов, необходимы выделение бактерий из пораженной ткани, культивирование материала на одном или более типах питательной среды и дополнительные операции, например окрашивание. После идентификации бактерий до начала лечения выращен-

ную колонию можно подвергнуть действию антибиотиков для определения чувствительности организмов к различным препаратам. Для предотвращения заражения в процессе исследования необходимо соблюдать стерильность.

Все материалы, находившиеся в контакте с бактериальными культурами, должны быть простерилизованы. Персонал, проводящий бактериологические исследования, должен быть одет в чистую лабораторную одежду, мыть руки до каждого исследования и после него, не курить и не пить в лаборатории. Должна быть полная уверенность, что бактерии, культивируемые на питательной среде, получены во время вскрытия животного, а не внесены туда в результате загрязнения.

Амлахер (Amlacher, 1970) подчеркивал, что перед вскрытием рыбы должны быть обследованы на наличие наружных бактерий. Для этого с поверхности тела и с жабр берут мазки, которые затем наносят на пластины со средой. При отлове животных необходимо соблюдать осторожность, избегая их загрязнения. Живых особей следует транспортировать в чистых контейнерах со льдом или пластиковых мешках, частично заполненных водой. Погибших или погибающих животных можно помещать в стерильные пластиковые пакеты и перевозить со льдом.

Для выделения культуры бактерий из внутренних органов перед вскрытием рыб необходимо закрепить на доске и протереть спиртом или другим дезинфицирующим веществом (Amlacher, 1970). Пробы из печени, селезенки, сердца и почки можно брать с помощью стерильной пегли, которой потом наносятся штрихи на пластины со средой.

Большинство патогенных бактерий, поражающих рыб, граммотрицательны. Часто идентификация бактерий возможна путем комбинирования методов окрашивания, изучением формы и цвета полученных колоний, а также определением, на каких культуральных средах способна расти колония. Например, при изучении бактерий кашального сомика обнаружено, что *Pseudomonas* sp. образует на кровяном агаре большие широкие колонии светло-серого цвета, тогда как *Flexibacter columnaris* на этой среде не растет.

При паразитологических исследованиях рыб или беспозвоночных для обнаружения живых наружных и жаберных паразитов необходимо обследовать только что выловленных животных не только из-за того, что паразиты часто покидают мертвых животных и тем самым затрудняют определение причин заражения, но и потому, что идентификация и обнаружение паразитов облегчаются, когда исследуются живые экземпляры. Если животных для исследования необходимо перевозить на некоторое расстояние, может возникнуть необходимость их фиксации формалином. Однако, поскольку в формалине паразиты могут деформироваться, что затрудняет их идентификацию, такой фиксации следует по мере возможности избегать.

При паразитологическом исследовании рыбы сначала необходимо отделить и поместить на предметное стекло микроскопа

жабры и плавники или их части. Затем накрыть покровным стеклом и добавить каплю воды. Соскобы с тела исследуются аналогично. Небольшое увеличение микроскопа часто используется для идентификации гельминтов, ракообразных и крупных паразитических простейших. Для выявления мелких простейших необходимо большое увеличение.

При паразитологическом исследовании крови рыб хорошие результаты дает метод Страута (Strout, 1962). Несколько капель крови помещают в пробирку и дают крови свернуться. Затем каплю чистой сыворотки с помощью пипетки наносят на предметное стекло микроскопа и рассматривают под большим увеличением. В соответствии с другим методом каплю крови помещают на предметное стекло и высушивают, после чего окрашивают красителями Гимза или Райта (Kudo, 1954) и исследуют под микроскопом.

Кровь у рыб можно получить несколькими способами. У сеголетков обычно отрезают хвост поперек хвостового стебля и собирают вытекающую кровь в пробирку. У взрослых рыб кровь берут методом сердечной или хвостовой пункции с помощью шприца. Получение крови методом сердечной пункции требует большей практики, чем хвостовой, однако оба метода позволяют получить достаточное количество крови без особого вреда для рыбы. При хвостовой пункции рыбу кладут брюшком вверх и вводят иглу в среднюю линию хвостового стебля до упора в позвоночник. Затем иглу медленно вынимают и кровь попадает в шприц.

После окончания наружного паразитологического исследования животное можно вскрыть и исследовать внутренние органы (особенно кишечник, мезентерии, печень, гонады, почки, желчный и мочевой пузыри). Небольшие кусочки ткани можно помещать на предметные стекла описанным выше способом. Большинство патогенных паразитов, вызывающих заболевания рыб в хозяйствах аквакультуры, относятся к наружным, но возможны и внутренние паразиты, которые также могут привести к возникновению эпизоотии.

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ БОЛЕЗНИ И ПАЗАРИТЫ

У водных животных наблюдается очень много разнообразных болезней и паразитов, и, несомненно, их число со временем будет расти. Рассмотреть детально все болезни и всех ранее выявленных паразитов, а также каждый патогенный организм, вызывавший заболевания в тепловодной аквакультуре, невозможно. В некоторых группах организмов содержатся различные виды бактерий и паразитов, в других — строго специфичные. То же самое наблюдается и внутри вида. Кроме патогенных вирусов, бактерий и паразитов у культивируемых животных выявлен ряд алиментарных заболеваний. Из-за ограниченности места в этой книге нет возможности подробно рассмотреть каждый патогенный организм или

алиментарные болезни всех видов животных, культивируемых в настоящее время в южных зонах США. Ниже описаны типы заболеваний и паразитических организмов, которые могут встречаться у культивируемых водных животных.

Среди тепловодных видов рыб, культивируемых в настоящее время в США и предназначенных для употребления в пищу, вероятно, наиболее изучен канальный сомик *Ictalurus punctatus*. Значительная информация собрана также по болезням устриц и креветок. В связи с этим ниже приведены данные в основном для этих объектов. Сходные болезни и паразиты, вероятно, могут встречаться и у других видов, хотя методы лечения и дозы препаратов могут значительно различаться для разных видов (а также внутри одного вида в зависимости от размеров животного и стадии жизненного цикла).

АЛИМЕНТАРНЫЕ БОЛЕЗНИ РЫБ

Сведения о болезнях рыб, связанные с неправильным питанием, приведенные ниже, относятся главным образом к канальному сомику и форели, поскольку по другим видам данных мало. Отсутствуют фактически данные по этой группе заболеваний и у беспозвоночных, которые являются объектами культивирования в США или рассматриваются как потенциальные.

Из всех алиментарных болезней рыб наиболее полно в литературе описаны симптомы, вызываемые нарушением витаминного состава пищи у лососевых и канального сомика (Snieszko, 1972; Dugree, 1966, 1977; Lovell, 1975). Симптомы недостатка или избытка витаминов сходны у обеих групп рыб, поэтому можно предположить, что у других рыб этиология заболеваний будет похожей. Почти для всех витаминов известны симптомы гиповитаминоза, а жирорастворимые витамины могут быть также причиной гипervитаминоза (см. табл. 5.1).

Одним из наиболее серьезных последствий недостатка витаминов в значительной мере из-за его необратимости является искривление позвоночника у канального сомика (улучшение питания в этом случае уже не помогает). Перелом позвоночника, чему предшествует его искривление (лордоз и сколиоз), — это результат недостатка витамина С (аскорбиновой кислоты) и в системах интенсивного культивирования может наблюдаться у большого числа сомиков. В прудовых хозяйствах с этой проблемой обычно не сталкиваются или, по крайней мере, дело не доходит до перелома позвоночника, так как даже в выростных прудах с высокой плотностью посадки рыбы могут получать некоторое количество витамина С с естественным кормом. Очень важны правильное хранение корма даже с высоким содержанием витамина С и использование его в течение нескольких месяцев со дня приобретения. Значительная потеря активности витамина С происходит в течение 16 нед хранения корма при 20°C (Andrews and Murai,

1975), а «период полураспада» витамина С в хранящемся корме составляет менее 3 мес (Lovell and Lim, 1978). Лордоз и сколиоз при низком содержании витамина С отмечены и у лососевых, однако перелом позвоночника (Snieszko, 1972) у холодолюбивых рыб маловероятен.

Болезнь жабр, связанная с неправильным питанием, также довольно распространена среди лососевых (Snieszko, 1972) и отмечена у канального сомика (Lovell, 1975; Dupree, 1966). У форели симптомы заболевания включают потерю аппетита, скопление рыб у мест втока воды, утолщение и слипание жаберных нитей, начиная с дистальных концов, учащенное дыхание (Snieszko, 1972). У сомика наблюдаются замедление темпа роста, утолщение жабр, эрозия нижней челюсти и плавников, смертность (Dupree, 1966; Lovell, 1975). Бактериальное заболевание жабр, вызываемое миксобактериями, характеризуется сходной патологией, и его возможность следует исключить, прежде чем ставить диагноз об алиментарной природе заболевания. Алиментарная болезнь жабр — результат недостатка в пище пантотеновой кислоты (Rucker et al., 1952; Halver, 1953). Для ее предотвращения в 1 кг корма для сомика должно содержаться, по крайней мере, 250 мг пантотеновой кислоты (Murai and Andrews, 1975).

Витамины — не единственные компоненты корма, недостаток которых может приводить к алиментарным заболеваниям. Опухоли щитовидной железы, например, отмечаются у многих семейств костистых рыб (MacIntyre, 1960) и связаны с недостатком йода (Marine and Lenhart, 1910, 1911; Marine, 1914). Другие алиментарные заболевания лососевых включают перерождение печени, висцеральную гранулему, анемию и нарушение пигментации (Snieszko, 1972). Эти расстройства могут быть вызваны различными причинами. Как отмечалось в главе 5, высокое содержание крахмала в корме форели может вызвать симптомы диабета. Такое же наблюдение сделано и для других видов рыб. В корме для канального сомика содержание крахмала значительно выше, чем в корме для форели. Краз (Cruz, 1975) показал, что высокое содержание крахмала снижает усвояемость белков и жиров. Увеличение печени канального сомика также обусловлено высоким содержанием углеводов в корме (Simco and Cross, 1966).

Ловелл (Lovell, 1975) показал, что заболевания, связанные с неправильным питанием, могут наблюдаться при содержании в корме токсических веществ или соединений, подавляющих ферменты. Однако большинство болезней рыб в условиях интенсивной аквакультуры связано с неправильно составленным рационом. Несбалансированность рациона может быть вызвана избыточным содержанием в нем какого-либо питательного вещества либо полным его отсутствием, либо присутствием в количестве, не отвечающем потребностям животного. Тщательное изучение пищевых потребностей культивируемых животных позволит составлять рационы, тщательно сбалансированные по всем необходимым для них компонентам.

СТРЕССОВЫЙ СИНДРОМ ПЛАВАТЕЛЬНОГО ПУЗЫРЯ

В 1978 г. были описаны (Clary and Clary, 1978) симптомы новой болезни, названной стрессовым синдромом плавательного пузыря (ССПП). Подобно газопузырьковой болезни и некоторым бактериальным инфекциям (к которым, вероятно, его раньше и относили) это заболевание протекает в четыре фазы. В первой рыба плавает вниз головой у поверхности воды, во второй — по самой поверхности, наполовину в воде. Третья фаза характеризуется судорожными движениями рыбы, которая плавает на боку. Наконец, в четвертой фазе брюшная полость рыбы сильно раздувается, так как в плавательном пузыре скапливается большое количество газа, рыба держится на поверхности воды брюшком вверх. Автор наблюдал последнюю стадию этого заболевания у молоди канального сомика и тиляпии, когда их содержали в небольших лабораторных каналах, при этом газопузырьковая болезнь или какая-либо бактериальная инфекция была исключена.

Причиной ССПП является резкое нарушение условий окружающей среды, т. е. стресс. Основным фактором, вызывающим синдром, является ежедневное низкое содержание кислорода в течение нескольких часов. При этом обязательно, чтобы кислород был полностью исчерпан. Если в течение нескольких дней концентрация кислорода составляет менее 5 мг/л, болезнь переходит от первой фазы (которая может наступить в случае воздействия какого-либо дополнительного стресс-фактора и после однократного пятичасового содержания рыб при пониженной концентрации кислорода) к более поздним стадиям. Факторами, способствующими развитию синдрома, могут быть массовое развитие водорослей, высокие плотность посадки и концентрации аммиака и др.

Развитие болезни можно приостановить аэрацией воды и снижением плотности посадки рыб (Clary and Clary, 1978). Клэри и Клэри отмечают, что около 40% животных, достигших четвертой фазы заболевания, погибают, остальных и фактически всех, которые находятся на первых трех стадиях, можно спасти.

БОЛЕЗНИ И ПАЗАРИТЫ КАНАЛЬНОГО СОМИКА

Вирусное заболевание канального сомика (ВЗКС). ВЗКС — единственная известная болезнь вирусного происхождения, поражающая канального сомика. С 1968 г., когда она была зарегистрирована впервые (Fijan, 1968; Fijan et al., 1970), эта болезнь отмечена в девяти южных штатах США (Plumb and Gaines, 1975). При ВЗКС смертность мальков и сеголетков может достигнуть 95% (Plumb, 1971a), взрослые рыбы к заболеванию невосприимчивы или являются его переносчиками.

Возбудитель ВЗКС — герпес-вирус (Wolf and Darlington, 1971), который был выделен из сеголетков канального сомика во время эпизоотии (Plumb, 1972). Он сохраняется в тканевой культуре

клеток американского сомика-кошки. Принято считать, что переносчиком вируса являются производители и передача его происходит через половые клетки или через среду, связанную с процессом размножения (Wellborn et al., 1969; Plumb, 1971b). Однако до сих пор из подозреваемых взрослых особей-переносчиков вирус не выделен. Перенос вируса с зараженной рыбы на мальков и сеголетков может происходить через воду (Plumb, 1972).

Основными носителями вируса являются культивируемые в промышленных масштабах и разводимые в лаборатории рыбы, поскольку в природных популяциях канального сомика характерной для данного заболевания смертности не отмечалось. Смертность наблюдается уже через 32 ч после заражения (Plumb, 1971a), вирус может быть выделен из многих органов пораженной рыбы. Наибольшей активностью вирус обладает в почках (Plumb, 1971c).

Заболевшие рыбы совершают беспорядочные движения или зависают в толще воды вертикально, головой вверх. Иногда болезнь сопровождается и другими симптомами — раздуванием брюшка при наличии жидкости в брюшной полости, пучеглазием, анемией, геморрагией на жабрах, основаниях плавников, коже, в почках и других внутренних органах, отсутствием пищи в кишечнике (Plumb, 1971a, 1972). На течение эпизоотии могут оказывать влияние такие условия культивирования, как низкое содержание кислорода, высокая температура, большая плотность посадки животных, вторичные инфекции, неправильное обращение с животными (Plumb, 1971a, 1973).

Описанные выше симптомы ВЗКС наблюдаются и при других заболеваниях, в том числе при стрессовом синдроме плавательного пузыря (ССПП). Водянка полости тела обычно наблюдается при внутренних бактериальных инфекциях, а пустой кишечник характерен для любой болезни, при которой рыба перестает питаться, поэтому, прежде чем устанавливать диагноз ВЗКС, важно исключить другие болезни, поскольку для ликвидации ВЗКС необходимо уничтожить всех зараженных производителей.

Сеголетков, которые выжили после вспышки ВЗКС, можно выращивать до товарного размера, но сохранять их для размножения нельзя. Особое внимание следует обращать на отправляемую куда-либо партию рыбы, среди которой могут быть носители ВЗКС, чтобы избежать распространения болезни в незараженные районы.

Была изучена иммунная реакция канального сомика на ВЗКС (Heartwell, 1975). Оказалось, что для рыб, не заболевших во время эпизоотии, характерен высокий иммунитет. Однако методы лечения этого заболевания, как и возможность иммунизации рыб против ВЗКС, неизвестны. Для рыб, избежавших заражения, лучшей защитой служит их изоляция от пораженных особей. Кроме того, необходимо тщательно дезинфицировать все оборудование, бывшее в контакте с больной рыбой, а также стерилизовать все емкости, включая пруды, в которых содержались зараженные ры-

бы (Plumb, 1972). Наиболее эффективным средством для стерилизации прудов, в которых наблюдались вспышки ВЗКС, считаются растворы хлора (Fijan et al., 1970).

Геморрагическая септицемия. Возбудителями болезни канального сомика, известной под различными названиями: геморрагическая септицемия, инфекционная брюшная водянка и болезнь красного рта, считаются грамотрицательные бактерии *Aeromonas hydrophila* (ранее *A. liquefaciens*) и *Pseudomonas fluorescens* (Bullock and McLaughlin, 1970). Близкая к ним бактерия *A. salmonicida* вызывает фурункулез лососевых, при котором на теле рыб образуются открытые нарывы типа фурункулов.

Продолжительность инкубационного периода геморрагической септицемии зависит от условий окружающей среды и физического состояния пораженной рыбы, однако обычно не превышает 10—14 дней. Внешние признаки заболевания проявляются в виде неглубоких язв сероватого или красного цвета, воспалений вокруг рта, пучеглазия и вздутия брюшка (связанного с наличием в брюшной полости кроваво-красной или слабопрозрачной жидкости). Внутри тела кроме жидкости в брюшной полости отмечались раздутые и мягкие почки, светлая или зеленого цвета печень, кровь в кишечнике (Snieszko and Bullock, 1968).

Профилактические меры включают получение здоровых производителей, добавление антибиотиков в воду, в которой перевозится рыба, предотвращение контактов с зараженной рыбой, выведение устойчивых к болезни линий сомика (Snieszko and Bullock, 1968).

Для лечения возникших эпизоотий существуют различные эффективные препараты. Можно рекомендовать 50—75 мг хлоромипетина (хлорамфеникол) или окситетрациклина на 1 кг корма (Snieszko and Bullock, 1968; Аноп., 1970) либо нитрофуразон (фурацин), который следует добавлять в корм из расчета 90 мг/кг в течение 10 дней. Если болезнь достигла стадии, когда рыба уже не принимает корм, окситетрациклин или нитрофуразон можно добавлять в воду (Meyer and Hoffman, 1976).

Колумнарис. Это заболевание канального сомика вызывается миксобактерией *Flexibacter columnaris* (ранее известной как *Chondrococcus columnaris*). Характерным признаком является появление на теле сероватых и желтоватых пятен, которые могут развиваться в неглубокие изъязвления. Возможно поражение жабр, приводящее к разрушению жаберных лепестков и нитей (Snieszko and Ross, 1969; Meyer and Hoffman, 1976). При неправильной диагностике и лечении эта болезнь может вызвать высокую смертность.

Бактерии могут передаваться зараженной рыбой, носителями, у которых не наблюдается симптомов болезни, и, возможно, через воду (Snieszko and Ross, 1969). Инкубационный период продолжается около 24 ч в зависимости от условий содержания. К заболеванию восприимчивы особи любых размеров и возрастов (Snieszko and Ross, 1969).

Для предотвращения колумнариса необходимо избегать уплотнения рыб в водоеме, особенно в теплое время года. Профилактические меры предусматривают добавление в емкости для транспортировки и содержания рыб нитрофуразона в количестве 5—10 мг активного компонента на 1 л воды или сульфата меди (1 мг/л в мягкой воде и 2 мг/л в жесткой) (Snieszko and Ross, 1969).

Для лечения рыб с внешними признаками колумнариса можно применять дикват в виде четырехдневных ванн с оптимальной концентрацией катионов диквата 2—4 мг/л. Добавление в воду антибиотиков также является эффективным средством контроля эпизоотии. Для аквариумных рыб Снежко и Росс (1969) рекомендуют 10—20 мл/л хлортетрациклина (ауреомицин) или 5—10 мг/л хлорамфеникола (хлоромицетин). Для ликвидации общей инфекции эффективным может быть добавление 11 г сульфамеразина или 6,6 г окситетрациклина (террамицин) на 100 кг сухого корма в течение 10 дней. Эффективен и нитрофуран (фураназа) в виде часовой ванны (Snieszko and Ross, 1969).

Микозные болезни. Микозы канального сомика обычно возникают как вторичные заболевания после травмы или какого-либо другого заболевания, вызвавшего наружные повреждения. Вместе с тем икра сомика может непосредственно поражаться грибами, которые поселяются сначала на мертвых икринках, а затем распространяются на живые.

Грибы рода *Saprolegnia* — основные возбудители микозов сомика, хотя грибы других родов также могут вызвать вспышки заболеваний как икры, так и рыб всех размеров (Scott and O'Bier, 1962). Виды рода *Saprolegnia* повсеместно распространены в пресной воде и играют важную роль в разложении органического детрита. Присутствие гриба на рыбе легко определить по белому волокнистому налету на одном или нескольких участках тела. То же самое относится и к икре.

При инкубации икры канального сомика в емкостях, находящихся в помещении, она особенно восприимчива к поражению грибами. В природе взрослые самцы оберегают икру и уничтожают мертвых и зараженных икринок. В условиях культивирования такая работа слишком трудоемка и рыбоводы обычно этим не занимаются. Одним из путей решения проблемы может быть использование для инкубации икры родниковой воды, которая меньше заражена грибами, вместо поверхностной. В любом случае для уменьшения отхода икры вследствие заражения часто необходима химическая обработка, которая обычно проводится погружением ее в фунгициды два или более раз в неделю. Обычно применяется малахитовый зеленый (анилиновый краситель, обладающий фунгицидными свойствами) различной концентрации и с разной продолжительностью обработки. Наиболее распространено 3-секундное погружение в раствор с разведением 1 : 15 000. Берроуз (Burrows, 1949) предлагал погружать икру на 1 ч в раствор малахитового зеленого концентрацией 5 мг/л. Бетадин, выпускае-

мый промышленностью антибиотик, также эффективен для лечения микозов, если его использовать в виде 1%-ного раствора. Икру необходимо погружать в этот раствор на 10 мин.

