

УДК 639.32

АКВАКУЛЬТУРА И МОРСКОЕ РЫБОВОДСТВО

С. И. Дорошев

ВНИРО

Термин «аквакультура» получил широкое распространение с начала шестидесятих годов. В настоящее время смысл этого термина и место этой отрасли в хозяйственной деятельности человека четко определены и не вызывают сомнений.

Аквакультура — новая отрасль рыбного хозяйства, предполагающая широкое освоение водной среды путем культивирования водных животных и растений на основе слияния традиционных методов с новыми индустриальными методами, позволяющими резко увеличить степень интенсификации. От традиционного культивирования современная аквакультура отличается своим более широким охватом (постоянным стремлением к одомашниванию новых диких видов) и, что, может быть, самое главное, — ломкой принятых прежде биотехнических стандартов, внедрением совершенно новых, высоко интенсивных методов. Это ставит аквакультуру в один ряд с интенсивным сельским хозяйством и объясняет происхождение термина (Aquaculture-Agriculture).

За сравнительно небольшой период времени между 1960 и 1970 г. мировая продукция аквакультуры практически удвоилась, составляя сейчас около 4 млн. метр. т. Эта величина пока еще ничтожно мала по отношению к общей ежегодной добыче рыбы, однако она быстро растет и по некоторым сведениям в ближайшие годы продукция аквакультуры может составить 30—40 млн. т (Bardach, 1968). По другим оценкам она может в ближайшие годы достигнуть 65% мировой добычи рыбы, если не будет прогрессировать загрязнение водной среды.

На наш взгляд, появление этого нового направления в развитии рыбного хозяйства и его бурный рост в последние годы следует объяснить двумя важнейшими причинами. Первая заключается в том, что в последние годы подрыв промысловых запасов естественных популяций стал реальным и широко распространенным фактором, действующим на экономику многих стран. Вторая причина — прогресс рыбной инженерии и производства искусственных кормов, что позволило повысить уровень рентабельности в аквакультуре. Эти же причины обуславливают появление и быстрое развитие морского рыбководства, которое является самой молодой и самой «типичной» отраслью аквакультуры.

В последние годы появилось немало обзорных работ по культивированию водных животных и растений (Bardach, 1968; Hickling, 1969; Hempel, 1970; Pinchot, 1970; Hirasawa, 1971; Honma, 1971 и др.). Аква-

культура привлекает большое внимание не только практиков, но и исследователей фундаментальных наук — экологии, физиологии, генетики (Kinpe, 1970; Neil, 1970), так как становится экспериментальной базой для гидробиологов. Проблемы, связанные с аквакультурой, сейчас столь широки и объемны, что не могут быть предметом одного обзора. В данной статье мне представлялось целесообразным показать место морского рыбоводства в аквакультуре и остановиться подробнее на самой характерной черте этих работ — интенсификации биотехнических процессов.

АКВАКУЛЬТУРА И ПОЛОЖЕНИЕ МОРСКОГО РЫБОВОДСТВА

Традиционные методы рыбоводства и культивирования послужили основой для современного развития аквакультуры. Некоторые из них имеют многовековую историю. Это — разведение устриц, карпа, китайских карповых рыб. Несмотря на столь долгий срок, в традиционных методах мало что изменилось до самых последних лет, и сейчас еще в некоторых районах они используются как для производства особого, деликатесного продукта, так и для своеобразной демонстрации истории (например, культивирование устриц в Аркашоне). Основой всех традиционных методов можно считать экстенсивный тип хозяйства, дающий небольшой урожай с единицы площади. Это не означает, что степень контроля над внешней средой в традиционных методах культивирования мала или недостаточна. Итальянские «валли» для выращивания морской рыбы по уровню гидротехнических сооружений превосходят, возможно, современные японские прудики для выращивания угря, а метод выращивания устриц на дне несколько не уступает по сложности выращиванию на плотах, однако продукция вторых, как правило, в несколько раз превышает продукцию первых. Традиционные методы отличались от современных тем, что максимально возможное повышение продукции не было их основной целью. Они использовали либо только местный рынок, либо производили деликатесный продукт для вывоза, когда основной целью было получить не «больше», а «лучше по качеству». Это приводило нередко к усложнению процесса производства (например, цикл выращивания европейской устрицы, включающий так называемый «аффинаж», жирование и приобретение зеленоватого пигмента перед реализацией). Естественно, что рентабельность подобных методов может поддерживаться в настоящее время только высокой стоимостью производимых продуктов.