Лечение микозных болезней сеголетков или взрослых особей канального сомика обычно также заключается в погружении их в раствор фунгицида. Часто достаточно 10—30-секундной обработки раствором малахитового зеленого концентрацией 1 : 15 000. Эффективна и более длительная обработка растворами этого же вещества, но в меньших концентрациях (Hoffman, 1969). Клеменс и Снид (Clemens and Sneed, 1958) определили, что часовая ванна в растворе малахитового зеленого концентрацией 0,3 мг/л безопасна для сеголетков сомика, но как более эффективное средство предложили 1 мг/л раствора этого вещества. Постоянная профилактическая обработка канального сомика растворами фунгицидов нежелательна и не является необходимой.

Паразитические простейшие. В пресноводных рыбах, в том числе канальном сомике, паразитируют различные простейшие. Ниже рассмотрены лишь некоторые наиболее распространенные патогенные организмы.

1. *Ichthyophthirius multifiliis*. Инфузория *Ichthyophthirius multifiliis* (рис. 7.1)— возбудитель ихтиофтириоза. *I. multifiliis* поражает наружные покровы различных рыб, включая

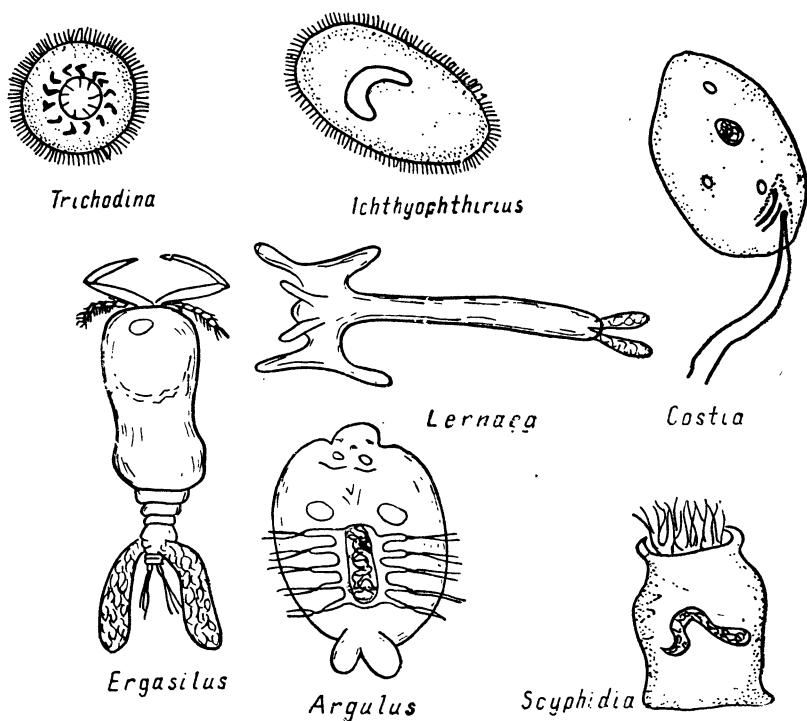


Рис. 7.1. Паразиты, обычно поражающие канального сомика

канального сомика, и может вызывать утолщение эпителия и образование больших количеств слизи (Meуer and Hoffman, 1976). Паразит питается эпителиальными тканями и влагой тела хозяина и может стать причиной высокой смертности рыб.

В прудах или других водоемах пораженные рыбы скапливаются в местах поступления или отвода воды; животные могут тереться о дно или стенки водоема, вероятно, чтобы избавиться от паразитов (Meуer, 1966a; Meуer and Hoffman, 1976). Эпизоотию определяют по появлению на теле рыб белых узелковых утолщений. В дальнейшем все тело животного может покрыться такими утолщениями.

Жизненный цикл *Ichthyophthirius multifiliis* включает развитие взрослого паразита в утолщениях на теле рыбы. В конце концов взрослые инфузории покидают хозяина и на несколько часов становятся свободноплавающими, после чего на подходящих субстратах формируют цисты. Внутри каждой цисты паразит претерпевает многократное деление с образованием огромного количества молодых особей, которые затем выходят из цист и плавают в воде в поисках рыбы, которую они и поражают. После закрепления на теле хозяина паразит развивается во взрослую форму и цикл повторяется (Meуer and Hoffman, 1976).

Эффективные методы лечения эпизоотии на стадиях цисты и внедрения паразита в рыбу отсутствуют, однако возможно уничтожение паразитов на стадии свободного плавания. Поскольку одновременно могут существовать разные стадии паразита, лечение заболевания каким-либо одним методом обычно малоэффективно. Наоборот, для гарантии того, что каждый паразит будет уничтожен в наиболее уязвимый период своего развития, необходимо применять различные способы обработки в течение нескольких дней или недель.

Из разработанных средств и методов лечения можно назвать малахитовый зеленый в концентрациях 0,1—1,25 мг/л в виде ванн (Allison, 1957; Beskert and Allison, 1964; Johnson, 1961) формалин — 15 мг/л при внесении в пруд (Allison, 1957) или 200—250 мг/л в виде часовых ванн (Meуer and Collar, 1964; Davis, 1953), сочетания формалина и малахитового зеленого (Leteux and Meуer, 1972), еженедельную обработку прудов сульфатом меди в концентрации 0,5 мг/л (Meуer, 1966a; Leteux and Meуer, 1972) и соленую воду (Allen and Arvaul, 1970). Джонсон (Johnson, 1976) опробовал на сомиках, зараженных *L. multifiliis*, различные препараты и обнаружил, что при всех указанных выше способах лечения, кроме введения в воду 0,2%-ного (2‰) раствора хлористого натрия, наблюдались повторные инвазии. Смесь формалина и малахитового зеленого Джонсон не испытывал. Эффективными препаратами являются также хлорамин Т и двусернокислый хинин (Johnson, 1976).

Оптимальная температура для развития ихтиофтириоза 21—24 °С, поэтому одним из эффективных способов лечения является повышение температуры воды в емкостях для культивиро-

вания до 29—32 °С (Meyer, 1966a; Johnson, 1976). Поскольку температурный диапазон, в котором развивается ихтиофтириоз, довольно ограничен, его вспышки наблюдаются обычно весной, особенно когда температура воды изменяется.

2. *Trichodina* sp. К наиболее распространенным наружным паразитам, поражающим канального сомика, относятся различные виды рода *Trichodina*. Эти животные паразитируют на теле, плавниках и жабрах рыб. *Trichodina* sp.— простейшие с ресничками по всей периферии клетки. Под микроскопом реснички могут быть плохо различимы (Davis, 1953; Meyer, 1966b). Аборальная поверхность организма имеет клейкий диск, хотя животные часто находятся на поверхности хозяина в быстром движении (Davis, 1947, 1953).

Для триходиноза характерно появление на голове и дорсальной поверхности пораженной рыбы белых пятен неправильной формы. Кроме того, наблюдаются потертости на плавниках и потеря аппетита, связанные с заболеванием (Davis, 1947, 1953). Рыбы выделяют значительные количества слизи и блестят (Hoffman and Lom, 1967). Происходит также некроз покровных тканей (Davis, 1947).

Лечение триходиноза проводится погружением рыб в 30 % -ный раствор поваренной соли, растворы уксусной кислоты (концентрацией 1 : 500) или формалина (концентрацией 1 : 4000) (Davis, 1953). В прудах эффективным может быть добавление в воду 15 мг/л формалина (Amlacher, 1970).

3. *Costia* sp. Среди жгутиковых, поражающих рыб, наиболее обычны представители рода *Costia*. *Costia* sp. Они могут поражать жабры и наружные покровы рыб (Rogers and Gaines, 1975). В результате обильного выделения слизи на теле зараженной рыбы появляются характерные серовато-белые или голубоватые участки отслаивающейся пленки. Результатом заражения может быть некроз кожных покровов (Amlacher, 1970). Костиоз может вызвать высокую смертность. Особенно опасно это заболевание для сеголетков сомика (Davis, 1953).

В зависимости от вида *Costia* представляет собой организм овальной или грушевидной формы, который, если смотреть под микроскопом, совершает быстрые движения (Davis, 1953). Эффективными в борьбе с этим паразитом являются уксуснокислые ванны (концентрация 1 : 500) (Davis, 1953) и раствор формалина в разведении 1 : 4000 (Fish, 1940), а также метиленовый синий, хлорид натрия, перманганат калия и сульфат меди (Amlacher, 1970).

4. Миксоспоридии. Большое внимание ихтиопатологов привлекли паразиты, которые вызывают такое заболевание, как вертеж лососевых. Однако в тепловодной аквакультуре имеют значение и другие миксоспоридии, паразитирующие в рыбах. Один род *Neopetrua* может вызывать эпизоотии с высокой смертностью (McCraigen et al., 1975).

Для канального сомика и других рыб описан ряд видов рода *Neopetrua*. Заражение часто проявляется в виде белых цист на

коже, жабрах, усиках, плавниках и других тканях, включая внутренне. Споры Неппегуа похожи на сперматозоиды. Для микроскопического исследования спор можно использовать соскобы из цист.

Некоторые формы Неппегуа могут вызывать эпизоотии с высокой смертностью. В литературе нет данных об эффективных способах лечения этого заболевания, хотя могут быть использованы методы, применяемые для лечения других микоспорициозов, встречающихся у лососевых. Для лечения внутренних инфекций ни один из известных препаратов непригоден.

Гельминты. Обычно в рыбах присутствуют различные паразитические черви, но в большинстве случаев интенсивность заражения недостаточна, чтобы вызвать серьезные заболевания. Однако при переуплотнении водоема, которое благоприятствует появлению других болезнетворных организмов и паразитов, могут возникать и гельминтозы. Среди плоских червей (Platyhelminthes) исключительно паразитическими формами являются представители классов Trematoda и Cestoda. Некоторые виды скребней (Ascanthocephala) и круглых червей (Annelida) также ведут паразитический образ жизни. У канального сомика большинство гельминтозных заболеваний вызываются моногенетическими сосальщиками.

Различия между моногенетическими и дигенетическими сосальщиками определяются по-разному. Чандлер и Рид (Chandler and Read, 1961) утверждают, что моногенетические сосальщики отличаются от дигенетических тем, что у первых в любой стадии их жизненного цикла отсутствует бесполое размножение, тогда как у дигенетических сосальщиков оно есть. Вилли и др. (Villeg et al., 1963) разделяет этих животных по числу хозяев: так, моногенетические сосальщики имеют в своем жизненном цикле одного хозяина, а дигенетические — двух или более. На практике оба различия существенны, поскольку виды, имеющие одного хозяина (Monogenea), размножаются только половым путем, а для видов с двумя и более хозяевами (Digenea) на некоторых стадиях жизненного цикла наблюдается и бесполое размножение.

Жизненный цикл дигенетических сосальщиков часто включает стадию паразитирования взрослых особей в теле рыбы. Яйца паразита выходят из взрослой трематоды в воду, где превращаются в личинок. Последние внедряются в брюхоногих моллюсков, где происходит их дальнейшее развитие. На личиночных стадиях этот паразит может проникать в личинок поденок (наяду) и инцистироваться внутри них. Рыба, поедающая поденок, оказывается зараженной после того, как циста разрушается и из нее выходят личинки паразитов, развивающиеся затем во взрослых особей (Anon., 1970). Для дигенетических сосальщиков рыба чаще служит промежуточным, а не основным хозяином. Типичными представителями дигенетических сосальщиков, которых можно обнаружить в канальном сомике, являются *Alloglossidium corti* (в кишечнике) и *Clinostomum marginata* (в виде цист в мышцах)

(Meуer, 1966b). Последний паразитирует в рыбе на стадии мирацидия и достигает взрослого состояния только в том случае, если поедается птицами определенного вида. Этот паразит обычно не вызывает серьезных заболеваний, если в хозяйстве осуществляется контроль за рыбоядными птицами. Жизненный цикл различных дигенетических трематод может быть прерван путем уничтожения брюхоногих моллюсков, которые часто служат паразитам промежуточными хозяевами.

Наиболее обычными моногенетическими сосальщиками, поражающими сомика, являются *Gyrodactylus* (встречаются главным образом на теле и плавниках, иногда и на жабрах) и *Cleidodiscus* (только на жабрах). Для борьбы с этими паразитами в прудах эффективен формалин в концентрации 25 мг/л или часовые ванны концентрацией формалина 250 мг/л (Meуer, 1966b); с успехом применялся также Дилокс — раствор перманганата калия (5 мг/л) и раствор дихромата калия (20 мг/л) (Meуer, 1966b; Анон, 1970).

Веслоногие ракообразные — копеподы. Различные паразитические копеподы могут стать причиной заболеваний культивируемых рыб. Внешний вид представителей многих видов веслоногих очень изменился в ходе адаптации к паразитическому образу жизни. Среди наиболее обычных паразитов канального сомика — *Ergasilus*, который встречается на жабрах, и *Argulus* (известный как карповая вошь), поселяющийся на поверхности тела и похожий на чешую (Meуer, 1966b). Оба вида питаются полостной жидкостью хозяина.

Ergasilus похож на свободноживущих циклопидных копепод. Отличие заключается в том, что одна пара антенн превратилась в крепкие крючья и ротовой аппарат предназначен для прокалывания (Bowen, 1966). Симптомами эргасилеза являются затрудненное дыхание, анемия и замедленный рост. Кроме того, распад тканей, связанный с деятельностью паразита, часто приводит к вспышкам бактериальных и других вторичных инфекций. Для борьбы с *Ergasilus* предложено еженедельно вносить в пруд Дилокс в концентрации 0,25 мг/л (Анон, 1970).

Argulus во многих отношениях очень похож на мачехвоста (*Limulus polyphemus*), хотя размеры паразита не превышают нескольких миллиметров. Эпизоотии, связанные с *Argulus*, часто возникают в «здоровых» водоемах в случае попадания туда зараженной рыбы (Bowen and Putz, 1966). При поражении рыб карповой вошью наблюдаются и вторичные инфекции. Больные рыбы совершают беспорядочные движения, их тела приобретают блеск. Одним из симптомов заболевания является уменьшение массы (Bowen and Putz, 1966). Установление диагноза облегчается размерами паразита и его локализацией на поверхности тела. Для лечения аргулеза применялись различные препараты (Bowen and Putz, 1966), но наиболее эффективным остается раствор Дилокса в концентрации 0,25 мг/л.

Третий вид паразитических копепод *Lernaea cyprinicae*, часто называемый прикрепляющимся паразитом, поражает канального

сомика, когда тот выращивается вместе с рыбами, имеющими чешую (Meuer, 1966a). После попадания на рыбу голова паразита видоизменяется и он закрепляется в мышцах хозяина. Для лечения лернеоза эффективен Дилокс в концентрации 0,25 мг/л (Meuer, 1966b; Anon, 1970).

ДРУГИЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ БОЛЕЗНИ РЫБ

Вибриоз. У различных морских и полупроходных рыб встречается заболевание с симптомами геморрагической септицемии, возбудителем которого является бактерия *Vibrio anguillarum*. *Vibrio* sp. вызывают также геморрагическую септицемию у рыб из пресных водоемов (Ross et al., 1968), хотя и не так часто. Один вид *Vibrio* — *V. parahaemolyticus* — может вызывать заболевание не только рыб, но и человека (Bullock and McLaughlin, 1970). У людей эта бактерия вызывает пищевое отравление, поэтому важно избегать эпизоотий, несмотря на то что в Северной Америке рыбу перед употреблением тщательно проверяют.

Изучение вибриоза в лабораторных условиях показало, что эффективными формами его лечения являются инъекции или добавление в пищу антибиотиков (Oppenheimer, 1962; Farrin et al., 1957).

Эвригалинные морские рыбы, выращенные в пресной воде, могут быть высоковосприимчивыми к заражению бактериями. Например, у красного горбыля (*Sciaenops ocellata*) при выращивании в пресноводных прудах и каналах с высокой плотностью посадки наблюдались хронические инфекции *Aeromonas* (Robert V. McGeachin, неопубликованные данные). Кроме того, пораженные рыбы обычно восприимчивы ко вторичным грибковым инфекциям (возможно, *Saprolegnia*). Для лечения бактериальной инфекции необходима постоянная обработка нитрофуразоном (2—3 раза в неделю). Микозы хорошо поддаются действию малахитового зеленого. При прекращении обработки в обоих случаях сразу же возникают рецидивы.

Вирусное заболевание. Вероятно, наиболее распространенным и хорошо изученным вирусным заболеванием, поражающим морских и полупроходных рыб, является лимфоцистис. Эта болезнь наблюдается также у рыб в пресной воде, но в тепловодных хозяйствах значительных проблем не вызывает. Лимфоцистис обычно проявляется в виде беловатых утолщений на плавниках, голове и иногда на теле рыб, которые вызываются увеличением и инкапсуляцией соединительнотканых клеток (Sindermann, 1970c).

Вирусная природа лимфоцистиса предполагалась задолго до того, как Уолкером (Walker, 1962), Уолкером и Вольфом (Walker and Wolf, 1962) была выявлена этиология этого заболевания. Лимфоцистис не приводит к смертельному исходу, но очень заразен (Sindermann, 1970c). В условиях аквакультуры лимфоцистис быстро распространяется и может затруднить реализацию

рыбы. Заболевание было зарегистрировано в бассейне с камбалами рода *Paralichthys* (Stickney and White, 1974). По-видимому, возбудитель попал туда вместе с водой, так как после ее обработки ультрафиолетовыми лучами заболевание прекратилось.

Средства для лечения лимфоцистиса неизвестны. Для предотвращения распространения заболевания больных рыб необходимо уничтожать. Все емкости для культивирования после удаления из них рыб должны быть обработаны раствором хлора.

Паразитарные инфекции. Не только канальный сомик, но и другие рыбы, представляющие интерес в качестве объектов культивирования, восприимчивы к различным паразитам, но в тепловодных хозяйствах не все они приводят к серьезным последствиям. Несомненно, частота возникновения паразитарных эпизоотий будет увеличиваться вместе с развитием морского рыбоводства и появлением новых видов пресноводных рыб в хозяйствах аквакультуры США. Однако уже сейчас во многих странах за пределами США существует проблема паразитарных инфекций (Sindermann, 1970a, 1970c) и способы борьбы с ними заслуживают пристального изучения, поскольку это может пригодиться для борьбы с будущими эпизоотиями в США.

БОЛЕЗНИ И ПАЗАРИТЫ КРЕВЕТОК

Культивирование креветок в США только начинается, тем не менее у морских и пресноводных видов обнаружены различные болезни и паразиты. Хотя ниже рассмотрены лишь болезни и паразиты пенеидных креветок, следует помнить, что подобные заболевания встречаются также у пресноводной креветки и речного рака (Johnson, 1977, 1978). Многие из описанных инфекций наблюдались в природных популяциях или отмечались как случайные у культивируемых креветок. Это не означает, что в будущем не могут возникнуть обширные эпизоотии, в то время как методы лечения болезней и паразитарных инвазий пенеидных креветок разработаны недостаточно хорошо. Описано значительное количество болезней и паразитов, но данных об эффективности отдельных лекарственных препаратов мало. Можно предположить, что родственные заболевания и инвазии рыб и ракообразных лечатся сходными методами, хотя это и не всегда верно, особенно когда токсичность препарата для позвоночных и беспозвоночных животных значительно различается.

Бактерии могут поражать полостную жидкость и экзоскелет пенеидных креветок. Внутри креветок наиболее часто (Johnson, 1975) обнаруживаются бактерии *Vibro* sp. (Lewis, 1974; Vanderzant et al., 1970) и *Pseudomonas* sp. Другие бактерии поражают экзоскелет (Cook and Lofton, 1973) и могут вызывать почернение пораженных областей. Такие кожные заболевания креветок для людей, потребляющих больных животных, неопасны, но они портят товарный вид и затрудняют реализацию.

Личинки морских ракообразных восприимчивы к грибам рода *Lagenidium* и из-за высокой смертности при таких заражениях у различных видов ракообразных, включая пенеидных креветок, последствия заболевания могут быть серьезными (Bland et al., 1976). Микозы личинок ракообразных поддаются лечению малыхитовым зеленым в сочетании с каким-либо другим препаратом (Bland et al., 1976).

По микозам ювенильных и взрослых креветок сведений мало (Lightner and Fontaine, 1973; Overstreet, 1973). Степень распространенности болезни зависит от того, сможет ли гриб поразить здоровые ткани животного или необходима какая-либо первичная инфекция.

На креветках обнаружены различные паразитические простейшие, ведущие эктокомменсальный образ жизни (организмы, живущие на поверхности тела хозяина, но не причиняющие ему явного вреда). Однако паразитические простейшие на внутренних органах могут быть патогенными. Наиболее распространенными среди них являются микроспоридии, которые вызывают болезнь, известную под названием «молочная», или «хлопковая», креветка. Пораженной может оказаться вся мускулатура животного или только некоторые органы (Johnson, 1975). Больные животные приобретают белую окраску и четко выделяются среди здоровых особей. В пораженных тканях содержится большое количество спор. В большинстве случаев больных животных уничтожают. При добыче креветок из природных условий доля пораженных животных очень мала, но при культивировании с высокой плотностью посадки эпизоотии вполне возможны.

Хотя жизненные циклы таких распространенных микроспоридий, как *Nosema*, *Pleistophora* и *Thelohanía*, точно не известны, Джонсон (Johnson, 1975) предложил теорию, по которой споры паразитических простейших заглатываются креветками, после чего развивается заболевание. Возможно, споры из зараженных креветок попадают в воду, что влечет за собой поражение других особей.

В креветках паразитируют и гельминты, включая трематод, цестод и нематод, хотя случаи массовой гибели от их инвазий не зарегистрированы. Нематод обычно находят в природных популяциях креветок (Johnson, 1975). Пенеидные креветки могут быть иногда промежуточными хозяевами некоторых паразитических нематод, таких, как *Thynnascaris* sp. (Johnson, 1975).

Пресноводные креветки (*Macrobrachium*) и речные раки (главным образом *Cambarus* spp., *Orconectes* spp. и *Procambarus* spp.) восприимчивы к тем же болезням и паразитам, что и пенеидные. Известны разнообразные бактерии, грибы, простейшие, гельминты, равноногие и ракушковые рачки и другие организмы, поражающие пресноводных креветок и речных раков (Johnson, 1977). Как и в случае с пенеидными креветками, методы лечения заболеваний, вызываемых этими организмами, не разработаны.

ПАНЦИРНАЯ БОЛЕЗНЬ РАКООБРАЗНЫХ

У различных ракообразных встречается форма некроза экзоскелета, обычно называемая панцирной болезнью. Отмечавшиеся случаи этого заболевания и виды, которые ему подвержены, приведены в работе Розена (Rosen, 1970).

Как морские, так и пресноводные виды культивируемых ракообразных поражаются этой болезнью. В США она представляет особый интерес, поскольку голубой краб (*Callinectes sapidus*) и американский омар (*Homarus americanus*) — представители ракообразных Северной Америки, наиболее часто подвергающиеся заражению панцирной болезнью. В настоящее время их промышленное культивирование не налажено, но оба вида изучаются или считаются потенциальными объектами аквакультуры.

Синдром панцирной болезни включает развитие некротических повреждений экзоскелета. Сначала повреждения могут иметь вид небольших круглых углублений красновато-коричневого цвета. Затем в этих углублениях образуются области разрушенного скелета, размеры которых со временем увеличиваются. В некоторых случаях значительные участки экзоскелета оказываются поврежденными (Rosen, 1970).

Возбудители панцирной болезни ракообразных окончательно не установлены, однако наиболее вероятно, что это хитиноразрушающие бактерии (Rosen, 1970), которые распространены повсеместно в водной среде (Leag, 1963) и, возможно, поражают ракообразных вслед за разрушением естественных защитных механизмов эпикутикулы экзоскелета (Rosen, 1970).

Смертность может наблюдаться в течение нескольких месяцев с начала заражения. Однако если животное успеет пережить линьку, то болезнь «уйдет» со старым скелетом (Rosen, 1970). Очевидно, инфекция ограничивается экзоскелетом и не поражает мягкие ткани. Заболевание очень заразное (Rosen, 1970), особенно при высокой плотности посадки животных, которая фактически всегда наблюдается в условиях культивирования.

БОЛЕЗНИ И ВРАГИ УСТРИЦ

Устричный микоз. При культивировании устриц в теплой воде часто возникает болезнь, вызываемая грибом *Labyrinthomyxa marina* (= *Dermocystidium marinum*). Заболевание связано непосредственно с высокой плотностью посадки выращиваемых устриц (Maskin, 1961). Болезнь не поражает молодь (несколько месяцев), смертность растет пропорционально возрасту и размеру животных (Sindermann, 1970c). Менцель и Хопкинс (Menzel and Hopkins, 1955) установили, что микоз снижает темп роста вплоть до его остановки, а в конечном итоге вызывает гибель особи.

Распространение *Labyrinthomyxa marina* ограничивается холодной водой и низкой соленостью, поэтому, например, в Чесапикском заливе болезнь возникает только в некоторые периоды года,

тогда как в Мексиканском заливе заболевание может встречаться на протяжении всего года. В результате вспышки микоза при обычных условиях окружающей среды на Гавайях в 1972 г. погибло 30—34 млн. устриц (90—99% популяции моллюска) (Kern et al., 1973). Снижение температуры и солености воды — единственные средства для лечения эпизоотий, вызываемых *L. patina*. Первые попытки селекции устриц на их устойчивость к заболеванию успеха не имели (Vardach et al., 1972).

Гистопатология микоза устриц изучена Мэкином (Maskin, 1961). Для ранних стадий инфекции характерны воспаление, а затем фиброз и обширный лизис тканей. При высоких температурах и солености могут поражаться все ткани, но наибольшему разрушению подвергаются соединительные ткани, пищеварительный эпителий и кровеносные сосуды.

Враги устриц. Хотя и не в такой степени, как болезни или паразиты, но некоторые враги также могут быть причиной высокой смертности устриц в естественных и культивируемых популяциях. Основными врагами устриц являются морские звезды, кольчатые черви, хищные брюхоногие моллюски, крабы, рыбы, сверлящие губки, головоногие моллюски (Lunz, 1940; Hopkins, 1956; Sindermann, 1970b).

Одни из самых серьезных врагов устриц — брюхоногие моллюски, называемые устричными сверлами. Два вида — *Urosalpinx cinerea* и *Eupleura caudata* — наносят значительный вред *Crassostrea virginica*. Они распространены от п-ова Кейп-Код до Флориды вдоль Восточного побережья США и в незначительном количестве — вдоль Мексиканского побережья (Galtsoff et al., 1937). Устричные сверла могут вытачивать в раковинах устриц и других моллюсков круглые отверстия при помощи специального режущего органа, называемого радулой, который содержит тысячи расположенных рядами крошечных хитиновых зубчиков (Galtsoff et al., 1937). Как только раковина просверлена, «сверло» начинает питаться ее содержимым. Детали строения и функции хоботка устричного сверла были изучены Кэррикером (Carriker, 1943). Оптимальная температура для развития ранних стадий *U. cinerea* 20—25 °C (Ganaros, 1958).

Методы ликвидации устричных сверл и контроля их численности заключаются в отлове их ловушками (Nelson, 1931) и использовании различных химических препаратов (Loosanoff et al., 1960; MacKenzie, 1970). Другой эффективный способ решения этой проблемы — выращивание устриц на коллекторах или в корзинах. Хищных моллюсков могут собирать водолазы, но этот метод дорогостоящий и трудоемкий.

Морские звезды также приводят к значительным разрушениям устричных банок вдоль Атлантического побережья США. Разрушителем является *Asterias forbesi*, которая в лабораторных условиях ежедневно уничтожала пять годовиков устриц (Loosanoff and Engle, 1942). Эффективным средством уничтожения звезд и контроля их численности на протяжении значительных периодов

времени является известь. Можно также изолировать устриц от звезд, выращивая моллюсков в подвешенном состоянии. Разрезание звезд как способ их уничтожения неэффективно, так как каждый кусок часто регенерирует в нового хищника. Инъекции формальдегида убивают звезду, но для их выполнения необходимы водолазы.

Многощетинковый червь (*Polydora websteri*) образует уродливые черные участки на внутренней поверхности устричных раковин (в результате чего моллюск становится непригодным для продажи) и делает раковину хрупкой (MacKenzie and Shearer, 1961). Сильно пораженные особи слабеют и в конечном итоге погибают (Roughley, 1922, 1925). Выращивание моллюсков в подвешенном состоянии может до некоторой степени защитить их от этого червя (Loosanoff and Engle, 1943).

ПАЗАРИТЫ, ПАЗАЖАЮЩИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Многие беспозвоночные, представляющие интерес для аквакультуры, могут поражаться различными паразитами, однако, как и в случае с креветками, эпизоотий, приводящих к массовой гибели, обычно не наблюдается. Это объясняется главным образом отсутствием у американских специалистов опыта по выращиванию морских беспозвоночных. По мере развития аквакультуры частота и опасность паразитарных заболеваний могут возрастать.

Из наружных паразитов, которые встречаются у культивируемых беспозвоночных, заслуживают внимания усоногие раки. Эгих животных обычно обнаруживают на карапаксе крабов, креветок и других беспозвоночных (а также на таких позвоночных, как зеленая черепаха). В большинстве случаев усоногие не представляют опасности для выживания, роста или пригодности для продажи культивируемых организмов. Кроме того, эти комменсалы сбрасываются при линьке. Возможно, их развитие на некоторых участках тела хозяина могло бы привести к ухудшению зрения или движения, но такие случаи редки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Allen, K. O., and J. M. Avault, Jr. 1970. Effects of brackish water on ichthyophthiriasis of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 32: 227—230.

Allison, R. 1957. Some new results in the treatment of ponds to control some external parasites of fish. *Prog. Fish-Cult.* 19: 58—63.

Amlacher, E. 1970. *Textbook of fish diseases*. T. F. H. Publications, Jersey City, N. J. 302 p.

Andrews, J. W., and T. Murai. 1975. Studies on the vitamin C requirements of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 105: 557—561.

Anonymous. 1970. Report to the fish farmers. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Resource Publication 83. 124 p.

Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture*. Wiley-Interscience, New York. 868 p.

- Beckert, H., and R. Allison. 1964. Some host responses of white catfish to *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 18: 438—441.
- Bland, C. E., D. G. Ruch, B. R. Salser, and D. V. Lightner. 1976. Chemical control of *Lagenidium*, a fungal pathogen of marine crustacea. Proc. World Maricult. Soc. 7: 445—472.
- Bowen, J. T. 1966. Parasites of freshwater fish. IV. Miscellaneous 4. Parasitic copepods *Ergasilus*, *Achtheres*, and *Salmincola*. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet No. 4.4 p.
- Bowen, J. T., and R. E. Putz. 1966. Parasites of freshwater fish. IV. Miscellaneous 3. Parasitic copepod *Argulus*. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 3. 4 p.
- Bullock, G. L., and J. J. A. McLaughlin. 1970. Advances in knowledge concerning bacteria pathogenic to fishes (1954—1968). In S. F. Snieszko (Ed.), A symposium on diseases of fishes and shellfishes. American Fisheries Society, Special Publication 5. American Fisheries Society, Washington, D. C.. pp. 231—242.
- Burrows, R. E. 1949. Prophylactic treatment for control of fungus (*Saprolegnia parasitica*) on salmon eggs. Prog. Fish-Cult. 11: 97—103.
- Carriker, M. R. 1943. On the structure and function of the proboscis in the common oyster drill, *Urosalpinx cinerea* Say. J. Morphol 73: 441—506.
- Chandler, A. C., and C. P. Read. 1961. Introduction to parasitology. Wiley, New York. 822 p.
- Clary, J. R., and S. D. Clary. 1978. Swim bladder stress syndrome. Salmonid. March-April: 8—9.
- Clemens, H. P., and K. E. Sneed. 1958. The chemical control of some diseases and parasites of channel catfish. Prog. Fish-Cult. 20: 8—15.
- Cook, D. W., and S. R. Lofton. 1973. Chitinoclastic bacteria associated with shell disease in *Penaeus* shrimp and the blue crab (*Callinectes sapidus*). J. Wildl. Dis. 9: 154—158.
- Cruz, E. M. 1975. Determination of nutrient digestibility in various classes of natural and purified feed materials for channel catfish. Ph. D. dissertation, Auburn University, Auburn, Ala. 90 p.
- Davis, H. S. 1947. Studies of the protozoan parasites of fresh-water fishes. Fish. Bull. 41: 1—29.
- Davis, H. S. 1953. Culture and diseases of game fishes. University of California Press, Berkeley, 332 p.
- Dupree, H. K. 1966. Vitamins essential for growth of channel catfish. U. S. Bureau of Sport Fish and Wildlife, Technical Paper 7. 12 p.
- Dupree, H. K. 1977. Vitamin requirements. In R. R. Stickney and R. T. Lovell (Eds.), Nutrition and feeding of channel catfish. Southern Cooperative Series Bulletin 218, pp. 26—29.
- Farrin, A. E., L. W. Scattergood, and C. J. Sindermann. 1957. Maintenance of immature sea herring in captivity. Prog. Fish-Cult. 19: 183—189.
- Fijan, N. 1968. Progress report on acute mortality of channel catfish fingerlings caused by a virus. Bull. Off. Int. Epiz. 69: 1167—1168.
- Fijan, N. N., T. L. Wellborn, Jr., and J. P. Naftel. 1970. An acute viral disease of channel catfish. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Paper 43. 11 p.
- Fish, F. F. 1940. Formalin for external protozoan parasites. Prog. Fish-Cult. (old series). 48: 1—10.
- Galtsoff, P. S., H. F. Prytherch, and J. B. Engle. 1937. Natural history and methods of controlling the common oyster drills (*Urosalpinx cinerea* Say and *Eupleura caudata* Say). U. S. Bureau of Fisheries, Fishery Circular 25. 24 p.
- Ganaros, A. E. 1958. On development of early stages of *Urosalpinx cinerea* (Say) at constant temperatures and their tolerance to low temperatures. Biol. Bull. 114: 188—195.

- Halver, J. E. 1953. Fish diseases and nutrition. *Trans. Am. Fish. Soc.* 83: 254—261.
- Heartwell, C. M. III. 1975. Immune response and antibody characterization of the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to a naturally pathogenic bacterium and virus. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Technical Paper 85. 34 p.
- Hoffman, G. L. 1969. Parasites of freshwater fish. I. Fungi. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 21. 6 p.
- Hoffman, G. L., and J. Lom. 1967. Observations on *Tripartiella bursiformis*, *Trichodina nigra* and a pathogenic trichodinid, *Trichodina fultoni*. *Bull. Wildl. Dis. Assoc.* 3: 156—159.
- Hopkins, S. H. 1956. The boring sponges which attack South Carolina oysters, with notes on some associated organisms. *Contribution to the Bears Bluff Laboratory* 23: 30 p.
- Johnson, S. K. 1961. Ichthyophthiriasis in a recirculating closed-water hatchery. *Prog. Fish-Cult.* 20: 129—132.
- Johnson, S. K. 1975. Handbook of shrimp diseases. Texas A & M University Sea Grant Publication, TAMU-SG-75-603. College Station. 19 p.
- Johnson, S. K. 1976. Laboratory evaluation of several chemicals as preventatives of ich disease. In *Proceedings of the 1976 fish farming conference and annual convention of the Catfish Farmers of Texas*. Texas A & M University, College Station, pp. 91—96.
- Johnson, S. K. 1977. Crawfish and freshwater shrimp diseases. Texas A & M University Sea Grant Publication, TAMU-SG-77-605. College Station. 19 p.
- Johnson, S. K. 1978. Some disease problems in crawfish and freshwater shrimp culture. Texas A & M University Fish Disease Diagnostic Laboratory Leaflet FDDL-S11, College Station. 5 p.
- Kern, F. G., L. C. Sullivan, and M. Takata. 1973. Labyrinthomyxalike organisms associated with mass mortalities of oysters, *Crassostrea virginica*, from Hawaii. *Proc. Nat. Shellfish. Assoc.* 63: 43—46.
- Kudo, R. R. 1954. *Protozoology*, 4th ed. Thomas, Springfield, Ill. 966 p.
- Lear, D. W. 1963. Occurrence and significance of chitinoclastic bacteria in pelagic waters and zooplankton. In C. Oppenheimer (Ed.), *Symposium on marine technology*. Thomas, Springfield, Ill., pp. 594—610.
- Leteux, F., and F. P. Meyer. 1972. Mixtures of malachite green and formalin for controlling *Ichthyophthirius* and other protozoan parasites of fish. *Prog. Fish-Cult.* 34: 21—26.
- Lewis, D. H. 1974. Response of brown shrimp to infection with *Vibrio* sp. *Proc. World Maricult. Soc.* 4: 333—338.
- Lightner, D. V., and C. T. Fontaine. 1973. A new fungus disease of the white shrimp *Penaeus setiferus*. *J. Invertebr. Pathol.* 22: 94—99.
- Loosanoff, V. L., and J. B. Engle. 1942. Use of lime in controlling starfish. U. S. Fish and Wildlife Service, Resource Report 2. 29 p.
- Loosanoff, V. L., and J. B. Engle. 1943. *Polydora* in oysters suspended in the water. *Biol. Bull.* 85: 69—78.
- Loosanoff, V. L., C. L. MacKenzie, Jr., and L. W. Shearer. 1960. Use of chemicals to control shellfish predators. *Science*. 20: 1522—1523.
- Lovell, R. T. 1975. Nutritional diseases in channel catfish. *FAO Technical Conference on Aquaculture*, Kyoto, Japan, FIR: AQ/Conf/76/E.6.
- Lovell, R. T., and C. Lim. 1978. Vitamin C in pond diets for channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 321—325.
- Lunz, G. R., Jr. 1940. The annelid worm, *Polydora*, as an oyster pest. *Science*. 92: 310.
- MacIntyre, P. A. 1960. Tumors of the thyroid gland in teleost fishes. *Zoologica*, 45: 161—170.
- MacKenzie, C. L. 1970. Control of oyster drills, *Eupleura caudata* and *Urosalpinx cinerea*, with the chemical Polystream. *Fish. Bull.* 68: 285—297.

MacKenzie, C. L., Jr., and L. W. Shearer. 1961. Chemical control of *Polydora websteri* and other annelids inhabiting oyster shells. Proc. Nat. Shellfish. Assoc. 50: 105—111.

Mackin, J. G. 1951. Histopathology of infection of *Crassostrea virginica* (Gmelin) by *Dermocystidium marinum* Mackin, Owen, and Collier. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 1: 72—87.

Mackin, J. G. 1961. Mortalities of oysters. Proc. Nat. Shellfish. Assoc. 51: 21—40.

McCrary, J. P., M. L. Landolt, G. L. Hoffman, and F. P. Meyer. 1975. Variation in response of channel catfish to *Henneguya* sp. infections (Protozoa: Myxosporidea). J. Wildl. Dis. 11: 2—7.

Marine, D. 1914. Further observations and experiments on goitre (so-called thyroid carcinoma) in brook trout (*Salvelinus fontinalis*). III. Its prevention and cure. J. Exp. Med. 19: 70—88.

Marine, D., and C. H. Lenhart. 1910. Observations and experiments on the so-called thyroid carcinoma of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and its relation to ordinary goitre. J. Exp. Med. 12: 311—337.

Marine, D., and C. H. Lenhart. 1911. Further observation and experiments on the so-called thyroid carcinoma of the brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and its relation to endemic goitre. J. Exp. Med. 13: 455—475.

Menzel, R. W., and S. H. Hopkins. 1955. The growth of oysters parasitized by the fungus *Dermocystidium marinum* and by the trematode *Bucephalus cuculus*. J. Parasitol. 41: 333—342.

Meyer, F. P. 1966a. Parasites of freshwater fishes. II. Protozoa 3. Ichthyophthirius multifiliis. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 2. 4 p.

Meyer, F. P. 1966b. Parasites of freshwater fishes. IV. Miscellaneous. 6. Parasites of catfishes. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 5. 7 p.

Meyer, F. P. 1967. The impact of diseases on fish farming. Am. Fishes Trout News. March-April.

Meyer, F. P. 1968. Treatment tips, how to determine quantities for chemical treatment in fish farming. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Resource Publication 66. 17 p.

Meyer, F. P., and J. D. Collar. 1964. Description and treatment of a *Pseudomonas* infection in white catfish. Appl. Microbiol. 12: 201—203.

Meyer, F. P., and G. L. Hoffman. 1976. Parasites and diseases of warm-water fishes. U. S. Fish and Wildlife Service, Resource Publication 127. 20 p.

Meyer, F. P., R. A. Schnick, K. B. Cumming, and B. L. Berger. 1976. Registration status of fishery chemicals, February, 1976. Prog. Fish-Cult. 38: 3—7.

Murai, T., and J. W. Andrews. 1975. Pantothenic acid supplementation of diets for catfish fry. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 313—316.

Nelson, J. R. 1931. Trapping the oyster drill. New Jersey Agriculture Experimental Station Bulletin 532, New Brunswick. 12 p.

Oppenheimer, C. H. 1962. On marine fish diseases. In G. Borgstrom (Ed.), Fish as food. Vol. 2. Academic Press, New York, pp. 541—572.

Overstreet, R. M., 1973. Parasites of some penaeid shrimps with emphasis on reared hosts. Aquaculture, 2. 105—140.

Plumb, J. A. 1971a. Channel catfish virus disease in southern United States. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 25. 489—493.

Plumb, J. A. 1971b. Channel catfish virus research at Auburn University. Agriculture Experimental Station. Auburn University Progress Report Series 95, Auburn, Ala. 4 p.

Plumb, J. A. 1971c. Tissue distribution of channel catfish virus. J. Wildl. Dis. 7: 213—216.

Plumb, J. A. 1972. Channel catfish virus disease. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Fish Disease Leaflet 18 (revised). 4 p.

Plumb, J. A. 1973. Effects of temperature on mortality of fingerling channel catfish (*Ictalurus punctatus*) experimentally infected with channel catfish virus. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 568—570.

Plumb, J. A., and J. L. Gaines, Jr. 1975. Channel catfish virus disease, In W. E. Ribelin and G. Migaki (Eds.), *The pathology of fishes*. University of Wisconsin Press, Madison, pp. 287—302.

Rogers, W. A., and J. L. Gaines, Jr. 1975. Lesions of protozoan diseases in fish. In W. E. Ribelin and G. Migaki (Eds.), *The pathology of fishes*. University of Wisconsin Press, Madison, pp. 117—141.