Другой характерной особенностью традиционных методов является стремление пользоваться наиболее естественными, близкими к природным способами выращивания и разведения. Это также существенно ограничивало возможности интенсификации, в основе которой лежит не копирование естественных условий, а их изменение в пределах адапционной пластичности культивируемых видов. Несмотря на все свои особенности, традиционные методы культивирования играют огромную роль в современной аквакультуре. В большинстве случаев они являются фундаментом, на котором строится дальнейшее интенсивное ведение хозяйства. В некоторых случаях трудно провести границу между экстенсивным и интенсивным типом хозяйства, так как новые, интенсивные методы постепенно и гармонично сливаются с традиционными. Характерным примером этого является карповодство. Старинные методы разведения и выращивания карпа на протяжении многих десятков лет постепенно совершенствуются, при этом сам облик карпового хозяйства существенно не меняется. Применение минеральных и органических удобрений, искусственная подкормка, использование других видов рыб для поликультуры, и, наконец, направленная селекция, повысили к настоящему времени продукцию карповых хозяйств в десятки раз по сравнению с ис-

ходным уровнем, и в некоторых странах она достигает в настоящее время 4—6 т/га, а продукция ниже 2 т/га считается нерентабельной (Sarig, 1972). Аналогично развивается интенсификация и для некоторых других традиционных объектов — кефали, молочной рыбы, дальневосточных растительноядных рыб.

Однако в других случаях развитие современного типа рыбоводного хозяйства сопровождалось коренными изменениями в самих методах выращивания. Наиболее характерным примером является выращивание сомика-кошки (*Ichalurus punctatus* Rafinesque) в США. Рыбоводное освоение этого вида начиналось в 20-х годах этого столетия (Brown et al., 1969). До середины 60-х годов выращивание этого вида ничем не выделялось в рыбоводстве США и занимало весьма скромное место (до 10 тыс. т ежегодно). Однако в последние годы товарное выращивание сомика-кошки вышло на первое место в рыбоводстве США (до 90 тыс. т ежегодно).

Причинами такого быстрого роста продукции являются особенности биологии сомика-кошки (высокая выживаемость в процессе искусственного разведения и высокий коэффициент использования пищи на рост) и резко увеличившийся уровень интенсификации выращивания, основанный на широких научных исследованиях и технических усовершенствованиях. Конкретные достижения в этой области заключались в следующем:

- 1) получение потомства от производителей в любое время года путем комплексного действия инъекций гормона гипофиза, режима кормления и регулируемой температуры воды;

- 2) отбор производителей;

- 3) внедрение садкового и аквариального методов искусственного нереста, позволившее увеличить выход личинок от икры до 90—100%;

- 4) разработка и производство хорошо сбалансированных и недорогих искусственных кормов, разработка техники кормления и оптимальной плотности посадки рыб, позволившие довести кормовой коэффициент до 1,5—2 и продукцию товарной рыбы до 8 т/га;

- 5) разработка всех необходимых мер профилактики заболеваний и контроля гидрохимических показателей в прудах.

В результате чистая прибыль от товарного выращивания сомика-кошки составила 350 дол. на 1 га, что в три раза превышает уровень рентабельности в рисоводстве и в 10 раз для других сельскохозяйственных культур в аналогичных районах США (Brown et al., 1969). Легко понять, почему выращивание сомика-кошки получило столь быстрое развитие в последние годы.

Аналогичная интенсификация происходила в последние годы в форелеводстве, где наряду с усовершенствованием сухих кормов большое внимание уделялось контролю над качеством воды (температура, соленость, содержание кислорода, химический состав), возрастным емкостям, скорости протока воды и оптимальной плотности посадки, а также проблеме искусственного отбора. Хотя выращивание форели требует значительно больших средств, чем выращивание сомика-кошки, высокая рыночная стоимость этой рыбы и постоянные усовершенствования в биотехнике делают это предприятие рентабельным с ежегодно увеличивающейся продукцией (Анопун, 1970).