Rosen, B. 1970. Shell disease of aquatic crustaceans. In S. F. Snieszko (Ed.), *A symposium on diseases of fishes and shellfishes*. American Fisheries Society Special Publication 5. American Fisheries Society, Washington, D. C., pp. 409—415.

Ross, A., J. E. Martin, and V. Bressler. 1968. *Vibrio anguillarum* from an epizootic in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in the U. S. A. *Bull. Off. Int. Epiz.* 69: 1139—1148.

Roughley, T. C. 1922. Oyster culture on the George's River, New South Wales. Technical Education Series, Technological Museum, Sydney, Vol. 25. pp. 1—69.

Roughley, T. C. 1925. The story of the oyster. *Aust. Mus. Mag.* 2: 1—32.

Rucker, R. R., H. E. Johnson, and G. M. Kaydas. 1952. An interim report on gill disease. *Prog. Fish-Cult.* 14: 10—14.

Scott, W. W., and A. H. O'Bier. 1962. Aquatic fungi associated with diseased fish and fish eggs. *Prog. Fish-Cult.* 24: 3—15.

Simco, B. A., and F. B. Cross. 1966. Factors affecting growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Univ. Kans. Publ. Mus Hist.* 17: 1—191.

Sindermann, C. J. 1970a. Disease and parasite problems in marine aquaculture. In W. J. McNeil (Ed.), *Marine aquaculture*. Oregon State University Press, Corvallis, pp. 103—134.

Sindermann, C. J. 1970b. Predators and diseases of commercial marine mollusca of the United States. *Ann. Rep. Am. Malacol. Union*, 1970: 35—36.

Sindermann, C. J. 1970c. Principal diseases of marine fish and shellfish. Academic Press, New York. 369 p.

Snieszko, S. F. 1972. Nutritional fish diseases. In J. E. Halver (Ed.), *Fish nutrition*. Academic Press, New York, pp. 403—437.

Snieszko, S. F., and G. L. Bullock. 1968. Freshwater fish diseases caused by bacteria belonging to the genera *Aeromonas* and *Pseudomonas*. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 11. 7 p.

Snieszko, S. F., and A. J. Ross. 1969. Columnaris disease of fishes. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 16. 4 p.

Stickney, R. R., and D. B. White. 1974. Lymphocystis in tank-cultured flounder. *Aquaculture*. 4, 307—308.

Strout, R. G. 1962. A method for concentrating hemoflagellate. *J. Parasitol.* 48: 100.

Vanderzant, C., R. Nickelson, and J. C. Parker. 1970. Isolation of *Vibrio parahaemolyticus* from Gulf coast shrimp. *J. Milk Food Technol.* 33: 161—162.

Villee, C. A., W. F. Walker, Jr., and F. E. Smith. 1963. *General zoology*. Saunders, Philadelphia. 848 p.

Walker, R. 1962. Fine structure of lymphocystis virus of fish. *Virology*, 18, 503—505.

Walker R., and K. E. Wolf. 1962. Virus array in lymphocystis cells of sunfish. *Am. Zool.* 2: 566.

Wellborn, T. L., N. N. Fijan, and J. P. Naftel. 1969. Channel catfish virus disease. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 18. 3 p.

Wolf, K., and R. W. Darlington. 1971. Channel catfish virus: A new herpesvirus of ictalurid fishes, *J. Virol.* 8: 525—533.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Duijn, C. V., Jr. 1967. Diseases of fishes. Iliffe Books, London. 309 p.
- Hoffman, G. L. 1967. Parasites of North American freshwater fishes. University of California Press, Berkeley. 486 p.
- Meyer, F. P. 1966. A review of the parasites and diseases of fishes in warm-water ponds in North America. FAO World Symposium on Warm-water Pond Fish Culture, Rome. FS:IX/R3. 29 p.
- Sindermann, C. J., and A. Rosenfield. 1967. Principal diseases of commercially important marine bivalve mollusca and crustacea. Fish. Bull. 66: 335—385.
- Snieszko, S. F. (Ed.). 1970. A symposium on diseases of fishes and shellfishes. American Fisheries Society Special Publication 5. American Fisheries Society, Washington, D. C. 526 p.
- Wellborn, T. L., Jr., and W. A. Rogers. 1966. A key to the common parasitic protozoans of North American fishes. Zoology-Entomology Department Series 4, Auburn University, Auburn, Ala. 17 p.

ОБЛОВ И ПЕРЕРАБОТКА РЫБЫ**ОБЛОВ В ИНТЕНСИВНЫХ СИСТЕМАХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

Одним из основных преимуществ интенсивного культивирования является простота, с которой производится облов в системах практически всех типов. В замкнутых системах с оборотным водоснабжением, а также в открытых системах с бассейнами или каналами воду просто спускают, а рыбу вычерпывают. В больших каналах и круглых бассейнах воду можно слить частично, а животных сконцентрировать в сравнительно небольшом пространстве, используя для этого передвижные экраны. По мере облова сетью объем, в котором заключены оставшиеся животные, можно постепенно уменьшать путем перемещения экранов и дальнейшего снижения уровня воды.

В большинстве случаев животных, выловленных в системах интенсивного культивирования, сразу загружают в специальные емкости для доставки на перерабатывающие заводы. Системы культивирования в закрытых помещениях следует устраивать таким образом, чтобы транспортные средства могли подъезжать как можно ближе к каждой емкости для культивирования, или предусматривать какой-либо способ перегрузки выловленных животных на погрузочную площадку. Облов садков также, как правило, не вызывает затруднений. Садки можно отбуксировать на мелководье и выгрузить из них рыбу. Для перегрузки выловленной сетью из садков рыбы в транспортную цистерну удобно использовать помост, оборудованный блоком. Кроме этого весь садок можно поднять из воды, но это не лучший способ, так как тяжелый садок с рыбой при этом может сломаться. Если садки небольшие (рис. 8.1), этого можно почти не опасаться, но для выращивания рыбы могут использоваться и садки объемом 1 м³ и более, в которых содержится несколько сотен килограммов рыбы.

Для интенсивных систем культивирования значительных капиталовложений в оборудование для облова, как правило, не требуется; самую значительную статью расходов могут составлять сети. Размеры ячеи и другие параметры подъемных сетей значительно различаются, поэтому для каждой системы можно заказать сети, максимально удовлетворяющие ее потребностям. Для отлова личинок, мальков, молоди и взрослых рыб применяются сети с

различным размером ячеи. Для облова используются, как правило, сети со сравнительно крупной ячеей, но в то же время ячея не должна быть настолько большой, чтобы особи среднего размера, но уже пригодные для продажи, могли ускользнуть или запутаться в сети. Для отлова канального сомика лучше использовать смоленные сети. В несмоленных сетях рыба часто запутывается. Извлечение запутавшихся в сетях сомиков требует много времени, может причинить рыбам вред и часто приводит к травмам рук у обслуживающего персонала.

В конце сезона выращивания в одной емкости для культивирования могут оказаться особи разных размеров. Если некоторые особи слишком малы для продажи, их необходимо отделить от остальных и продолжать выращивание, пока они не достигнут требуемых размеров. Такую сортировку можно выполнить вручную, но для этого нужен наметанный глаз. Кроме того, это замедлит облов, поскольку придется поочередно осматривать многих рыб. В настоящее время разработаны сортировочные устройства, автоматические сортирующие рыб по размерам. Большинство таких устройств состоит из деревянных или металлических планок, устанавливаемых на определенном расстоянии друг от друга. Более мелкие особи проходят между планками, а крупные задерживаются.

Сортировочные машины полезно использовать не только для отделения рыб, непригодных для реализации, но и для разделения мальков на группы по размерам при зарыблении водоемов. Сортировочные устройства, используемые для этой цели, состоят из планок, установленных значительно ближе друг к другу, чем в устройствах, применяемых при облове, и выпускаются различных размеров. Существуют также плавучие сортировочные устройства. Выловленных сетью животных помещают в такие устройства, установленные непосредственно в емкости для культивирования. Слишком мелкие рыбы уходят обратно в пруд, бассейн, садок или канал, в то время как особи, пригодные для продажи, остаются в устройстве, из которого их перегружают в специально оборудованный автомобиль. Подобное сортировочное устройство может быть выполнено на месте в хозяйстве.

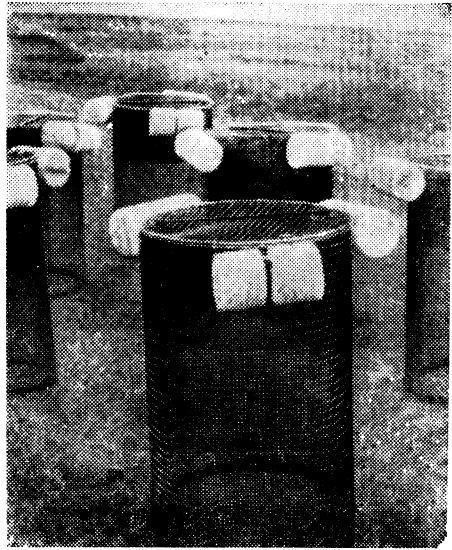


Рис. 8.1. Экспериментальные садки (высота приблизительно 1 м, диаметр 0,5 м)

ОБЛОВ В ЭКСТЕНСИВНЫХ СИСТЕМАХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Облов в прудах значительно облегчается, если пруды имеют правильную форму, достаточно отлогие берега и удобный подъезд для транспорта хотя бы к одной из сторон пруда. Кроме того, для быстрого спуска воды из пруда должны быть предусмотрены трубы большого диаметра и камера для облова вблизи водовыпуска. Далеко не все пруды сооружены подобным образом. Наименьшее значение из указанных выше показателей имеет правильность формы. В ряде случаев удобнее сооружать пруды с учетом природных особенностей ландшафта, чем проводить на участке большие работы для придания им квадратной или прямоугольной формы. Важно, чтобы дно пруда было чистым и гладким. Если пруды, в которых разводят рыбу, не имеют водостоков, воду можно выкачивать насосами.

В большинстве случаев перед обловом пруды полностью не осушают, но уровень воды снижают (например, наполовину), чтобы сконцентрировать рыбу. После этого неводом отлавливают большую часть рыбы. В прудах, где уровень воды предварительно не был снижен, невод нужно тянуть дольше, и вся операция часто менее эффективна, чем облов с предварительным снижением уровня (рис. 8.2). В небольших прудах облов неводом можно производить вручную, а в крупных прудах невод можно тянуть тракторами или грузовиками. Когда большая часть рыбы выловлена в результате первого облова, уровень воды можно еще снизить и облов повторить. Если имеется специальная камера для облова (рыбосборник), то после полного осушения пруда вся рыба оста-



Рис. 8.2. Облов пруда неводом

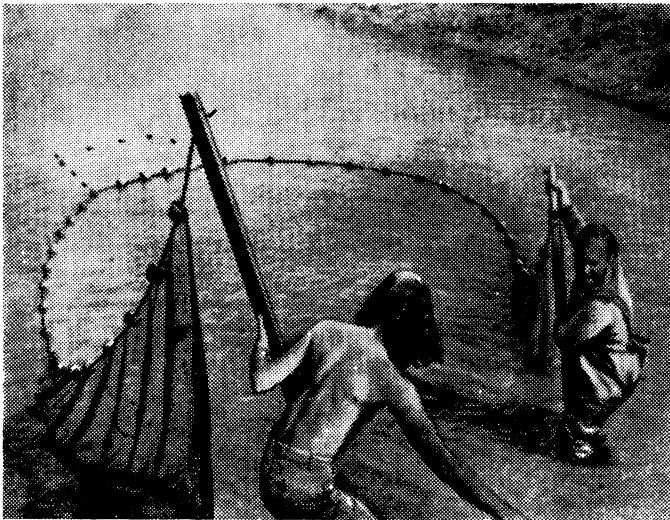


Рис. 8.3. Облов пруда неводом с мотней

нется в ней, а оттуда ее можно выловить с помощью подъемных сетей (сачков).

Часто при промышленном разведении канального сомика применяют многократный облов. При этом особи, пригодные для продажи, отлавливаются периодически в течение сезона выращивания, а особи, не достигшие требуемых размеров, возвращаются обратно в пруд. При этом пруды не осушают. Вместо выловленной рыбы в пруд могут быть запущены мальки, либо сначала вылавливают основную часть рыбы из пруда, а затем его снова заселяют.

Ширина невода должна примерно в 1,5 раза превышать ширину пруда, так чтобы во время облова невод выгибался дугой (см. рис. 8.2). Для увеличения вместимости к неводу можно прикрепить еще специальный мешок (так называемая мотня) (рис. 8.3). Помимо увеличения вместимости невода такой мешок может уменьшить также число рыб, избегающих сетей. Глубина невода должна, по крайней мере, в 2 раза превышать глубину облавливаемого водоема, а при облове канального сомика это превышение может быть и трехкратным, так как сеть обязательно должна идти по дну. Ячей невода должна быть достаточно мелкой, чтобы задержать всех особей, достигших определенного размера, но не меньше, поскольку уменьшение размера ячеек ведет к увеличению сопротивления сети в воде и ее становится труднее тянуть. Кроме того, с уменьшением размеров ячеек стоимость сетей возрастает.

Верхняя кромка поплавкового невода имеет, как правило, стандартную конфигурацию и состоит из веревки, на которой с опре-

деленными интервалами закреплены куски пробки, пластика, пенопласта или другого материала, обеспечивающего плавучесть. Нижнюю кромку невода, как правило, изготавливают из веревки, к которой с определенными интервалами крепят свинцовые грузила. В последнее время выпускается специальная веревка со свинцовым сердечником. В прудах с илистым дном применение обычной веревки со свинцовыми грузилами часто неэффективно, поскольку веревка зарывается в ил и застревает в нем, из-за чего невод заворачивается и рыбы из него ускользают. В таких случаях следует использовать специальные снасти, состоящие из нескольких веревок сравнительно небольшого диаметра, свободно связанных вместе. Эти веревки изготавливаются из материалов, хорошо поглощающих воду (например, хлопка). Такие снасти только касаются дна, но не зарываются в него и не поднимают осадка, поэтому число уходящих под сеть рыб уменьшается. В прудах с твердым дном такие сети быстро изнашиваются и перетираются.

Облов — наиболее трудоемкая стадия процесса культивирования. На облове занято несколько человек, даже если невод тянут грузовиками или тракторами.

Отловленную рыбу необходимо немедленно загружать в специальный транспорт. Погрузка осуществляется в основном вручную; иногда применяют средства механизации.

ПЕРЕВОЗКА ЖИВОЙ РЫБЫ

Куда бы ни доставлялась выращенная в хозяйстве рыба — на другое хозяйство, в местный ресторан, на оптовый рынок, рыбокомбинат — она должна быть доставлена в живом виде. Исключением из этого правила являются креветки, которых обычно обезглавливают и перевозят во льду. Устриц продают в живом виде, их можно перевозить в холщовых мешках. Крабов и омаров также доставляют на завод или в ресторан во льду, но и они должны быть живыми, хотя и спнулыми. Перевозка живой рыбы несколько отличается от перевозки перечисленных выше животных, поскольку ее следует перевозить в воде. Перевозка обычно осуществляется в специальных цистернах, установленных на грузовиках или выполненных заодно с ними. Сконцентрированную в камерах для облова или выловленную неводом рыбу можно извлекать из пруда или помещать в специальные решетчатые или сетчатые садки, которые опускают в пруд. В обоих случаях рыбу загружают в цистерну с помощью корзин, либо поднимая из воды весь садок с помощью соответствующего механизма. Часто цистерну устанавливают в кузове автомобиля типа пикапа (рис. 8.4).

Цистерна для перевозки рыбы — это не просто герметичная емкость для перевозки водных организмов. В ней должны быть созданы соответствующие условия среды для поддержания животных в хорошем состоянии в процессе перевозки или пребывания их в цистерне. Из-за высокой концентрации животных в цистерне в ней должна быть предусмотрена аэрация воды даже в том слу-

чае, если животные помещаются в цистерну на короткое время. Для этой цели в цистерне часто устанавливают лопасти, которые работают от электросистемы автомобиля напряжением 12 В. Аэраторы этого типа устанавливаются через отверстия в крышке цистерны (см. рис. 8.4). Аэрацию можно также осуществлять с помощью баллона со сжатым воздухом или кислородом. Такие баллоны должны быть тщательно закреплены во избежание повреждения клапана, что может привести к серьезным последствиям.

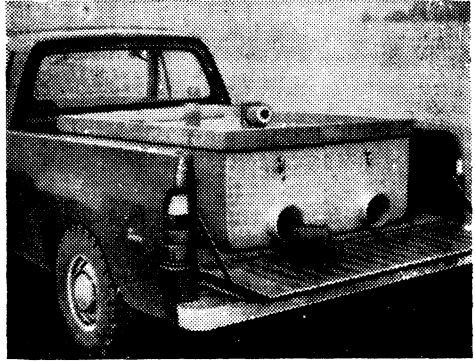


Рис. 8.4. Устройства для транспортировки живой рыбы

При промышленном выращивании транспортировка живой рыбы производится в цистернах массой несколько тонн. Такие цистерны часто оборудованы компрессорами, обеспечивающими постоянную аэрацию, либо снабжены перемешивающими лопастями или баллонами со сжатым воздухом или кислородом. Для перевозок на значительные расстояния вода в таких цистернах может циркулировать, фильтроваться или даже охлаждаться.

Все цистерны, в том числе и перевозимые в кузове пикапа, должны иметь внутренние перегородки или разделяться на отсеки площадью, несколько превышающей 1 м². Перегородки и отсеки смягчают волнообразные колебания воды, происходящие во время движения, поворотов и остановок автомобиля. Когда большой объем воды перемещается^{*} внутри цистерны, где нет перегородок, грузовик становится трудноуправляемым.

В цистернах, перевозимых в кузове пикапа, охлаждение воды неэкономично. Из-за сравнительно небольших объемов воды в цистерне в нее экономически целесообразно добавлять лед, если температура воды становится слишком высокой. Если температура воды не превышает 30 °С, то при транспортировке тепловодных видов рыб лед может и не потребоваться. Однако потери будут меньше даже при перевозке таких видов, если температуру воды снизить примерно до 25 °С. Для такого снижения температуры воды достаточно всего несколько килограммов льда. В машине следует иметь термометр для замера температуры воды каждые 2—4 ч и добавлять лед по мере необходимости.

Многие виды очень возбуждаются, когда их перевозят в небольших объемах воды, при высокой плотности и на значительные расстояния. Если эта рыба предназначена для зарыбления других водоемов, в результате испытанного ею стресса возможны значительные потери. В таких случаях анестезия и даже добавление в воду антибиотиков могут оказаться полезными.

В качестве анестезирующих препаратов для рыб изучались трикаинметансульфонат (МС-222) и хинальдин. Гунн и Аллен (Hunn and Allen, 1974) установили, что на канального сомика эффективное анестезирующее действие оказывал МС-222 в концентрации 150 мг/л или хинальдин в концентрации 30 мг/л. Белл (Bell, 1964) сделал обзор литературы по анестезии рыб и выяснил, что часто рекомендуется кратковременное воздействие МС-222 в концентрациях от 68 до 111 мг/л. Наиболее эффективным является применение этого препарата в концентрациях от 40 до 80 мг/л. Хорошее анестезирующее действие оказывал на канальных сомов МС-222 в концентрации 111 мг/л (Crawford and Hulsey, 1963). Аналогичные данные были получены в результате экспериментов над рыбами, обитающими в холодных водах и в водах с умеренной температурой. Шеттгер и Штёйке (Schoettger and Steucke, 1970a) сообщили, что с помощью МС-222 в концентрации 100—150 мг/л или хинальдина в концентрации 10—20 мг/л можно эффективно анестезировать щуку (*Esox lucius*), щуку-маскинонга (*E. masquinongy*) и американского судака (*Stizostedion vireum*). Изучение действия смеси МС-222 и хинальдина на радужную форель (*Salmo gairdneri*) и щуку и установили, что наиболее эффективна смесь МС-222 в концентрации 20—30 мг/л и хинальдина в концентрации 5 мг/л. Морского (полосатого) окуня (*Morone saxatilis*) можно анестезировать для получения икры либо МС-222 в концентрации 21 мг/л, либо хинальдином в концентрации 2 мг/л (Bopp et al., 1976). Аллен и Харман (Allen and Harman, 1970) предупреждают, что до помещения рыб в растворы МС-222 необходимо проверить рН: если рН сильно изменился по сравнению с соответствующим показателем воды из природной среды, в раствор необходимо добавить буфер. В ходе экспериментов эти авторы приготовили раствор МС-222 концентрации 150 мг/л в воде с первоначальной жесткостью 12 мг/л и рН 8. Получившийся раствор имел рН 4,5, что было бы смертельным или, во всяком случае, вредным для помещенных в него рыб.

С успехом применяются также и другие анестезирующие препараты. Бардач и др. (Bardach et al., 1972) сообщали, что китайских карпов часто перевозят в растворах вероната натрия концентрацией 1—4 г/л или уретана при температуре воды 25,5—32 °С. Бук и др. (Booke et al., 1978) применяли бикарбонат натрия NaHCO_3 для анестезии особой гольца (*Salvelinus fontinalis*) и карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*). Они предположили, что контролируемое рН высвобождение диоксида углерода было причиной анестезии, наступившей, когда в воде при рН 6,5 присутствовал бикарбонат натрия в концентрации 642 мг/л.

Для предотвращения бактериальных заболеваний рыб во время перевозок эффективными могут оказаться различные антибиотики. Снежко и Буллок (Snieszko and Bullock, 1968) сообщили, что против *Aeromonas* и *Pseudomonas* при перевозке живой рыбы эффективны смеси пенициллина и стрептомицина концентрацией

10—50 мг/л, а также акрифлавин в концентрации примерно 10 мг/л.

В цистернах можно перевозить не только товарную рыбу, но и сеголетков и мальков, но из-за небольших размеров молоди рыб и личинок беспозвоночных их проще перевозить в полиэтиленовых мешках, наполненных водой и сжатым кислородом из баллона. После насыщения воды и воздуха кислородом мешок закрывается и запечатывается. Если поместить такие мешки в изотермические контейнеры, их можно безопасно перевозить на значительные расстояния. Продолжительность перевозки в таких условиях без риска для животных может составлять 24 ч и более в зависимости от их плотности в каждом полиэтиленовом мешке. В нескольких таких мешках можно перевезти несколько тысяч молоди канального сомика или креветок на послеличиночной стадии. Для предотвращения перегрева воды в жаркую погоду можно использовать в небольших количествах лед, но в изотермическом контейнере температура воды в мешках должна оставаться близкой к той, которую она имела при заполнении мешков до прибытия животных в место назначения. Чтобы уменьшить образование продуктов обмена веществ, перед транспортировкой животных кормить не следует независимо от того, какой метод будет использован при транспортировке.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДЕНИЯ

Не всех животных в условиях аквакультуры выращивают в бассейнах, которые можно спустить, или в емкостях, где животные заключены в небольших объемах воды, а сами эти емкости помещены в большой водоем (например, выращивание в садках). Экстенсивным разведением устриц, мидий и клемов можно заниматься в районах эстуариев или побережий, которые невозможно осушить (хотя животные могут подвергаться ритмическому действию приливов). Выращивание беспозвоночных на коллекторах позволяет производить облов быстро и сравнительно легко, поскольку съем урожая можно производить просто путем подъема коллекторов из воды. Однако моллюсков чаще всего выращивают на дне эстуариев, выпуская туда молодь и выращивая ее до требуемых размеров на естественных кормах. Облов их можно проводить с помощью драг.

Разведение моллюсков в приливных зонах позволяет производить облов при низком уровне воды, т. е. в периоды отливов. Однако такие животные могут расти медленнее остальных, так как во время отлива они перестают питаться. В районах с высоким уровнем прилива, а также в тех, где этот уровень не так велик, но берега имеют очень небольшой уклон, во время весенних отливов значительные участки дна могут оказаться открытыми. В некоторых районах США, особенно в Мексиканском заливе, сезонные ветры могут влиять на периодичность и амплитуду приливов и отливов, в особенности в тех местах, где природный уровень

приливов очень невелик. Во многих районах штата Техас, например, господствующие в летний период южные ветры повышают уровень прилива на длительные периоды (несколько дней или даже недель), в то время как зимой, когда ветер часто меняется на северный, он гонит воды залива назад и значительные площади дна на столь же длительные время остаются открытыми. Поскольку устрицы и другие моллюски быстрее всего растут летом, этот период можно использовать для нагула, а облов производить зимой, когда вода уходит. При таком способе разведения возможна «зимняя гибель» устриц, вызванная низкими температурами в периоды, когда животные находятся на воздухе.

Еще один способ культивирования, редко встречающийся в США,— огораживание больших участков океана или даже создание бассейнов для выращивания подвижных водных организмов. Рыб и креветок, например, можно разводить в сравнительно мелководных морских районах, отгороженных сетями с соответствующим размером ячеи. Такие отгородки должны быть сравнительно большими, чтобы в них могли заходить лодки с тралами или с другими устройствами для облова. Такой способ разведения вызывает различные сложности. Сети часто засоряются, а это ведет не только к тому, что нарушается свободный водообмен между отгородкой и окружающей средой, но и к тому, что сеть в некоторых местах может растянуться или даже порваться. Культивируемые животные могут уйти через отверстие в сети, а хищники — проникнуть в отгородку. Для обследования и ремонта сетей часто приходится привлекать водолазов.

В пресной воде проволочные или сетные отгородки в США до настоящего времени не применялись, хотя обрастание сетей в пресной воде происходит значительно медленнее, чем в морской. Как и в соленой воде, выращивание может осложниться из-за присутствия хищников, а также из-за конкуренции за дополнительный корм между культивируемыми организмами и другими животными, которые остались по недосмотру в отгородке во время ее сооружения или проникли в нее потом.

ПЕРЕРАБОТКА И СБЫТ

Наличие в различных частях США промышленных перерабатывающих предприятий зависит от объема продукции аквакультуры в данном районе и близости промысла тех же объектов. При выращивании таких морских беспозвоночных, как креветки, крабы, омары, клемы и устрицы, разделка обычно не вызывает трудностей, поскольку реально эти виды можно разводить лишь в тех районах, где существуют природные популяции этих или подобных видов. Промысел съедобных костистых рыб недостаточно хорошо развит в теплых морских водах США, но в некоторых районах вылавливают и перерабатывают в массовых количествах таких рыб, как лобан (*Mugil cephalus*), который особенно популярен во Флориде и на Гавайях. В средних, а иногда и больших ко-

личества перерабатывают таких рыб, как камбала (*Paralichthys* sp. в теплых водах и *Pseudopleuronectes americanus* в Атлантике у Северо-Восточного побережья США), палтус (*Hippoglossus stenolepis* у Тихоокеанского побережья США), треска (*Gadus morhua* у побережья Новой Англии), красный горбыль (*Sciaenops ocellata*), бородатый горбыль (*Pogonias cromis*) и циносцион (*Cynoscion nebulosus*). Из трех последних видов каждый встречается у Юго-Восточного Атлантического побережья США и в Мексиканском заливе. Для некоторых из перечисленных видов организован специальный промысел, другие попадают в виде прилова вместе с креветками (*Penaeus* spp.) или другими видами. Если разведение перечисленных выше теплолюбивых видов (лобан, камбала, красный горбыль, бородатый горбыль и циносцион) получит дальнейшее развитие, во многих районах страны появятся соответствующие мощности для переработки поступающей с предприятий аквакультуры продукции.

В настоящее время из тепловодных видов в США чаще всего разводят в пресной воде в качестве столовой рыбы канальный сомика (*Ictalurus punctatus*). В 1973 г. на крупных перерабатывающих заводах было разделано 8,8 млн. кг сомика, выращенного в аквакультуре (Lovell and Ammerman, 1974). В действительности канального сомика, поступившего из тепловодных хозяйств, переработано значительно больше, поскольку основная его масса перерабатывается на мелких предприятиях. Трудности со сбытом продукции аквакультуры объясняются тем, что население США по-прежнему потребляет больше говядины, свинины и птицы, чем рыбы. Необходима определенная работа среди населения, разъясняющая преимущества употребления в пищу рыбных продуктов, и в частности, продукции аквакультуры.

Разница во вкусе между выловленными из природных условий и искусственно выращенными животными может быть не всегда очевидной. Например, креветок, выловленных в море, невозможно отличить от искусственно выращенных, и поэтому убедить покупателя предпочесть креветок, выращенных на ферме, тем, которые пойманы в Мексиканском заливе или в Атлантике у Юго-Восточного побережья США, сложно. Решающую роль здесь, видимо, будут играть цены на добытых и выращенных креветок и другую продукцию марикультуры. По мере накопления информации о том, как путем изменения рациона можно воздействовать на вкус и запах рыбы, выращиваемой в условиях аквакультуры, может появиться возможность выращивать креветок и других животных, вкус которых будет предпочтительнее вкуса соответствующих животных из природных популяций. Однако такое воздействие должно иметь свои границы, поскольку люди покупают рыбные продукты часто именно из-за свойственных только им вкуса и запаха. Изменение этих качеств даже в сторону улучшения может привести к тому, что потребитель перестанет покупать данную продукцию.

Канальный сомик реализуется в США, как правило, обезглав-

ленным, без чешуи и внутренностей. Изредка в продаже встречаются свежемороженые сомики. Иногда владельцы предприятий по выращиванию водных организмов заключают контракты с местными ресторанами или магазинами самообслуживания на поставку им выращиваемых животных. Продукция поставляется либо в живом виде, либо разделанной во льду или замороженной. Разделка производится либо вручную, либо с помощью различных приспособлений.

Сезонность значительно затрудняет реализацию продукции аквакультуры. Облов и переработка канального сомика производятся в основном осенью и ранней зимой. В это время рынок затоварен, а в другое время ощущается нехватка этой продукции.

Тилапия становится популярной во многих районах США. Однако, если ее разведение пойдет традиционным путем, она будет поступать в продажу также только в определенные периоды года. Решить эту проблему, возможно, поможет выращивание тилапии в водоемах-охладителях электростанций. Этот же подход может быть применен и для разведения канального сомика. Рыб, выращиваемых в водоемах-охладителях электростанции, можно отлавливать только зимой, когда они концентрируются около стока теплой воды. Облов облегчается, если рыб содержать в садках или прудах. Мясо тилапии довольно плотное, и ее лучше всего продавать в замороженном виде. При этом тилапия может быть доступна для потребителя круглогодично.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Allen, J. L., and P. D. Harman. 1970. Control of pH in MS-22 anesthetic solutions. *Prog. Fish-Cult.* 32: 100.
- Anderson, R. G., W. L. Griffin, R. R. Stickney, and R. E. Whitson. 1978. Bioeconomic assessment of a poultry and tilapia aquaculture system. In: R. Nickelson, (Ed.). *Proceedings of the annual tropical and subtropical fisheries technological conference.* Texas A & M University, College Station: 126—141.
- Anonymous. 1976. *Catfish farming in California: Division of Agricultural Sciences Leaflet 2892.* University of California, Berkeley, 3 p.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture.* Wiley-Interscience, New York. 868 p.
- Bell, G. R. 1964. A guide to the properties, characteristics, and uses of some general anesthetics for fish. *Fisheries Research Board of Canada, Bulletin* 148. 4 p.
- Bonn, E. W., W. M. Bailey, J. D. Bayless, K. E. Erickson, and R. E. Stevens (Eds.). 1976. *Guidelines for striped bass culture.* Southern Division, American Fisheries Society, Washington, D. C. 103 p.
- Booke, H. E., B. Hollender, and G. Lutterbie. 1978. Sodium bicarbonate, an inexpensive fish anesthetic for field use. *Prog. Fish-Cult.* 40: 11—13.
- Brown, E. E. 1977. *World fish farming: Cultivation and economics.* Avi. Westport, Conn. 397 p.
- Crawford, B., and H. Hulsey. 1963. Effects of MS-222 on spawning of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 25: 214.
- Hunn, J. B., and J. L. Allen. 1974. Urinary excretion of quinaldine by channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 36: 157—159.
- Lovell, R. T., and G. R. Ammerman (Eds.). 1974. *Processing farm-raised catfish.* Southern Cooperative Series Bulletin 193. 59 p.

Parker, N. C. 1976. A comparison of intensive culture systems. In Proceedings of the 1976 fish farming conference and annual convention of the Catfish Farmers of Texas. Texas A & M University, College Station, pp. 110—120.

Schoettger, R. A., and E. W. Steucke, Jr. 1970a. Quinaldine and MS-222 as spawning aids for northern pike, muskellunge and walleyes. Prog. Fish-Cult. 32: 199—201.

Schoettger, R. A., and E. W. Steucke, Jr. 1970b. Synergistic mixtures of MS-222 and quinaldine as anesthetics for rainbow trout and northern pike. Prog. Fish-Cult. 32: 202—205.

Shang, Y. C., and T. Fujimura. 1977. The production economics of fresh water prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming in Hawaii. Aquaculture 11: 99—100.

Snieszko, S. F., and G. L. Bullock. 1968. Fresh water fish diseases caused by bacteria of the genera *Aeromonas* and *Pseudomonas*. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Fish Disease Leaflet 11, 7 p.

Swingle, H. S. 1957. Preliminary results on the commercial production of channel catfish in ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 10: 160—162.

Swingle, H. S. 1958. Experiments of growing fingerling channel catfish to marketable size in ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 12: 63—72.

РАЗВЕДЕНИЕ МЕЛКИХ КАРПОВЫХ РЫБ, СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ И РЫБЫ ДЛЯ СПОРТИВНОГО РЫБОЛОВСТВА

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Исторически сложилось так (и сейчас эта тенденция сохраняется), что бо́льшая часть выращиваемых в США водных организмов предназначена для использования в качестве наживки, декоративных целей, а также для спортивного рыболовства. Для наживки разводят в основном мелких карповых рыб и близких к ним видов, хотя наживкой могут служить также и другие объекты, например пенеидные креветки небольших размеров, причем культивирование креветок до таких размеров проще и дешевле, чем до товарных размеров. Была предложена также методика разведения речного рака (и в частности, красного болотного рака *Procambarus clarkii*) для использования его в качестве наживки, изучались методы его разведения (Huner, 1975, 1976; Huner and Avault, 1976).

Доби с сотрудниками (Dobie et al., 1956) описал 20 видов рыб, выращиваемых в промышленных масштабах в США в качестве наживки (табл. 9.1). Из этих видов в тепловодных хозяйствах аквакультуры разводят нотемигонуса (*Notemigonus chrysoleucas*), пимефалес черноголовую (*Pimephales promelas*) и серебряного карася (*Carassius auratus*). Только в штате Арканзас в 1975 г. под выращивание серебряного карася было занято приблизительно 7000 га (Bailey et al., 1976). В том же году в штате Арканзас пимефалес черноголовую выращивали на площади более 950 га, а серебряного карася — на площади около 100 га.

Серебряного карася выращивают для использования не только в качестве наживки, но и в декоративных целях. По данным одной из фирм, занимающейся разведением серебряного карася, в штате Миссури выращенных ею рыб можно встретить в каждом пятом доме. Из-за значительного спроса на серебряного карася как на декоративную рыбу разведение этого вида рассмотрено более подробно ниже.

Разведение канального сомика в США производилось в рамках государственной программы, целью которой было получение

Таблица 9.1. Наиболее распространенные виды рыб, используемые в США в качестве наживки (Dobie et al., 1956).

Распространенное название	Латинское название
Елец	<i>Rhinichthys atratulus</i>
Пимефалес	<i>Pimephales notatus</i>
Хибогнатус	<i>Hybognathus hankinsoni</i>
Евдошка, ильная рыба	<i>Umbra limi</i>
Шайнер	<i>Notropis cornutus</i>
Голавль	<i>Semotilus atromaculatus</i>
Нотропис	<i>Notropis atherinoides</i>
Пимефалес черноголовая	<i>Pimephales promelas</i>
Гольян	<i>Phoxinus neogaeus</i>
Нотемигонус	<i>Notemigonus chrysoleucas</i>
Серебряный карась	<i>Carassius auratus</i>
Нокомис	<i>Nocomis biguttatus</i>
Ринихтис	<i>Rhinichthys cataractae</i>
Северный краснобрюхий гольян	<i>Phoxinus eos</i>
Семотиллюс	<i>Semotilus marginita</i>
Нокомис	<i>Nocomis micropogon</i>
Южный краснобрюхий гольян	<i>Phoxinus erythrogaster</i>
Нотропис	<i>Notropis spilopterus</i>
Кампостома	<i>Camptostoma anomalum</i>
Белый чукучан	<i>Catostomus commersonii</i>

достаточного количества икринок, молоди и мальков для зарыбления прудов, озер, бассейнов и водоемов. В настоящее время для претворения в жизнь этой программы наибольшее значение имеет разведение различных видов лососевых (лосося и форели) в холодных водах, большеротого окуня (*Micropterus salmoides*) и ушастых окуней (в особенности ушастого окуня *Lepomis macrochirus*) — в теплых. В больших количествах выращиваются также некоторые виды, обитающие в умеренных водах. Одно время осуществлялась крупномасштабная программа зарыбления морских вод, в том числе и видами, не принадлежащими к семейству лососевых.

Разведение канального сомика, как было показано выше, является в настоящее время одним из основных направлений развития тепловодной аквакультуры в США, причем этот вид пользуется большим спросом в качестве продукта питания. Канальный сомик до сих пор выращивается в больших количествах в государственных и частных питомниках для зарыбления водоемов с целью развития любительского рыболовства, но биотехника его выращивания для этой цели идентична той, которую применяют производители пищевой товарной продукции. Разница состоит лишь в том, что, за исключением маточного стада, канальных сомиков почти или совсем не оставляют в питомниках до достижения ими товарных размеров (примерно 0,5 кг), поскольку связанные с этим затраты слишком велики. Их обычно выпускают в водоемы сеголетками длиной несколько сантиметров. Это относится

также к окуню и ушастому окуню, размеры которых при выпуске в водоемы могут быть еще меньше, чем у канальных сомиков.

Программы разведения рыб в специальных питомниках действуют в США в течение многих лет и берут начало в XIX столетии. За прошедшие годы в естественные водоемы выпущены миллиарды водных животных. Среди выпущенных рыб — шэд, пимефалес, чавыча, атлантический лосось, кижуч, радужная форель, желтый окунь, полосатый окунь, треска, камбала, скумбрия и многие другие. Причем интересно, что попытка получить потомство от камбалы *Pseudopleuronectes americanus* была сделана еще до 1890 г. Однако размножения камбалообразных в искусственных условиях удалось добиться лишь много лет спустя (Shelbourne, 1964). С тех пор разработана методика искусственного нереста в неволе таких холодноводных рыб, как морской язык (*Microstomus kitt*), малоротая камбала (*Solea solea*) и тюрбо (*Scophthalmus maximus*), а из тепловодных — *Paralichthys* sp. (С. R. Arnold, личное сообщение).

Крупномасштабные программы зарыбления в основном пресноводных водоемов продолжают действовать с большим успехом и сегодня, создавая хорошие условия для любительской ловли ушастых окуней в тепловодных прудах, озерах и водоемах; форели — в озерах и ручьях с холодной водой, а также видов, обитающих в умеренных водах преимущественно в северных штатах, а также и в отдельных водоемах, расположенных в центральной части страны и даже в некоторых южных штатах.

Программы зарыбления океана (например, камбалой), по-видимому, не оказали существенного влияния на величины уловов. Никаких доказательств того, что в уловы попадает рыба, выращенная в питомниках, не получено. Скорее всего, большая часть выпущенных в океан особей погибла. Выпуск морских рыб, выращенных в искусственных условиях, в океан не увенчался успехом; исключением является разведение лосося, который по-прежнему выращивается в больших количествах в северо-западной части Тихоокеанского побережья и на северо-востоке США. В настоящее время возрастает интерес к выращиванию в неволе морской и зеленой (суповой) черепахи (*Caretta caretta* и *Chelonia mydas* соответственно) до размеров, увеличивающих их шансы на выживание после выпуска по сравнению с только что выловившимися особями. Наибольшим препятствием на пути осуществления такого рода программ является заболеваемость (Stickney et al., 1973; J. McVey, личное сообщение). Правительство США через Национальную службу морского рыболовства разрабатывает также программу разведения таких видов, как красный горбыль (*Sciaenops ocellata*), и их выпуска в эстуарии для увеличения численности естественных популяций рыб. Успех таких новых программ может быть оценен лишь в будущем, но, во всяком случае, полученная информация окажется, несомненно, полезной специалистам, занимающимся аквакультурой в промышленных масштабах.

МЕЛКИЕ КАРПОВЫЕ РЫБЫ ДЛЯ НАЖИВКИ

Биотехника разведения пимефалес черноголовой (*Pimephales promelas*) и американского леща (*Notemigonus chrysoleucas*) достаточно полно освещена в литературе (Allan, 1952; Prather et al., 1953; Dobic et al., 1956; Guidice, 1968; Meyer et al., 1973; Johnson and Davis, 1978; Johnson, 1978). В общем случае мелких карповых рыб выращивают в прудах типа описанных в главе 2. Требования, предъявляемые к условиям окружающей среды, за исключением нереста, мало отличаются от тех, которые предъявляются другими пресноводными рыбами. Достаточное количество воды хорошего качества, правильно построенные пруды, которые можно быстро наполнять и спускать, являются желательными, если не совершенно необходимыми.

Смит (Smith, 1968) рекомендовал поддерживать проточность воды в прудах с мелкими карповыми не менее 95 л/мин на 1 га площади пруда. Джонсон и Дэвис (Johnson and Davis, 1978) советуют подавать в такие пруды в 3 раза больше воды, чем рекомендует Смит. Большинство специалистов рекомендуют использовать не поверхностные источники воды, а воду из скважин. По данным Смита (Smith, 1968), вода в идеале должна иметь рН в пределах от 6,0 до 8,5 и щелочность по крайней мере 40 мг/л.

Джонсон и Дэвис (Johnson and Davis, 1978) считают, что пруды прямоугольной формы должны на одном конце иметь глубину 1,2—1,5 м, а на другом не менее 75 см. Берега прудов должны иметь уклон 3 : 1. Эти авторы утверждают, что для производства мелкой карповой рыбы можно использовать пруды для скота, но контролировать разведение рыб в таких прудах сложнее, а продукция в них ниже, чем в прудах, специально предназначенных для разведения мелких карповых рыб.