Пожалуй, самым ярким примером использования новых методов является аквакультура Японии, вступившая на путь индустриального развития в 70-е годы. Казалось бы, очень небольшое на первый взгляд усовершенствование — переход от традиционного метода культивирования устриц на дне к их выращиванию в подвешенном состоянии на плотках, ярусах и береговых установках — позволило резко увеличить продукцию. Широкое использование нового метода в Японии дало

возможность за короткий срок после второй мировой войны обогнать все страны мира по объему продукции устриц, который достиг 250 тыс. т в 1969 г. (Honma, 1971). В искусственном разведении и выращивании креветок была применена совершенно новая технология, основанная на автоматических системах регулирования и почти полном контроле над средой и животными в течение жизненного цикла. Общая продукция морской аквакультуры в Японии достигла к 1968 г. 552 тыс. т стоимостью 101 млрд. иен. Это составило более 6% всей добычи рыбы Японии и 13% ее стоимости, а по отношению к прибрежному рыболовству Японии, основному поставщику пищевой продукции, эти цифры составили соответственно 19 и 38% (Honma, 1971). Видно, насколько важны современные темпы развития аквакультуры для одной из ведущих рыболовных наций мира.

Культивирование морских объектов с постоянным наращиванием уровня интенсификации — более сложное дело, чем пресноводное рыболовство. Это обусловлено, во-первых, особенностями биологии морских объектов и плохой изученностью раннего периода их жизненного цикла (Kinne, 1970), и, во-вторых, химическим воздействием морской воды на материалы, обычно применяемые в рыбоводстве.

Морские животные, в особенности рыбы, отличаются от пресноводных большей стенобионтностью на ранних стадиях развития. Они значительно хуже переносят резкие изменения температуры, солености, содержания кислорода, pH и других факторов в период инкубации икры и личиночного развития. В период перехода личинок на внешнее питание и в течение месяца после перехода они питаются мельчайшими живыми организмами (личинки ракообразных, моллюсков, коловратки, водоросли), которые также приходится культивировать. Кроме того, личинки крайне чувствительны к загрязнению воды, шероховатым и грубым поверхностям выростных емкостей, развитию бактериальной флоры и многим другим факторам. Подавляющее большинство химических препаратов, применяемых для профилактики, санитарии и лечения болезней пресноводных рыб, неприменимы в морском рыбоводстве, так как их действие в морской воде и на морских рыб совершенно иное.

Поэтому в морском рыбоводстве неизбежны сложные технические методы: автоматическое регулирование всех параметров среды (температура, соленость и пр.); при этом все детали и узлы должны быть изготовлены из абсолютно инертных, гладких и нетоксичных материалов. Товарное выращивание рыб в морских садках и ограждениях также довольно сложно, так как требует материалов, устойчивых к обрастаниям, и конструкций, устойчивых к ветровому волнению и течениям.

В отличие от всех остальных видов культивирования морское рыбоводство — совершенно новая и наиболее сложная отрасль аквакультуры. Несмотря на то что успешные попытки сбора и инкубации икры морских рыб были сделаны еще в конце прошлого века (Shelbourne, 1964), морское рыбоводство как отрасль рыбного хозяйства возникло только в наши дни. Среди других видов аквакультуры морское рыбоводство имеет колоссальные потенциальные возможности, учитывая протяженность океанического шельфа и разнообразие ценных видов морских рыб. Причина его развития именно в последние годы совершенно аналогична той, которая вызвала ускоренное развитие всех отраслей аквакультуры, — сейчас морское рыбоводство становится реальным (вследствие научно-технического развития) и необходимым (вследствие падения промысла) делом. Таким образом, несмотря на всю его специфичность, морское рыбоводство необходимо рассматривать в тесной связи с развитием общего направления мировой аквакультуры.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОРСКОГО РЫБОВОДСТВА

Как и всякая новая отрасль науки и хозяйства, морское рыбоводство развивается неравномерно как в отношении географического распределения, так и в отношении отдельных своих направлений. Научные исследования и практические работы в области морского рыбоводства проводятся в основном в развитых индустриальных странах мира — Японии, Англии, США, Норвегии, Швеции, Дании, Франции, СССР, Канаде, Австралии. Среди этих стран самые быстрые темпы развития и промышленного внедрения характерны для государств, занимающих небольшую территорию и зависящих в своей экономике от морского промысла в очень большой степени — Японии, Англии, Норвегии. И, наконец, среди этих стран Япония резко выделяется тем, что морское рыбоводство уже сейчас играет большую роль в обеспечении страны продуктами питания (см. выше) и тем, что оно стало одним из важнейших направлений государственной политики. В период 1962—1970 гг. Министерство рыбной промышленности Японии субсидировало и осуществило программу рыбоводного освоения Внутреннего Японского моря. С 1971 по 1980 г. осуществляется второй, еще более крупный проект, рассчитанный на рыбоводное освоение всего побережья тихоокеанского шельфа Японии (Honma, 1971).

В отношении направлений работ также наблюдается диспропорция. В первую очередь развиваются те отрасли, в которых быстрее и легче всего получить экономическую прибыль, например, — товарное выращивание в прудах, садках и ограждениях. Работы по искусственному разведению, как более сложные, запаздывают, что нередко приводит к напряженной ситуации с получением посадочного материала. Полносистемный тип хозяйства, включающий рыбоводное освоение всего жизненного цикла (карп, форель, сомик-кошка в пресноводном рыбоводстве), пока еще не достигнут или разрабатывается для единичных видов морских рыб.

ИСКУССТВЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ МОРСКИХ РЫБ

Джеймс Шелбурн (Shelbourne, 1964) подробно описывает историю «первого рождения» морского рыбоводства в конце прошлого — начале этого столетия. Тогда основной идеей этого направления было пополнение естественных популяций путем выпуска большого количества личинок. Несмотря на то что исследователи сравнительно быстро овладели методикой сбора и инкубации икры морских рыб, и указанные выше выпуски были совершены, никакого заметного эффекта на численность естественных популяций это не оказало, и мысль о воспроизводстве естественных популяций морских рыб путем сбора, инкубации икры и выпуска личинок была признана несостоятельной. Выращивать личинок до жизнестойких стадий в те времена было практически невозможно, да и острая необходимость в увеличении численности естественных популяций отсутствовала.

В период между 20-ми и 60-ми годами огромное значение для последующего развития искусственного разведения имели исследования Роллефсена (Rollefesen, 1939), Блэкстера, Холлидея (Blaxter, 1962; Blaxter & Holliday, 1963), Шелбурна (Shelbourne, 1956, 1964), касающиеся экспериментальной экологии, развития и методики лабораторного выращивания личинок морских рыб. По существу, эти исследования и явились фундаментом для «второго рождения» искусственного разведения в 60-х годах. На этот раз методическая задача работы ставится значительно более четко — получать искусственно не личинок, а по крайней мере мальков морских рыб после метаморфоза, но конечная

цель работ теперь уже двоякая: во-первых, увеличение численности естественных популяций, во-вторых, дальнейшее товарное выращивание в искусственных сооружениях (Cole, 1968). В последние годы в связи с быстрым развитием производства в области товарного выращивания создается впечатление, что идея о воспроизводстве естественных популяций постепенно отходит на задний план (Richardson, 1971; Нопта, 1971). Однако нет сомнений, что она будет иметь большое значение в будущем.

В настоящее время в лабораторных и экспериментальных условиях освоили инкубацию икры и выращивание личинок по меньшей мере 30—40 видов морских рыб: сельди, трески, сайды, не менее восьми видов камбал, анчоуса, нескольких видов спаровых, скорпеновых, серрановых, горбылевых, ромбов, морских языков, ставрид, желтохвоста и даже тунцов (May, 1972; Аронович, 1972). Из них в производственном и полупроизводственном масштабе разводят лишь камбал (в Англии и Японии), желтохвоста (в Японии) — с четко выраженной направленностью для товарного выращивания, и красного и черного тая, терпуга, прибрежного морского окуня и фугу (в Японии) — для выпуска в лагуны Внутреннего Японского моря с высоким коэффициентом промыслового возврата. Однако масштабы этих работ очень скромны, и искусственное разведение пока еще не играет большой роли в экономике морского рыбоводства. Можно считать, что искусственное разведение морских рыб находится на исследовательском и экспериментальном этапе развития, но теперь уже ни у кого не возникает сомнений в том, что это развитие не приостановится и будет успешно продолжено в ближайшие годы.