Мелких карповых рыб разводят двумя методами. При интенсивном методе культивирования удобряемые пруды зарыбляют молодь при невысокой плотности посадки и вносят небольшое количество кормов. Этот метод применяют преимущественно те рыбоводы, у которых ограничен запас воды, а также фермеры, разводящие мелкую карповую рыбу в прудах для скота (Johnson and Davis, 1978). Для интенсивного разведения мелкой карповой рыбы требуются постоянный водообмен и ежедневное кормление. При экстенсивном культивировании можно получать в год 100—300 кг/га мелкой карповой рыбы, а при интенсивном культивировании — 600—1500 кг/га (Johnson and Davis, 1978).

Массовое развитие планктона необходимо обеспечить за 2—4 недели до зарыбления пруда. Азот, фосфор и калий в соотношении 4 : 4 : 1 следует вносить из расчета 10 кг фосфора на 1 га. Например, чтобы ввести 10 кг фосфора на 1 га, потребуется 50 кг/га удобрения, составленного в пропорции 20—20—5 (Johnson and Davis, 1978). Спустя две-три недели внесение удобрения следует повторить; интервал может быть и другим, но он должен обеспечивать поддержание цветения фитопланктона (см. главу 3).

Мелкую карповую рыбу можно кормить тем же искусственным кормом, который используется при выращивании канального сомика (см. главу 5). Корм должен быть мелко размолот (почти до консистенции порошка), а вносить его следует ежедневно по 10—30 кг/га (Johnson and Davis, 1978). На ранних стадиях развития мелкой карповой рыбы в состав корма включали такие ингредиенты, как мука из хлопкового семени, мясные отжимки, пшеничные отруби, сушеный корм для собак, вареная кукуруза, рыбная, овсяная и костная мука, а также мука из моллюсков (Dobie et al., 1956). Имеющийся в настоящее время в продаже корм содержит более 30% белка и может включать такие ингредиенты, как соевые бобы, мука из зерновых, рыбная мука, мясные отжимки, барда, витамины и минеральные вещества.

Мелкую карповую рыбу отлавливают с помощью подъемных сетей или неводов, причем облов неводом предпочтительнее. Сеть с приманкой опускают на дно. После того как достаточное число рыб зайдет в сеть и начнет кормиться, ее поднимают из воды. По мере извлечения рыбы из сети или невода ее можно сразу сортировать по размерам (см. главу 8). Слишком мелкую для продажи рыбу можно выпускать обратно в пруд.

Отловленную рыбу иногда приходится выдерживать до продажи в течение нескольких дней или даже недель. Обычно для этого применяют прямоугольные бассейны из бетона, но можно использовать и резервуары из оцинкованного металла, дерева или стеклопластика (Johnson, 1978). Бассейны должны находиться под навесом для защиты рыбы от прямых солнечных лучей и для замедления роста водорослей. Для аэрации в бассейны обычно помещают лопасти с электроприводом. В таких условиях мелкую карповую рыбу можно выдерживать без кормления не более недели, после этого ее необходимо кормить из расчета 0,5—1,0% массы тела ежедневно (Johnson, 1978).

Заболевания и паразиты мелких карповых рыб сходны с заболеваниями и паразитами канального сомика. Химические лекарственные препараты для мелкой карповой рыбы и канального со-

Таблица 9.2. Дозы различных химических препаратов, применяемых для контроля за заболеваниями мелких карповых рыб и их паразитами (Johnson, 1978)

Препарат	Доза, мг/л	Объект
Хлористый натрий	Менее 2‰	Простейшие, особенно <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>
Марганцовокислый калий	2	Простейшие
Сульфат меди	0,5—1,0	»
Формалин	25	»
Метиленовый синий	1,0	»
Хлортетрациклин	0,1—3	Бактерии
Окситетрациклин	1—3	»
Нитрофуразон	1—5	»

мика, по существу, одни и те же, хотя дозы их подчас различны. В табл. 9.2 приведены предлагаемые дозы различных лечебных препаратов.

АМЕРИКАНСКИЙ ЛЕЩ (НОТЕМИГОНУС)

В качестве наживки используются особи американского леща (нотемигонуса) длиной 5—7 см, но взрослые особи могут достигать в длину 25 см и жить до 8 лет (Altman and Irwin, 1957). Нерест начинается весной, когда температура воды составляет примерно 18°C, и продолжается летом или до тех пор, пока температура воды остается выше примерно 30°C (Johnson and Davis, 1978).

Крупная самка может откладывать до 10 000 икринок, из которых спустя 4—7 дней вылупляются личинки, однако, как утверждает Мейер и др. (Meyer et al., 1973), многие рыбоводы предпочитают использовать однолетних самок, поскольку у рыб старшего возраста яичники в значительной степени бывают поражены паразитическими простейшими *Pistophora ovariae*. В естественных условиях американский лещ нерестится вблизи участков водоемов, заросших водной растительностью или с большим количеством детрита, к которому клейкие оплодотворенные икринки прикрепляются для инкубации и выклева личинок. Рыбоводы часто используют искусственные нерестилища (в виде матов) для сбора икринок. Первые такие нерестилища делали из испанского бородатого мха, который помещали между двумя проволочными решетками. В настоящее время их делают из синтетических материалов, нарезанных на мелкие полоски и натянутых на специальные рамы (Johnson and Davis, 1978). Каждое такое нерестилище имеет длину 1,0—1,3 м и ширину около 70 см. Эти нерестилища следует размещать вдоль берега, а дальний от берега край должен быть закреплен таким образом, чтобы все нерестилище находилось в горизонтальном положении (Meyer et al., 1973).

При экстенсивном разведении нотемигонуса водоемы заселяются производителями из расчета 15—20 кг/га. Иногда вдоль береговой линии высевают травы специально для нереста, чтобы не делать искусственных нерестилищ. При интенсивном культивировании в пруды сажают от 400 до 800 кг/га производителей и, как правило, делают искусственные нерестилища (Meyer et al., 1973).

Для разведения нотемигонуса применяют три метода. Первый метод заключается в том, что икринки переносят из маточного пруда в выростной. Рыбоводы 2—8 раз в день проверяют нерестилища и сетки с икрой переносят для инкубации и вылупления личинок в другой пруд. Второй метод называется открытым, или свободным, нерестом; при этом пруды зарыбляют небольшим количеством производителей, как при экстенсивном культивировании. Молодь вылупляется из икринок и остается в маточном пруду до тех пор, пока не достигнет товарных размеров. По третьему методу молодь пересаживают из маточного пруда, где проходил открытый нерест, или из выростного пруда, куда ранее было выпу-

щено большое количество икринок из нерестового пруда. Подросшую молодь (когда на 1 кг приходится примерно 1800 рыб) вылавливают неводами с мелкой ячеей, ловушками или сачками и пересаживают в выростные пруды.

Молодь следует помещать в выростные пруды из расчета 375—625 тыс. шт./га. Для этого нет необходимости просчитывать тысячи особей. Просто берется проба воды известного объема (например, 100 мл), подсчитывается количество особей в этом объеме, а затем вычисляется коэффициент, используемый в дальнейшем в расчетах объемным методом. Оптимальный рост нотемигонуса достигается при плотности посадки около 190 тыс. шт./га; однако такое использование площади может оказаться экономически невыгодным. При предложенных выше плотностях посадки можно добиться хотя и несколько более медленного, но все же вполне приемлемого темпа роста особей нотемигонуса.

ПИМЕФАЛЕС ЧЕРНОГОЛОВАЯ

Пимефалес достигает в длину всего 10 см, но растет быстро в течение всей жизни, продолжительность которой составляет от 1 года до 3 лет (Meyer et al., 1973). Нерест происходит при тех же температурах, что и у леща (от 18 до 30 °С). Самка пимефалес откладывает икру на нижнюю сторону любого твердого материала, включая доски, растения и камни (Meyer et al., 1973). Джонсон и Дэвис (Johnson and Davis, 1978) рекомендуют использовать для нереста деревянные ящики из-под безалкогольных напитков, поскольку имеющиеся в них перегородки разделяют самцов и лишают их возможности драться. Исследователи использовали для нереста пимефалес черноголовой большую металлическую бочку с отверстиями, опыт оказался успешным. В рыбоводстве для этой цели часто применяют специальные плавучие доски, к нижней стороне которых рыбы могут прикреплять икру.

Самка за один нерест может откладывать от 200 до 500 икринок (Meyer et al., 1973), а в течение всего сезона — более 4000 икринок. Доби с сотрудниками (Dobie et al., 1956) сообщает о результатах наблюдений за одной рыбой, которая в течение 11 нед нерестилась 12 раз. Выклев происходит через 4—7 дней в зависимости от температуры воды (Dobie et al., 1956; Meyer et al.).

При интенсивном разведении икринки остаются в маточном пруду, где происходит выклев. В этом случае водоемы зарыбляют взрослыми особями из расчета 1250—5000 шт./га. Если пруды переплотнить, то рост молоди может приостановиться. Поскольку самки пимефалес по размерам меньше самцов, зарыбление маточных прудов нельзя производить, основываясь только на размерах особей. Самцов легко отличить от самок в период размножения, когда они темнеют, а самки остаются серебристыми.

При интенсивном методе культивирования пимефалес молодь отлавливают из маточных прудов, которые были ранее зарыбле-

ны из расчета примерно 50 000 взрослых особей на 1 га с соотношением самок и самцов 5:1. С 1 га пруда, зарыбленного таким образом, можно получить до 7,5 млн. шт. молоди пимефалес. Для отлова молоди из прудов используют невода и сачки. Выловленный рыбой впоследствии заселяют удобряемые пруды, плотность популяций в которых составляет 250—750 тыс. шт./га (Meyer et al., 1973).

СЕРЕБРЯНЫЙ КАРАСЬ

Серебряный карась (*Carassius auratus*), завезенный из Евразии, как декоративная и аквариумная рыба (Dobie et al., 1956), до сих пор пользуется широкой популярностью; во многих районах он служит также наживкой. В основном биотехника разведения серебряного карася мало отличается от той, которая применяется при разведении американского леща и пимефалес черноголовой, но все же культивирование серебряного карася имеет свои особенности.

Серебряного карася издавна разводили путем селекции на Востоке. Селекционное разведение этого вида имеет более давнюю историю, чем любого другого вида рыб. Особи серебряного карася различаются по цвету от белого до черного, а многие его разновидности имеют оранжевую окраску. Кроме этих существует еще и обычная разновидность серебряного карася, знакомая каждому, у кого когда-либо был аквариум. Хотя длина особей в домашних аквариумах редко превышает 10 см, в природных условиях масса особей серебряного карася достигает 2 кг (Dobie et al., 1956).

Мейер и др. (Meyer et al., 1973) указывают, что для успешного выращивания серебряного карася необходимо иметь источник получения высококачественных производителей, несколько небольших прудов для различных разновидностей серебряного карася, а также специальные средства для транспортировки выращенной рыбы. Выращивать серебряного карася можно только в родниковой воде. Для этой цели пригодна также вода из артезианских скважин, но определенной температуры.

Нерест серебряного карася обычно начинается весной, когда температура воды достигает примерно 15°C, и продолжается летом, если плотность посадки не слишком велика (Dobie et al., 1956). Каждая самка откладывает 2—4 тыс. икринок, которые прикрепляются к траве, корням, листьям. При температуре воды 15°C выклев происходит через 6—7 дней (Dobie et al., 1973), а при температуре 30°C — уже через 48 ч (Meyer et al., 1973). При промышленном разведении серебряного карася часто используют искусственные нерестилища (маты), подобные описанному в разделе, посвященном разведению мелких карповых рыб.

Подготовка к нересту проводится следующим образом. Производителей, предварительно обработанных с целью удаления внешних паразитов, выпускают в свежезаполненные водой маточные пруды из расчета 150—200 особей на каждый пруд. Эти пруды могут быть небольших размеров (около 8×8 м) или более круп-

ными (до 15×15 м). Максимальная глубина таких прудов около 1 м, причем дно должно иметь плавный уклон, на мелком конце которого глубина должна составлять около 70 см. В день выпуска производителей в воду следует добавить неорганические удобрения ($20-20-0$) из расчета 50 кг/га и органические удобрения из расчета 300 кг/га, чтобы стимулировать развитие планктона (Meуer et al., 1973). Естественной пищей серебряного караса являются зоопланктон и водные насекомые. Использование органических удобрений наряду с неорганическими может стать важным фактором, стимулирующим развитие зоопланктона.

Серебряный карась нерестится с интервалами в 2—5 дней. Нерест обычно начинается на рассвете и продолжается до 10—11 ч утра (Meуer et al., 1973). Большинство рыбодоводов в дни нереста после 9 ч вечера извлекают маты с отложенными на них икринками и заменяют их новыми. Нерестилища с икрой можно поместить в кузов грузовика и перевезти из маточного пруда в другой пруд, предназначенный для выращивания молоди. Однако в жаркие дни нерестилища следует накрыть мокрой мешковиной, чтобы икринки не пострадали от жары. Маты с икринками укладывают на откосы прудов для выращивания молоди вблизи от берега на глубине от 5 до 25 см. При таком размещении нерестилищ волны слегка промывают икринки (Meуer et al., 1973), что создает циркуляцию вокруг развивающихся эмбрионов.

При выращивании серебряного караса на наживку Мейер с сотрудниками (1973) рекомендует размещать 60—150 матов с отложенной икрой на 1 га пруда. При выращивании аквариумных рыбок (размеры которых должны быть меньше) на каждый гектар площади пруда для выращивания молоди следует помещать 675—800 матов с икринками.

Паразиты и заболевания серебряного караса аналогичны тем, которым подвержена и пимефалес черноголовая. Мейер с сотрудниками (1973) особо подчеркивает важность обработки производителей для удаления паразитов и постоянного наблюдения за всеми рыбами для обнаружения внешних паразитов после нереста.

Мейер с сотрудниками (1973) собрал и обобщил сведения о кормлении серебряного караса. Он считает, что в посленерестовый период количество рыбной муки в рационе производителей должно вдвое превышать обычное, а весь суточный рацион должен составлять 1—2% массы тела. Молодь следует только подкармливать. В пруды для выращивания молоди необходимо вносить неорганические ($20-20-0$) и органические удобрения из того же расчета, что и в маточные пруды. Имеющийся в продаже корм для молоди рыб (тонкого помола) можно использовать в качестве дополнительного к планктону в прудах; вносить этот корм следует по 1 кг/га ежедневно в течение 3 дней, начиная сразу после выклева. Корм следует рассыпать по краям пруда. Спустя 3 дня норму кормления увеличивают ежедневно на 75—80 г. Суточную дозу корма не следует давать за один раз — рыбу необходимо

кормить несколько раз в течение дня. Когда длина особей достигнет 2,5 см, их можно кормить гранулированным кормом. В табл. 9.3 приведены различные виды корма, рекомендуемые Мейером с сотрудниками (1973), на различных стадиях развития серебряного карася.

Таблица 9.3. Типы искусственных кормов для серебряного карася на различных стадиях развития (Meuger et al., 1973)

Стадия развития	Рекомендации по кормлению
Производители	Обычный корм для рыб, но с удвоенным содержанием рыбной муки
Мальки	Обычный корм для рыб, но очень мелкого помола и с содержанием 38—40% белка
Сеголетки	Обычный корм для рыб, содержащий 38—40% белка, в виде гранул небольшого диаметра (в течение 1—2 мес)
Мальки до достижения товарных размеров	Обычный корм для рыб с увеличенным по сравнению с предыдущим диаметром гранул; достаточное содержание белка 30—32%
Взрослые особи	Доля белков животного происхождения уменьшается вдвое по сравнению с предыдущим с соответствующим увеличением доли углеводов
Корм на зимний период	Доля люцерновой муки и животных белков увеличивается по сравнению с предыдущим

РЫБЫ СЕМ. CENTRARCHIDAE

БОЛЬШЕРОТЫЙ (ЧЕРНЫЙ) ОКУНЬ

Большеротый (черный) окунь (*Micropterus salmoides*) в промышленных масштабах в США не выращивается, несмотря на интерес, который существовал в прошлом и продолжает существовать сейчас к разведению этого вида (Bardach et al., 1972). Посадочный материал большеротого (черного) окуня получают в основном из икры в государственных питомниках. Затем им зарыбляют частные и государственные водоемы различного назначения.

В питомниках США большеротого (черного) окуня выращивают с XIX в. (Snow, 1975). Сейчас, как и раньше, большинство питомников поставляет сеголетков длиной 30—80 мм (Hutson, 1976b; Snow, 1975). Более крупные особи длиной до 20 см используются для повторного заселения прудов с несбалансированными популяциями рыб или в качестве лабораторных животных (Snow, 1975).

Существует два основных метода выращивания рыб сем. Centrarchidae — экстенсивный и интенсивный. В обоих случаях для выращивания рыбы используются земляные пруды (Lydell, 1904; Davis and Wiebe, 1930; Langolis, 1931; Howland, 1932; Surber, 1935; Wiebe, 1935; Meehan, 1936; 1939; Davis, 1967 и др.). При культивировании по экстенсивному методу нерест и выращивание

молоди происходят в одном пруду. Интенсивный метод предусматривает пересаживание молоди в другой пруд (Snow, 1975).

Экстенсивный метод. Этот метод сейчас применяется редко и в основном в тех случаях, когда потребность в сеголетках невелика. Он заключается в помещении маточного стада в пруды с чистой водой в весеннее время из расчета 25—100 особей на 1 га. Если естественного зоопланктона недостаточно, используют удобрения. После нереста молодь рыб остается вместе с производителями в маточном пруду, пока не достигнет товарных размеров. Товарную рыбу отлавливают сетями, неводами, ловушками, осушая пруды или сочетая эти методы.

К недостаткам экстенсивного метода разведения большеротого окуня относятся отсутствие контроля за количеством получаемой молоди (для подсчета молоди можно использовать число производителей, но из-за колебания плодовитости этот способ не отличается точностью), а также склонность производителей поедать мальков и сеголетков.

Интенсивный метод. Этот метод обеспечивает значительно большие возможности для контроля за всеми этапами получения мальков и сеголетков. Весной пруды подготавливают к зарыблению производителями. Эту подготовку можно начать и в конце года, когда осушенные пруды несколько раз в течение определенного периода боронуют, а затем до заполнения разравнивают (Nutson, 1976b). Если в прудах развились нитчатые водоросли или укоренившиеся водные макрофиты, их можно обрабатывать до заполнения водой 80%-ным раствором симазина из расчета 11,2 кг/га (Snow, 1964).

До зарыбления производителей большеротого (черного) окуня выдерживают в специальных прудах. Большеротый окунь начинает нереститься в штате Техас в возрасте 1 года, когда масса каждой особи может превышать 200 г. В Техасе производителей выдерживают в прудах при плотности 250—375 шт./га, кормят дважды в день рубленой печенкой из расчета 3% массы тела в день, а в пруды в качестве живого корма поселяют леща, пимефалес черноголовую и серебряного карася. Одни и те же производители обычно используются в течение четырех-пяти сезонов; ежегодно 10—30% производителей заменяют. Если масса особей превышает примерно 2,5 кг, с ними становится трудно работать, и их, как правило, заменяют более молодыми (Nutson, 1976b).

Самец большеротого окуня подготавливает на дне пруда небольшую ямку — «гнездо», в которую самки откладывают икру, оплодотворяемую самцами, там же происходит инкубация икры. Когда эти процессы начинаются в прудах, где производители содержатся до нереста, следует наполнить водой нерестовые пруды. Строительство «гнезд» начинается обычно при температуре воды 17—20 °С.

Нерест начинается, когда температура воды постоянно превышает 18 °С. Как только в прудах, где выдерживаются производители, начнут появляться икринки, производителей необходимо

пересадить в маточные пруды из расчета 100—250 шт./га и так, чтобы на одну самку приходилось два-три самца (Bishop, 1968). Различать пол взрослых особей большеротого окуня сравнительно легко (Snow, 1963).

Самка большеротого окуня может откладывать икру от 1 до 5 раз в течение нерестового периода, продолжительность которого составляет 6—8 нед, и производит всего от 5 до 25 тыс. мальков. Самец охраняет икру и молодь в течение примерно 3 нед. Выклев происходит через 72—96 ч после откладывания икринок в зависимости от температуры воды (Hutson, 1976b), молодь впервые можно увидеть в «гнездах» через 5—7 дней после выклева. После того как мальки начинают свободно плавать по всему водоему, их можно отловить ловушками (Hutson, 1976b) или, поскольку в этот период они собираются в стаи, один или двое рабочих вылавливают мальков сетями. Если из прудов была дополнительно удалена нежелательная растительность, а удобрения не вносились, то вода в них чистая и прозрачная, поэтому отлов мальков не вызывает затруднений.

Подготовку пруда для выращивания молоди следует начинать в то время, когда в нерестовом пруду появляются первые икринки. В случае необходимости можно предварительно обработать пруды симазинном (Snow, 1964). Пруды для выращивания молоди следует наполнять водой за 10—20 дней до их заселения мальками. Для стимуляции развития зоопланктона, которым питаются мальки, в пруды вносят удобрения. Для этих целей применяются только неорганические удобрения либо неорганические удобрения в сочетании с органическими. Имеются данные об эффективности применения жидких неорганических удобрений (Hutson, 1976b). Сноу (1975) описывает следующий метод: в конце года осушенные пруды засевают рожью и вносят удобрения. После того как весной пруды для выращивания молоди заполняют водой, рожь разлагается и становится источником питания для зоопланктона.

При выращивании рыб небольших размеров (40—80 мм) плотность посадки рыб в прудах для выращивания молоди должна составлять примерно 100—200 тыс. шт./га. Для достижения товарных размеров требуется всего несколько недель, по прошествии которых рыб можно отлавливать ловушками, неводами, осушая пруды или комбинируя эти методы.

При выращивании рыбы более крупных размеров плотность посадки молоди в пруды следует снизить до 25—30 тыс. шт./га. Продолжительность выращивания молоди до облова и реализации в этом случае, естественно, больше, чем в первом. Если выращиваются сеголетки крупных размеров, применяют удобрения, но питательные вещества в этих случаях вносят для стимуляции роста не только зоопланктона, но и фитопланктона (см. главу 3). Фитопланктон потребляется водными насекомыми, которыми в свою очередь питаются мальки большеротого окуня. Особенности питания молоди большеротого окуня в прудовых системах изучал Роджерс (Rogers, 1967). Установлено, что наиболее важными компо-

нентами пищи окуня являются копеподы и ветвистоусые рачки. В рационе мальков окуня длиной менее 15 мм преобладают копеподы и ветвистоусые рачки, а более крупные особи питаются преимущественно личинками комаров.

Каннибализм затрудняет интенсивное разведение большеротого окуня. Хатсон (Hutson, 1976b) к факторам, способствующим каннибализму, относит переуплотнение прудов, заселение прудов мальками различных размеров, недостаточное развитие природных кормовых организмов для рыб и задержки облова (приводящие к тому, что в прудах появляются разноразмерные мальки).

Сноу (1973, 1975) описывает работу несколько более интенсивной системы выращивания большеротого окуня. В качестве емкостей для культивирования используются пруды или каналы, рыбу содержат на искусственных кормах. В традиционных системах разведения большеротого окуня искусственные корма не применяются, но орегонские влажные гранулы (ОВГ) оказались вполне подходящими (см. главу 5). На ранних стадиях жизненного цикла кормом для молодежи, по-прежнему, служит зоопланктон. Но как только рыбы подрастут, их можно переводить на ОВГ. Приучить особей большеротого окуня брать ОВГ несложно.

Высокоинтенсивный метод разведения большеротого окуня включает использование нейлоновых нерестилищ (Chastain and Snow, 1965), которые извлекаются из нерестовых прудов после откладки на них икры. Икринки собирают с нерестилищ и помещают в специальные сосуды, где происходят их инкубация и выклев. Личинок выдерживают в специальных бассейнах и на послеличиночной стадии кормят искусственным кормом. Возможен и другой вариант: личинками заселяют заранее удобренные пруды, в которых развивается зоопланктон, а позднее рыб переводят на искусственные корма.

Заболевания, паразиты и контроль за хищниками. Сноу (1975) предлагает обрабатывать производителей большеротого окуня против внешних паразитов раствором формалина в концентрации 25 мг/л, а при использовании искусственного корма вводить в него лекарственные вещества. Особи большеротого окуня подвержены различным заболеваниям и паразитам, которые иногда вызывают значительную смертность, особенно среди мальков и сеголетков. Дэвис (Davis, 1967) приводит в своей работе случаи обнаружения у особей окуня миксобактерий и таких паразитов, как *Ichthyophthirius*, *Costia*, *Trichodina*, *Trichophyra* и *Scyphidia*. Методы лечения могут быть аналогичными тем, которые применяются при лечении канального сомика и рыб других видов (см. главу 7).

Хищные насекомые могут представлять большую опасность для мальков и сеголетков большеротого окуня. Особенно опасным хищником является гладыш (*Notonecta*) (Davis, 1967). Внесенное в воду дизельное топливо образует на ее поверхности тонкую пленку, которая почти мгновенно убивает насекомых, дышащих воздухом, в том числе гладыша и некоторых других опасных хищников. Для рыб эта процедура безвредна, а пленка дизельного

топлива рассеивается через один-два дня. Миэн (Meehan, 1937) рекомендовал для борьбы с насекомыми и хищниками использовать керосин из расчета 100—120 л/га, примерно такая же концентрация дизельного топлива должна оказаться достаточной.

УШАСТЫЕ (ЧЕРНЫЕ) ОКУНИ

К разновидностям ушастого окуня, которых наиболее часто используют в качестве объектов культивирования, относятся синежаберный солнечник, или ушастый окунь (*Lepomis macrochirus*), ушастый окунь (*L. microlophus*) и зеленый солнечник (*G. cyanelus*) (Davis, 1964). Зеленым солнечником водоемы, как правило, не заселяют. Эта рыба встречается в естественных условиях в прудах и озерах. Техас — единственный штат, в котором разводят гибридов зеленого солнечника для заселения ими водоемов, тогда как в большинстве штатов используются негибридные виды.

При скрещивании самцов зеленого солнечника и самок ушастого окуня (*L. microlophus*) получается потомство, состоящее на 80% из быстрорастущих самцов, причем значительное преобладание самцов над самками сохраняется и после их выпуска, и последующего размножения в природных условиях (Hutson, 1976a). Для решения проблемы переуплотнения и замедления темпов роста ушастых окуней, следствием которых часто является несбалансированность популяций в прудах, заселенных большеротым и ушастым окунями, необходимы дальнейшие исследования этого и других гибридов. Несмотря на то что штат Техас является, возможно, единственным штатом, где для заселения водоемов широко используется гибрид ушастого окуня, идея эта нова. Рикер (Ricker, 1948) первым получил такой гибрид, скрестив синежаберного солнечника с ушастым окунем (*L. microlophus*). Этот гибрид был получен с целью уменьшения перенаселенности прудов.

Синежаберного солнечника можно использовать в качестве примера для описания метода разведения ушастых окуней, который во многом сходен с методом разведения большеротого окуня. Самки синежаберного солнечника выметывают икру в возрасте одного года и несколько раз в течение одного сезона (Davis, 1967). Производители синежаберного солнечника подобно большеротому окуню сооружают «гнезда», причем в каждом из них может находиться до 17 тыс. мальков (Carbine, 1939).

Нерестовые пруды часто заселяют одинаковым количеством самцов и самок, хотя лучшие результаты достигаются, когда на каждые три самки приходится по два самца (Davis, 1967). Молодь, как правило, оставляют в нерестовом пруду подрастать вместе со взрослыми особями. Блоц (Blosz, 1948) рекомендовал заселять пруды из расчета 250 производителей на 1 га; потомство от них может составлять 375 тыс. особей. Чтобы обеспечить молодь пищей, в пруды следует вносить удобрения. Синежаберного солнечника и других разновидностей ушастых окуней можно кормить искусственным кормом. Наблюдая за ушастыми окунями,

помещенными в пруд для выращивания канального сомика, можно заметить, как они стараются отнять друг у друга корм.

Заболевания и паразиты, а также лечение от них для ушастых окуней и большеротого окуня аналогичны. Как и во всех случаях заболеваний и наличия паразитов рыб, первостепенное значение имеют раннее их обнаружение и лечение.

ПОЛОСАТЫЙ ОКУНЬ

Морской, или полосатый окунь (*Morone saxatilis*), является уникальным теплолюбивым видом, выращиваемым в условиях аквакультуры, поскольку это анадромный вид, который выпускали в пресноводные озера, окруженные со всех сторон сушей, в качестве объекта спортивного рыболовства (размножающиеся популяции обнаружены в пяти озерах, находящихся на территории четырех штатов, полосатым окунем заселены свыше 75 озер в различных штатах США). Этот вид также высоко ценится как объект морского спортивного рыболовства. Природный ареал полосатого окуня простирался вдоль Атлантического побережья США и Мексиканского залива — от Флориды до Луизианы (Bonn et al., 1976), но в настоящее время этот ареал значительно расширился и несколько особей были выловлены в морских водах у побережья штата Техас (Hoese and Moore, 1977).

Стивенс (Stevens, 1966) разработал методику стимуляции нереста морского окуня в искусственных условиях. В настоящее время в многочисленных питомниках выращиваются в значительных количествах мальки полосатого окуня для заселения ими различных водоемов. В 1967 г. общее количество выращенных мальков составляло всего 978 тыс. К 1975 г. это количество возросло до 13,1 млн. (Bonn et al., 1976).

Процесс выращивания морского окуня включает отлов в естественных условиях производителей, их искусственный нерест путем инъекции гормонов, выклев личинок и выращивание мальков в специальных прудах до достижения товарных размеров. Приводимые ниже некоторые подробности этой биотехники взяты в основном из работы Бонна и др. (Bonn et al., 1976).

ОТЛОВ И ВЫДЕРЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Для получения потомства в течение короткого нерестового сезона отлавливают зрелых, почти готовых к нересту, рыб. Обращаться с производителями следует крайне осторожно, чтобы не нанести им травм, из-за которых они не смогут дать качественные половые продукты.

Когда производители полосатого окуня собираются в районах нереста, их можно наиболее эффективно отлавливать с помощью электролова. Другие применяемые при этом методы включают отлов с помощью жаберных сетей (через каждые 15 мин такие сети

следует проверять и изымать пойманную рыбу), вершей (напоминающих большой сачок), ставных ловушек или неводов, мережей или вентерей, а также на удочку и с помощью ярусов.

Выловленную рыбу сразу загружают в большую цистерну с устройством для аэрации воздуха и доставляют в питомник, где ее выдерживают в садках или прорезях. Соленость воды в цистерне для перевозки производителей должна составлять 3—10‰ (что достигается добавлением поваренной соли NaCl); для предотвращения инфекционных заболеваний в процессе транспортировки воду можно также обработать нитрофуразоном из расчета 100 мг/л. В цистерне объемом 320 л рекомендуется перевозить не более двух-трех рыб массой по 6,8 кг каждая.

Перед нерестом всем производителям делают внутримышечные инъекции гормонов, как правило, под спинной плавник. Эти инъекции делают рыбам во время отлова. Для этой цели применяются в основном хорионический человеческий гонадотропин (ХЧГ) и фолликулярно-стимулирующий гормон (ФСГ). За одну инъекцию самкам следует вводить 275—330 IU ХЧГ на 1 кг массы тела. Многократные инъекции (используемые иногда при разведении канального сомика) приводят к преждевременному вымету икры (Bayless, 1972). В отличие от канального сомика и других видов самцам полосатого окуня также делают инъекции. Самцам следует вводить 110—165 IU ХЧГ на 1 кг массы тела (Bishop, 1974).

ПРОВЕДЕНИЕ НЕРЕСТА

Если во время отлова производителям не были сделаны инъекции гормонов, их необходимо сразу сделать после доставки особей в питомник. Спустя 28—30 ч после введения гормонов у каждой самки следует взять щуповую пробу. Для этого в мочеполовое отверстие примерно на глубину 5 см вводится катетер наружным диаметром около 3 мм. С помощью катетера можно извлечь небольшое количество яиц, которые затем исследует под микроскопом. Стадия развития яиц позволяет установить, через сколько часов произойдет овуляция.

В книге Бонна и др. (Bonp et al., 1976) помещена серия фотографий, с помощью которых легче определить этот срок. После созревания у самок отцеживают икру. Задержка (например, всего на 60 мин после овуляции) может привести к низкому проценту выклева личинок.

Для отбора икры обычно требуется несколько человек. До сцеживания икры самок анестезируют разбрызгиванием на жабры раствора хинальдина концентрацией 1 мг/л. После того как точно установлено, что овуляция началась, двое рабочих держат самку, а третий выдавливает икру в специальный тазик. Еще один рабочий в это время, нажимая на брюшко самца (который обычно меньше самки), выдавливает сперму, которая также стекает в та-

зик. Для хорошего оплодотворения рекомендуется использовать сперму от двух самцов на каждую самку. Сперма должна оказаться в тазике не позднее чем через 2 мин после помещения в него икры, затем туда наливают воду и содержимое перемешивают.

При нормальной для нереста температуре воды (примерно 15—20°C) через 2 ч после оплодотворения икра должна быть на стадии двух—четырех бластомеров. В это же время можно установить процент оплодотворения.

ВЫКЛЕВ ЛИЧИНОК

Выклев личинок может происходить по описанному Уортом (Worth, 1884) методу с использованием специальных сосудов (инкубационных аппаратов). В каждый такой инкубационный аппарат объемом 2 л помещают примерно 100 000 икринок, воду подают постоянно со скоростью 40—120 мл/мин. Вода в инкубационных аппаратах может подниматься снизу вверх. Мертвые икринки всплывают на поверхность и вымываются током воды. Для выклева личинок рекомендуется использовать родниковую воду. Оптимальная для выклева температура воды 16—18°C, рН 7,5—8,5; вода должна быть насыщена растворенным кислородом, содержать не более 10 мг/л диоксида углерода, а общая концентрация аммиака не должна превышать 0,5 мг/л.

Бэйлесс (Bayless, 1972) сделал обзор литературы, посвященной вопросам инкубации, и сообщил, что при температуре воды 16—18°C выклев личинок происходит через 48—56 ч (по мере снижения температуры время, необходимое для выклева личинок, увеличивается). Считается, что инкубация прошла успешно, если выклев составил 50% заложенных на инкубацию икринок.

Бишоп (Bishop, 1974) описывает искусственный нерест в специальных бассейнах. Производителям делают инъекции ХЧГ, как описано выше. После этого в каждый бассейн помещают по меньшей мере по два самца на одну самку. Если рыб не беспокоить, они могут выметывать икру прямо в бассейне. Выклев личинок может происходить либо в самом бассейне, либо икру можно сифонами слить в аквариум для дальнейшей инкубации.

ВЫРАЩИВАНИЕ И КОРМЛЕНИЕ ЛИЧИНОК

В течение 4 дней после вылова личинки полосатого окуня не нуждаются в корме, и их можно держать в аквариумах при большой плотности. В аквариум необходимо постоянно подавать свежую воду, чтобы личинки находились во взвешенном состоянии. После окончания четырехдневного периода плотность личинок необходимо снизить с максимальной, составляющей 2500 личинок на 1 л, до примерно 250 на 1 л. В этот период личинок можно помещать в лотки и выдерживать их там еще 9—15 дней до выпуска в пруды.

Личинки полосатого окуня начинают принимать корм уже на пятый день после выклева. Это время необходимо для того, чтобы у них полностью развился челюстной аппарат. На начальной стадии развития кормом обычно служат науплии *Artemia salina* (подробности см. в главе 5). Личинок следует кормить науплиями артемии с интервалами в 4—8 ч.

РАЗВЕДЕНИЕ РЫБ В ПРУДАХ

Многие специалисты рекомендуют осушать пруды зимой и бороновать дно 1—2 раза, чтобы органические вещества, находящиеся на дне, могли окислиться. Перед зарыблением на дно пруда можно посеять рожь (Snow, 1975). Для стерилизации почвы в осушенные пруды можно также вносить известь из расчета 1000 кг/га. Для предотвращения развития нитчатых водорослей или укоренившихся макрофитов дно осушенных прудов можно обработать симазинном из расчета 10 кг/га или раствором гербицида 2,4-D из расчета 4 л/га.

Если это возможно, пруды следует заполнять водой непосредственно перед зарыблением. Предпочтение следует отдавать родниковой воде, как и при всех остальных способах выращивания водных организмов в условиях аквакультуры. Удобрения можно вносить во время заполнения пруда водой. При разведении полосатого окуня нет необходимости готовить пруды задолго до зарыбления. Удобрения вносятся для увеличения численности планктона, так же как и при разведении большеротого окуня. Органические удобрения используются часто в сочетании с неорганическими или отдельно.

В качестве органического материала часто вносят сено из расчета 500—1000 кг/га; люцерну, бермудскую траву или муку из расчета 200—500 кг/га или в сочетании с сеном из расчета 100—400 кг/га; соевую муку и муку из жмыха хлопковых семян из расчета 250 кг/га; навоз из расчета 500 кг/га.

Если вносить в пруды для выращивания полосатого окуня только неорганические удобрения, можно вызвать избыточное развитие фитопланктона, поэтому неорганические удобрения следует сочетать с органическими. Для этого в качестве органических удобрений иногда применяют суперфосфат (0—20—0) или тройной суперфосфат (0—46—0) из расчета 10—50 кг/га.

Перед заселением прудов молодь полосатого окуня необходимо убедиться, что в них достаточно мелких зоопланктонных организмов, температура воды в дневное время превышает 21 °С, рН 6,5—9,5 и хищных насекомых немного. Если все условия соблюдены, мальков можно выпускать в пруды. Это обычно делается рано утром; рыб следует акклиматизировать к температуре воды в тех прудах, куда их собираются выпускать.

Плотность мальков в прудах может составлять 125—500 тыс. на 1 га. Оптимальной считается плотность примерно 200 тыс. шт./га. Рыб выращивают в прудах вплоть до выпуска в озера.

МЕТОДЫ ИНТЕНСИВНОГО РАЗВЕДЕНИЯ

Методы интенсивного разведения полосатого окуня в бассейнах и каналах находятся еще в стадии разработки. Но первые результаты уже получены. Как и для мальков, выпускаемых в специальные пруды, первым кормом служат артемии. Малькам в возрасте 14—21 день можно предлагать искусственный корм с частицами размером примерно с науплий артемии в сочетании с *Artemia salina*. Этот корм можно использовать в течение примерно 7—14 дней (до 28-го дня после выклева личинок).

Когда рыбы уже охотно берут искусственный корм, их следует кормить чаще, чем при кормлении артемиями. Некоторые рыбоводы применяют автоматические кормушки, выдающие в воду определенное количество корма примерно каждые 10 мин. Рыб в возрасте 45 дней следует кормить только трижды в день. Высококачественные рационы для форели и лосося, в которых содержится достаточное количество питательных веществ, годятся и для мальков полосатого окуня. Содержание белка в таком рационе не должно быть меньше 38%.

БОЛЕЗНИ И ПАЗАРИТЫ

У полосатого окуня встречаются четыре рода бактерий: *Flexibacter*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* и *Vibrio*. Если жесткость воды превышает 50 мг/л, то для предотвращения колумнариса можно использовать сульфат меди в концентрации 0,5—1,0 мг/л. В мягкой воде можно использовать растворы меньшей концентрации. В качестве бактерицидного препарата можно применять дикват с концентрацией катионов 2 мг/л; сообщается также, что для борьбы с бактериальными инфекциями можно применять раствор марганцовокислого калия концентрацией 3 мг/л.

Эффективным средством для борьбы с *Flexibacter*, *Aeromonas* и *Pseudomonas* является нитрофуразон, если его использовать в виде ванн продолжительностью 1—6 ч при концентрации 100 мг/л. В этих же целях можно использовать и фуранас в течение 1 ч при концентрации 7,5 мг/л или в виде ванн продолжительностью несколько дней при концентрации 0,05—0,1 мг/л. Высокие концентрации фуранаса могут оказаться смертельными для молоди полосатого окуня. При кровотокающей септицемии можно использовать окситетрациклин, который следует вводить в корм из расчета 8,8 г активного вещества на 1 кг корма.

Полосатый окунь подвержен также внешним паразитам (эктопаразитам) тех же типов, от которых страдают и многие другие из рассмотренных выше видов рыб. С *Trichodina* можно эффективно бороться с помощью раствора марганцовокислого калия концентрацией 3 мг/л. Однако в прудах с высоким содержанием органического вещества может потребоваться повторная обработка этим раствором (Hughes, 1975). Для борьбы с эктопаразитами в пруды иногда добавляют сульфат меди из расчета 0,5—1,0 мг/л. С *Ergasilus*, а также с *Lernaea* можно успешно бороться с по-

мощью дилокса, применяемого из расчета 0,25 мг активного вещества на 1 л воды; с акантоцефалом *Pomphorhynchus gossii* — путем добавления в корм рыб в течение пяти дней ди-N-бутиловой окиси олова из расчета 220 мг на 1 кг рыбы.

Для борьбы с простейшими можно использовать формалин в концентрации 150 мг/л в виде раствора или ванн продолжительностью 1 ч. Рыб, зараженных бактериальными инфекциями, не следует обрабатывать формалином, поскольку связанный с такой обработкой дополнительный стресс может оказаться для них смертельным. Малахитовый зеленый успешно применяли в виде раствора для окунания в течение 10 с при концентрации 66 мг/л для борьбы с *Sargolegnia*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Adron, J. W., A. Blair, and C. B. Cowey. 1974. Rearing of plaice (*Pleuronectes platessa*) larvae to metamorphosis using an artificial diet. *Fish. Bull.* 72: 353—357.
- Allan, P. F. 1952. How to grow minnows. Privately published by P. F. Allan, Fort Worth, Tex. 63 p.
- Altman, R. W., and W. H. Irwin. 1957. Minnow farming in the southwest. Oklahoma Department of Wildlife Conservation, Oklahoma City. 35 p.
- American Fisheries Society. 1970. A list of common and scientific names of fishes. American Fisheries Society, Special Publication 6, Washington, D. C. 150 p.
- Anonymous, 1972. Ozark's goldfish breed in artificial nests. *Am. Fish Farmer*, February, 5 ff.
- Bailey, W. M., M. D. Gibson, S. H. Newton, J. M. Martin, and D. L. Gray. 1976. Status of commercial aquaculture in Arkansas in 1975. *Proc. Southeast. Assoc. Fish Wildl. Agencies.* 30: 246—250.
- Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. *Aquaculture*. Wiley-Interscience, New York. 868 p.
- Bayless, J. D. 1972. Artificial propagation and hybridization of striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum). South Carolina Wildlife and Marine Resources Department, Special Report. 135 p.
- Bishop, H. 1968. Largemouth bass culture in the southwest. In *Proceedings of the North Central fish culture workshop*. Ames, Iowa, pp. 24—27.
- Bishop, R. D. 1974. The use of circular tanks for spawning striped bass, *Morone saxatilis*. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 28: 35—44.
- Blosz, J. 1948. Fish production program, 1947, in the southeast. *Prog. Fish-Cult.* 10: 84—87.
- Bonn, E. W., W. M. Bailey, J. D. Bayless, K. E. Erickson, and R. E. Stevens. 1976. Guidelines for striped bass culture. Southern Division, American Fisheries Society, Washington, D. C. 103 p.
- Brice, J. J. 1898. Report of the Commissioner. U. S. Commission of Fish and Fisheries, Washington, D. C. 340 p.
- Carbiné, W. F. 1939. Observations on the spawning habits of centrarchid fishes in a deep lake, Oakland County, Michigan. *Trans. North Am. Wild. Conf.* 4: 275—287.
- Chastain, G. A., and J. R. Snow. 1965. Nylon mats as spawning sites for largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 19: 405—408.
- Davis, H. S. 1967. Culture and diseases of game fishes. University of California Press, Berkeley. 332 p.
- Davis, H. S., and A. H. Weibe. 1930. Experiments in the culture of black bass and other pond fish. U. S. Bureau of Fisheries, Bureau of Fisheries Document 1085, Washington, D. C.