Основной трудностью искусственного разведения морских рыб является многоплановость работ, охватывающих все этапы жизненного цикла. Прежде всего приходится решать, какой метод применить для сбора икры от производителей. Отцеживание половых продуктов и «полусухое» оплодотворение не всегда является оптимальным решением, и в ряде случаев даже в производстве гораздо надежнее применять естественный нерест в бассейнах. Дело в том, что при отцеживании в инкубаторы вместе с оплодотворенной икрой попадает множество незрелых ооцитов, а отбор погибших ооцитов из инкубаторов — значительно более трудное дело, чем при инкубации пресноводных рыб. Кроме того, многие морские рыбы являются порционно-нерестующими, и правильно отцедить созревшую порцию, особенно у рыб с пелагической икрой, часто не возможно. Методика стимулирования нереста путем гипофизарных инъекций к морским рыбам применяется мало (за исключением кефали) и также нуждается в специальной разработке.

Аппараты для инкубирования икры морских рыб очень разнообразны, но все основаны на автоматическом режиме регулирования скорости потока, температуры и солености воды, а в некоторых случаях, и содержания кислорода и pH воды. Во многих случаях применяемая на Западе аппаратура для инкубации икры морских рыб кажется громоздкой и усложненной (например, замкнутый цикл циркуляции воды у Дж. Шелбурна, включающий и такой элемент, как аквариум с морскими водорослями для «кондиционирования» воды), и, возможно, японские исследователи справедливо упрощают процесс, инкубируя икру в больших бассейнах с водообменом, а затем в этих же бассейнах подращивая личинок и мальков (Нопта, 1971).

Отходы при инкубации качественной икры обычно невелики независимо от типа инкубационных аппаратов. Если плотность икры в инкубаторах чрезмерно высокая, а скорость протока невысока, или применяется замкнутая система циркуляции с недостаточно хорошей очи-

стой, резко увеличивается отход и количество эмбрионов с водянкой (Shelbourne, 1964). Нарушение режима солености, оптимального для данного вида, приводит к резким осмотическим нарушениям и гибели, но еще до проявления осмотического воздействия изменение солености может быть косвенной причиной, вызывающей гибель в результате изменения удельного веса среды и опускания пелагической икры на дно. Нарушение нормального уровня содержания кислорода в воде приводит либо к полной гибели в результате замора (обычно ниже 50—60% насыщения при инкубации икры морских рыб), либо к серьезным нарушениям обмена и энергетики, времени выклева и пр. Для установления температуры воды особенно необходимо знать зону толерантности личинок данного вида и оптимальную для развития зону, так как в ее пределах температура — основной фактор, регулирующий скорость развития. У предличинок полосатого окуня желточный мешок и жировая капля резорбируются с различной скоростью в зависимости от изменения температуры всего на 2°, соответственно этому изменяется скорость формирования пищеварительного тракта и время перехода на внешнее питание, а также возможная продолжительность периода голодания личинок (Дорошев, 1970). Совершенно аналогичные зависимости установлены для тюрбо и ромба (Jones, 1972).

Поэтому точные знания экологии ранних стадий развития и видовой специфичности морских объектов (Kippe, 1970) особенно необходимы: помимо предотвращения ошибок в искусственном разведении, они могут быть применены для активного управления и интенсификации процессов инкубации, выклева, выращивания личинок и т. п., совершенно аналогично тому, как это происходило в пресноводном рыбоводстве (например, разведение сомика-кошки в США).

Переход личинок на внешнее питание в период их выращивания до малька оказался самым трудным этапом в морском рыбоводстве, так как избирательность личинок по отношению к корму и их чувствительность к его качествам (размер, скорость движения, прочность оболочек и пр.) и концентрации в объеме воды, оказались столь же высокими, как и в отношении абиотических факторов среды. В настоящее время, с учетом результатов кормления освоенных в лаборатории видов рыб (May, 1972; Tamotsu, 1972), можно считать установленными следующие факты.