- Dobie, J. R., O. L. Meehean, S. F. Snieszko, and G. N. Washburn. 1956. Raising bait fishes. U. S. Fish and Wildlife Circular 35. 124 p.
- Guidice, J. J. 1968. The culture of bait fishes. In Proceedings of the commercial bait fish conference. Texas A & M University, College Station, pp. 13—18.
- Hoese, H. D., and R. H. Moore. 1977. Fishes of the Gulf of Mexico. Texas A & M University Press, College Station. 327 p.
- Howland, J. W. 1932. Experiments in the propagation of spotted black bass. Trans. Am. Fish. Soc. 62: 185—188.
- Hughes, J. S. 1975. Striped bass. *Morone saxatilis* (Walbaum), culture investigations in Louisiana with notes on sensitivity of fry and fingerlings to various chemicals. Louisiana Wildlife and Fisheries Bulletin 13. 46 p.
- Huner, J. V. 1975. The biological feasibility of raising bait-sized red swamp crawfish, *Procambarus clarkii* (Girard), in Louisiana, Ph. D. dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, 184 p.
- Huner, J. V. 1976. Raising crawfish for food and fish bait: A new polyculture crop with fish. Fisheries, 1: 7—9.
- Huner, J. V., and J. W. Avault, Jr. 1976. Sequential pond flooding: A prospective management technique for extending production of bait-sized crawfish. Trans. Am. Fish. Soc. 105: 637—642.
- Hutson, P. L. 1976a. Hybrid sunfish. In Proceeding of the fish farming conference and annual convention of the Catfish Farmers of Texas. Texas A & M University, College Station, p. 32.
- Hutson, P. L. 1976b. Largemouth bass culture. In Proceedings of the fish farming conference and annual convention of the Catfish Farmers of Texas. Texas A & M University, College Station, pp. 27—31.
- Johnson, S. K. 1978. Maintaining minnows—A guide for retailers. Texas Agricultural Extension Service Publication MP-1320. Texas A & M University, College Station. 19 p.
- Johnson, S. K., and J. T. Davis. 1978. Raising minnows. Texas Agricultural Extension Service Publication MP-783 (revised). Texas A & M University, College Station. 15 p.
- Langolis, T. H. 1931. The problem of efficient management of hatcheries used in the production of pond fishes. Trans. Am. Fish. Soc. 61: 106—115.
- Lydell, D. 1904. The habits and culture of black bass. U. S. Fish Commission. Bulletin 22, pp. 39—44.
- Meehean, O. L. 1936. Some factors controlling largemouth bass production. Prog. Fish-Cult. (old series), 16: 1—7.
- Meehean, O. L. 1937. Control of predaceous insects and larvae in ponds. Prog. Fish-Cult. (old series), 33: 15—16.
- Meehean, O. L. 1939. A method for the production of largemouth bass on natural food in fertilized ponds. Prog. Fish-Cult. (old series), 47: 1—19.
- Meyer, F. P., K. E. Sneed, and P. T. Eschmeyer. 1973. Second report to the fish farmers. U. S. Bureau of Sport Fish and Wildlife, Resources Publication 113. 123 p.
- Prather, E. E., J. R. Fielding, M. C. Johnson, and H. S. Swingle. 1953. Production of bait minnows in the southeast. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, Ala. 71 p.
- Ricker, W. E. 1948. Hybrid sunfish for stocking small ponds. Trans. Am. Fish. Soc. 75: 84—95.
- Rogers, W. A. 1967. Food habits of young largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in hatchery ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 21: 543—553.
- Shelbourne, J. E. 1964. The artificial propagation of marine fish. In F. S. Russell (Ed.), Advances in marine biology. Vol. 2. Academic Press, New York, pp. 1—83.
- Smith, E. R. 1968. Minnow pond construction and water quality. In Proceedings of the commercial bait fish conference. Texas A & M University, College Station, pp. 7—11.
- Snow, J. R. 1963. A method of distinguishing male bass at spawning time. Prog. Fish-Cult. 25: 49.

- Snow, J. R. 1964. Simazine as a preflooding treatment for weed control in hatching ponds. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 18: 441—447.
- Snow, J. R. 1973. Controlled culture of largemouth bass fry. Proc. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 26: 392—398.
- Snow, J. R. 1975. Hatching propagation of the black bass. In H. E. Clapper (Ed.). Black bass biology and management. Sport Fishing Institute, Washington, D. C., pp. 344—356.
- Stevens, R. E. 1966. Hormone-induced spawning of striped bass for reservoir stocking. Prog. Fish-Cult. 28: 19—28.
- Stickney, R. R., D. B. White, and D. Perlmutter. 1973. Growth of sea turtles on natural and artificial diets. Bull. Ga. Acad. Sci. 31: 37—44.
- Surber, E. W. 1935. The production of bass fry. Prog. Fish-Cult. (old series). 8: 1—7.
- Wiebe, A. H. The pond culture of black bass. Texas Game. Fish and Oyster Commission, Bulletin 8. 58 p.
- Worth, S. G. 1984. Report on the propagation of striped bass at Weldon, N. C. in the spring of 1884. Bull. U. S. Fish. Comm. 4: 225—230.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Азот 78
Аквакультура 3,7
— морская 8
— с высокой плотностью посадки объектов 15
— тепловодная 11
Акклимация 111
Активность биологическая 107
Акрифлавин 255
Аммиак 81
Амур белый 12, 13, 14, 86, 90, 207
Антибиотики 220, 224, 237, 254
Аппараты инкубационные 195, 276
Аргулез 236
Ареометр 114
Артемия салина 138, 139
Афлатоксин 165
Аэраторы механические 29, 102
Аэрация 29, 128
Ауткроссинг 210

Б

Бактерии хитиноразрушающие 240
Бассейн 33
Бассейн-отстойник 33
Бассейны выростные 36
— круглые 34
— прямоугольные 34
Белки 154
Бентонит 57
Биофильтрация 83
Биофильтры 38, 40, 80
— капельные 40
Болезни 216
— алиментарные 226, 227
— микозные 231, 237, 239
Болезнь газопузырьковая 56, 228
— жабр алиментарная 227
— панцирная 240
Буфер 93
Буффало 26

В

Вакцины 221
Веронал натрия 254
Вертеж лососевых 234
Веслонос 91

Вещества взвешенные 28, 121
— лечебные 222
— минеральные 152
— питательные 78
— связующие 164
— токсические 165
Виды анадромные 10, 17
— стеногалинные и эвригалинные 17
— экзотические 12, 14
Витамины 147
Водоемы 26
Водоросли микроскопические 63
— нежелательные 40
— нитчатые 7, 85, 87
— синезеленые 165
Водоспуск 60
Воды геотермальные 21
— грунтовые 22
— поверхностные 25
— подземные 25
— сточные очистных станций 7
— электростанций отработанные 21

Г

Газы растворенные 29
Гельминтоз 235
Гельминты 235
Генотип родительский 210
Гербициды 26, 62, 87, 91, 101, 129, 131
Гиацинт водный 88, 93
Гипервитаминоз 226
Гиповитаминоз 226
Гнезда для нереста искусственные 192
Гомозиготность 210
Гонадотропин хорионический человеческий (ХЧГ) 275, 276
Горбыль красный 124
Гормон фолликулярно-стимулирующий (ФСГ) 275
Гормоны 186, 193, 194, 197
Гранулирование 168
Гранулы 167, 168
— оregonские влажные 140, 272

Д

Дамба 60
Дефицит кислорода 96, 97, 98, 99

- Диагностика заболеваний 218
 Диапазоны солености 116
 Дикват 231, 278
 Дилокс 236, 237
 Динофлагеллаты 165
 Дозы препаратов лекарственные 223
- Е**
- Еж морской 8
 Емкости выростные 20, 33, 34, 52
 — силосные 37
- Ж**
- Железо 29
 Жесткость 124
- З**
- Заболевания жабр бактериальное 227
 — канального сомика вирусное (ВЗКС) 228
 Загрязнение 71
 Загрузка биофильтра 44
 Задвижки 61
 Закупорка фильтра 30
 Заражение воды 26
 Засорение биофильтра 44
 Затемнение 122
 Звезды морские 241
 Зона облова 61
 Зообентос 84
 Зоопланктон 84, 138
- И**
- Известь 242
 Инбридинг 208, 210
 Инкубация икры 195
 Инсектициды 85
 Инфекции паразитарные 238
 Инфекция бактериальная вторичная 217
 Ионообменник 50
 Использование сбросных вод электростанций 54
 Источник водоснабжения 20, 22, 70
 Исследования бактериологические 224
 — паразитологические 224, 225
 Ихтиофтириоз 232
- К**
- Камбала 17, 126
 Канал прямоугольный 34
 Каналы 33
 — выростные 25
 Канибализм 126, 127
 Карась серебряный 91, 260, 267, 268
 Карп обыкновенный 13, 90
 Качество воды 37, 43, 70
 Каштан водяной китайский 48
 Ключи 25
 Коловратка 138
 Концентрат белковый 9
- Копеподы паразитические 236
 Корм плавающий 54
 — форелевый стартовый 170, 196
 Корма живые 136, 137
 — искусственные 135, 136, 137, 140, 163
 — сухие 167
 Кормление «ad libitum» 174
 Кормушки автоматические 172
 — кольцевые 54
 — самоподающие 172
 Костиоз 234
 Коэффициент кормовой 173
 Краб голубой 127, 240
 Креветка белая 119
 — коричневая 119
 — пресноводная 12
 Креветки пенеидные 238, 260
 — пресноводные 14, 200, 238, 239
 Колумнарис 230, 231
 Контроль биологический 90
 — генетический 186
 Концентрация насыщающая 98
 Культиватор дисковый 62
 Культивирование экстенсивное и интен-
 сивное 15, 20
- Л**
- Лампы флуоресцентные 51
 Лангусты 65, 91
 Лечение рыб в ваннах 221
 Лимфоцитис 237
 Липиды 158
 Листоеды южноамериканские 90
 Лобан 17, 197
- М**
- Макрофиты 74
 — укоренившиеся 7
 Малахитовый зеленый 231, 233, 237, 279
 Марганцовокислый калий 278
 Марикультура 8
 Материалы выстилающие 57
 Медикаменты 219
 Метод Винклера 99
 — колориметрический 82, 84
 — Несслера 82
 Металлы следовые 129
 Метиленовый синий 234
 Методы выращивания интенсивные, экстенсивные 270, 272
 — регулирование численности 205
 Микоз устричный 240
 Микоспоридии 234
 Монокультура 16
- Н**
- Накопление биологическое 129
 Наполнители для фильтров 45
 Наследуемость 209

Насос 48
Невод 250, 251
Нерест канального сомика 190
Нитраты 48
Нитрификация 78
Нитрофуразон 230, 231, 237, 275, 278
Нормы кормления 169, 173, 174
— суточные 173
Нотемигонус 260, 265

О

Облов 248, 250, 252
— многократный 251
— садков 248
Обмен 142
Оболочки 27
Оборудование запасное 50
Обработка воды антисептическая 218
— бактерицидная 50
Обрастание 27, 28
Объекты культивирования потенциальные 109
— аквакультуры тепловодные 7
Ограждения проволочные 27
Озера 26
Озон 50
Оксиметр 99
Окситетрациклин 230, 231, 278
Окунь большеротый (черный) 269
— полосатый 277, 278
— ушастый (черный) 273
Омар американский 240
Определение пола 186
Организмы болезнетворные 26
— культивируемые 108
— непатогенные 26
Отстойник 30
— вторичный 47
— первичный 39
Осадки 29
Осаждение взвешенного вещества 39, 122
Освещенность 119
Осморегуляция 117
Очистка воды третичная 48
— садков 28

П

Паразитические простейшие 232
Паразиты 26, 216
Переваримость 177
Пересыщение кислородом 56, 98
Перманганат калия 234
Пестициды 26, 129
Пимефалес черноголовая 260, 266
Плотность популяции 9
— посадки 16, 34, 43, 107, 127, 192, 193, 196
Поддержание pH 46
Поликультура 16

Понижение уровня грунтовых вод 24
Потребление кислорода биохимическое 97
Потребность температурная 107
Предел толерантности медианный 80
Премикс минеральный 154
Препараты лекарственные 220, 264
Продуктивность первичная 74, 75, 76
Продукция вторичная 17
Промывка обратная 32, 44
Пруды 20
— выростные 58
— заморные 101
— солоноватоводные 58
— тепловодные 89

Р

Разбрызгивание воды 29
Размер биофильтров 43
Разведение гиногенетическое 204
— селекционное 208
Развитие икры и выклев личинок 194
Размер товарный 144
Размножение в аквариумах 193, 194
— прудах 191
— садках 192
Раствор лечебный 56
Растительность водная 74
Рацион суточный 171
Рдест 66
— кустистый 88
Регулирование рыбных запасов 15
Рецептура корма 166
Рогоз 66, 88, 93
Рыбоводство прудовое 15, 56
Рыбосборник 250
Рыбы растительноядные 87
Ряска 88, 93

С

Садки 27, 53
Сатурометр 56
Сверла устричные 241
Сельдь-доросомы 26
Септицемия геморрагическая 230
Сероводород 29
Симазин 270, 271, 277
Синдром плавательного пузыря стрессовый (ССПП) 228, 229
Системы буферные 93
— культивирования водные 20
— интенсивные 21
— замкнутые 38
— непроточные 20
— открытые 20, 44
— подвесные 64
— полужамкнутые 20, 32, 51
— проточные 20, 52

Скважины 22, 25
Скорость акклимации 111
— водообмена 20
— фотосинтеза 73
Слой водоносный 24
Смертность естественная 216
Содержание растворенного кислорода (РК) 96, 101
Соленость 70, 114
Солнечник снежаберный 273
Сомик канальный 11, 13, 260
Спат 203
Способы аэрации 102
— борьбы с прудовой растительностью 87
Стрелолист 88, 93
Стресс 22, 43, 46, 79, 96, 98, 100, 102, 111, 127, 153, 217, 228, 279
Строительство пруда 59
Субстрат 125
Сульфат меди 231, 233, 234, 278
Сцианопс 17

Т

Температура 107, 110
Тесты колориметрические 79
Тяляпия 12, 13, 14, 90, 112, 204
Толерантность температурная 73
Токсичность острая 129
— хроническая 129
Трикаинометансульфонат (МС-22) 254
Трихидиоз 234
Трубы Вентури 34
— дренажные 34

У

Углеводы 162
Уголь активный 50
Удаление обростаний механическое 28
Удобрение прудов 84, 136
Уклон дамб 60, 89
Улитки пресноводные 90
Уретан 254
Устрица американская 109, 202
Устрицы 118, 123
Условия аэробные 40
Устройства ветрозащитные 62
— для регулирования расхода 36
— дренажные 35
— заборные 26
— сортировочные плавучие 249

Ф

Фильтрация биологическая 40
— механическая 30

Фильтры 30, 44
— вертикальные 41
— грубой очистки 38
— механические 40
— патронные 32
— погружные 41
— с вращающимся диском 42
— тонкой очистки 38
Фитопланктон 7, 16, 63, 74, 137
Флуорометры 77
Форель товарная 11
Формалин 233, 234
Фосфаты 48, 83
Фосфор 83
Фотопериод 119
Фотосинтез 71

Х

Ханос 86
Хара 88
Хинальдин 275
Хинин двосерноокислый 233
Хлорамин Т 233
Хлоромицетин (хлорамфеникол) 230, 231
Хлорофилл 73
Хозяйства форелевые 25

Ц

Ценность корма физиологическая (ФЦК) 145
— — энергетическая (ЭЦК) 145
Цехи инкубационные 25

Ч

Червь многощетинковый 242
Черепahi 262

Ш

Шок температурный 111

Щ

Щиты для аэрации 61
— снегозадерживающие 62
Щелочность 123

Э

Экструзия 168
Эпизоотии 217
— паразитарные 217
Эргасилез 236
Эрлифт 36
Эстуарии 115
Эффективность фильтра 43

Я

Явления заморные 102, 111

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	3
Предисловие	6
Глава 1. Общие сведения об аквакультуре	7
Определение аквакультуры	7
Аквакультура и продовольственная проблема	8
Создание новой научной дисциплины	10
Экзотические виды, выращиваемые в США	13
Экстенсивное и интенсивное культивирование	15
Моно- и поликультура	16
Пресноводная и морская аквакультура	17
Список использованной литературы	18
Список рекомендуемой дополнительной литературы	19
Глава 2. Водные системы	20
Общая классификация	20
Источники воды и ее предварительная подготовка	22
Замкнутые циркуляционные водные системы	32
Полузамкнутые водные системы	51
Открытые проточные системы культивирования	52
Садковые хозяйства	53
Прудовое рыбоводство	56
Специализированные системы культивирования	62
Заключение	66
Список использованной литературы	67
Список рекомендуемой дополнительной литературы	68
Глава 3. Неконсервативные свойства воды	70
Общие положения	70
Фотосинтез и первичная продукция	71
Роль первичной продукции в аквакультуре	74
Измерение первичной продуктивности	75
Питательные вещества	78
Удобрение прудов	84
Контроль за водной растительностью	87
Карбонатная буферная система	93
Содержание растворенного кислорода	96
Список использованной литературы	102
Список рекомендуемой дополнительной литературы	105
Глава 4. Консервативные свойства воды и физические параметры водной среды	107
Общие положения	107
Температура	107
Соленость	114
Освещенность	119
Взвешенные вещества	121
Щелочность	123
Жесткость	124
Требования к субстрату	125
Плотность посадки животных	127
Пестициды, гербициды и тяжелые металлы	129

	Сточные воды хозяйств аквакультуры	132
	Список использованной литературы	132
Глава 5. Корма, кормление и рост		135
	Трофический уровень и пищевые потребности	135
	Живые корма для личинок и молоди рыб	137
	Искусственные корма	140
	Энергия и рост	142
	Витамины	147
	Минеральные вещества	152
	Белки	154
	Липиды	158
	Углеводы	162
	Физические и химические свойства кормов	163
	Связующие вещества	164
	Токсические вещества	165
	Составление рецептов и гранулирование кормов	166
	Кормление	169
	Раздача корма	172
	Нормы кормления	173
	Составление экспериментального корма	177
	Список использованной литературы	181
	Список рекомендуемой дополнительной литературы	184
Глава 6. Воспроизводство, селекция и генетика		185
	Стратегия воспроизводства	185
	Размер икры и относительная плодовитость	188
	Методы размножения	189
	Специализированная стратегия воспроизводства	204
	Генетика и селекция	208
	Список использованной литературы	211
	Список рекомендуемой дополнительной литературы	215
Глава 7. Болезни и паразиты		216
	Смертность в аквакультуре	216
	Санитарные мероприятия	218
	Методы лечения	219
	Химический контроль	222
	Расчет дозы препаратов	222
	Выявление болезней и паразитов	223
	Распространенные болезни и паразиты	225
	Список использованной литературы	242
	Список рекомендуемой дополнительной литературы	247
Глава 8. Облов и переработка рыбы		248
	Облов в интенсивных системах культивирования	248
	Облов в экстенсивных системах культивирования	250
	Перевозка живой рыбы	252
	Специализированные методы разведения	255
	Переработка и сбыт	256
	Список использованной литературы	258
Глава 9. Разведение мелких карповых рыб, серебряного карася и рыбы для спортивного рыболовства		260
	Исторический очерк	260
	Мелкие карповые рыбы для наживки	263
	Серебряный карась	267
	Рыбы сем. Centrarchidae	269
	Полосатый окунь	274
	Список использованной литературы	279
Предметный указатель		282

Роберт Р. Стикни

ПРИНЦИПЫ ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Зав. редакцией *Н. Г. Ланда*

Редактор *Л. Л. Кожина*

Художник *С. Н. Орлов*

Художественный редактор *Т. И. Мельникова*

Технические редакторы *Е. В. Соломович, Н. В. Новикова*

Корректоры *М. В. Чаплыгина, Г. Ю. Стогова*

ИБ № 4578

Сдано в набор 08.01.86. Подписано к печати 23.05.86. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага для глубокой печати. Гарнитура литературная. Печать вы-
сокая. Усл. печ. л. 18. Усл. кр.-отг. 18. Уч.-изд. л. 21,53. Изд. № 673.
Тираж 1500 экз. Заказ № 1390. Цена 1 р. 90 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807,
ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Областная ордена «Знак Почета» типография им. Смирнова Смо-
ленского облуправления издательств, полиграфии и книжной торгов-
ли, 214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.