1. Личинки всех изученных видов морских рыб нуждаются в период перехода на внешнее питание в живом, преимущественно планктонном корме.

2. Морские рыбы подавляющего большинства видов (так же, как и пресноводных) — плотоядны при переходе на активное питание. Личинки этих видов, в том числе и тех, которые впоследствии становятся фитофагами, питаются в основном или исключительно зоопланктоном.

Размеры кормовых организмов при переходе личинок на активное питание варьируют от 30 до 500 мк. Самые мелкие кормовые организмы при переходе на активное питание — жгутиковые водоросли и личинки моллюсков, самые крупные — науплии артемии. Размер и характер кормовых организмов зависят не столько от размера личинки рыб, сколько от ее приспособленности к питанию тем или иным кормом: развития кишечника, желудка, челюстного аппарата, зубов и прочих органов. Так, например, личинка анчоуса, достигающая 7 мм в длину, может питаться только мелким растительным кормом, а личинка ромба, значительно уступающая по длине (4—5 мм), может заглатывать науплиев артемии. К сожалению, питание личинок большинства видов морских рыб в естественных условиях изучено настолько плохо, что почти никогда невозможно утверждать, что применяемый в лаборато-

рии корм является полноценной заменой естественного. Было отмечено, что личинки хорошо ловят и заглатывают корм, но либо не переваривают его, либо погибают через какой-то срок, несмотря на казалось бы полноценное питание (Nordeng & Bratland, 1971; Jones, 1972). Очевидно, что необходимы глубокие физиологические исследования питания и пищеварения личинок для будущего совершенствования методов искусственного разведения морских рыб.

Живые корма, употребляемые в настоящее время для выращивания личинок морских рыб в лабораториях и рыбоводниках, чрезвычайно однообразны. Основные и наиболее доступные для культивирования — артемия и коловратка *Brachionus plicatilis*. Науплии первой используются для личинок с большим ртом, мощным кишечником, так как достигают размера 500 мк. Вторая является более универсальным кормом и пригодна для большего набора видов рыб, ее размеры значительно меньше — 120—200 мк. Значительно реже используются другие корма — личинки моллюсков и веслоногих ракообразных, хотя в естественных условиях они могут быть основными. Надежных методов культивирования этих животных в производственных условиях пока нет, хотя с прогрессом искусственного разведения промысловых моллюсков такие методы могут появиться. В некоторых случаях и для некоторых видов рыб применяется отлов естественного планктона, даже для выращивания в производственных условиях. Смесь различных плактонных видов, процеженная через определенного размера сито, нередко дает значительно лучшие результаты при кормлении, чем культура одного вида (Honma, 1971). Через какой-то срок после перехода личинок на внешнее питание размеры корма необходимо постепенно увеличивать, учитывая при этом и размерную изменчивость личинок в процессе роста, и необходимость получения оптимального выживания. Этот наиболее трудный и важный вопрос, нередко определяющий процент выхода и качество полученной продукции, исследован удивительно плохо, и мы располагаем сведениями лишь по одному—двум видам рыб (Shelbourne, 1964; Rosental, 1972).

Выращивание молоди морских рыб после метаморфоза (обычно в возрасте 1—2 мес.) не представляет особенных трудностей по сравнению с личиночным периодом, так как мальки обычно более устойчивы к различным внешним факторам и легко приучаются к искусственному корму.

Производственные методы искусственного разведения морских рыб внедрены к настоящему времени только в Японии. В 1972 г. около 3 млн. мальков морского окуня, 2 млн. красного тая, 1,5 млн. камбалы было выращено и выпущено во Внутреннее Японское море на нагул. Было выращено также значительное количество мальков желтохвоста для дальнейшего выращивания в садках. При этом часто соблюдалась последовательность в размерах и характере корма по мере личиночного развития: при переходе на внешнее питание кормили личинками устриц, через три-пять дней — коловраткой брахионус, затем веслоногими ракообразными из естественного зоопланктона, на двадцатый день после выклева — личинками морских рыб, и на 33-й день мальки желтохвоста переходили на неживой корм — фарш из рыбы и смесь из рыбной муки и других компонентов (Honma, 1971).

ТОВАРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ

В отличие от искусственного разведения и выращивания мальков морских рыб товарное выращивание играет уже большую роль в экономике некоторых стран, и в течение ближайших лет увеличение общего объема мировой аквакультуры предполагается за счет расширения именно этих работ. Если не рассматривать здесь традиционные методы

выращивания солоноватоводных рыб в лагунах (кефаль, ханос, тилapia и др.), то товарное выращивание морских рыб можно условно разделить на следующие методы:

— товарное выращивание в прудах с несложными техническими установками и контролем в основном лишь по линии искусственного кормления: угорь в Японии, помпано в США;

— товарное выращивание в морских садках и ограждениях с интенсивным искусственным кормлением: желтохвост в Японии, лососи и форели в США и Западной Европе;

— товарное выращивание в бассейнах, снабжаемых проточной морской водой и со значительно более полным контролем среды (температуры, солености, кислорода), чем в предыдущих двух случаях: экспериментальные установки для выращивания лососевых в Западной Европе, США, Японии.

Первые два метода играют большую роль в современной аквакультуре, третий находится лишь в стадии экспериментальной разработки (рис. 1, 2).

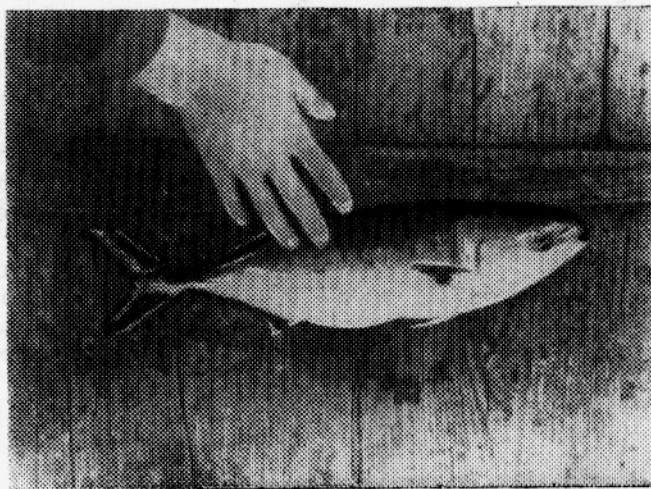


Рис. 1. Сеголеток желтохвоста, или «хамати», выращенный в садке.

Рассмотрим как наиболее типичный вид этого хозяйства пример товарного выращивания желтохвоста *Seriola quinquiradiata* в Японии. В широком масштабе выращивание желтохвоста было начато лишь в 1964 г. и в 1969 г. достигло уже 34 тыс. т (Нонма, 1971). Посадочный материал — мальков весом от 5 до 20 г — отлавливают в основном в море (в последние годы переходят на искусственное разведение) в количестве до 40—50 млн. экз. ежегодно. Пойманных мальков сортируют по размерам и высаживают в выростные сооружения. Последние могут быть трех типов: с открытым грунтом (ограждения различных типов); садки, установленные на поверхности воды (на жестком каркасе или на поплавках); полностью закрытые погружаемые садки. Наиболее распространены первые два типа. Желтохвост растет очень быстро, начиная питаться при температуре 12—17° и достигая максимального темпа роста при температуре 18—27°. Кормят желтохвоста фаршем из скумбрии, песчанки и в последнее время различными смесями, составленными на основе рыбной муки. Через 10 мес. выращивания сеголетки желтохвоста достигают товарного веса (0,8—1 кг) и дают продукцию до ста и более тонн с одного гектара площади выростных со-

оружий. Продукция доставляется на рынок исключительно в свежем или живом виде, ценится очень высоко, поэтому товарное выращивание желтохвоста очень рентабельно. Темпы его развития в Японии были настолько высоки, что отлов естественной молодежи (как и в случае выращивания угря) ставит под угрозу воспроизводство естественных популяций. Однако здесь в отличие от угря искусственное разведение в больших масштабах является более реальным и близким делом.

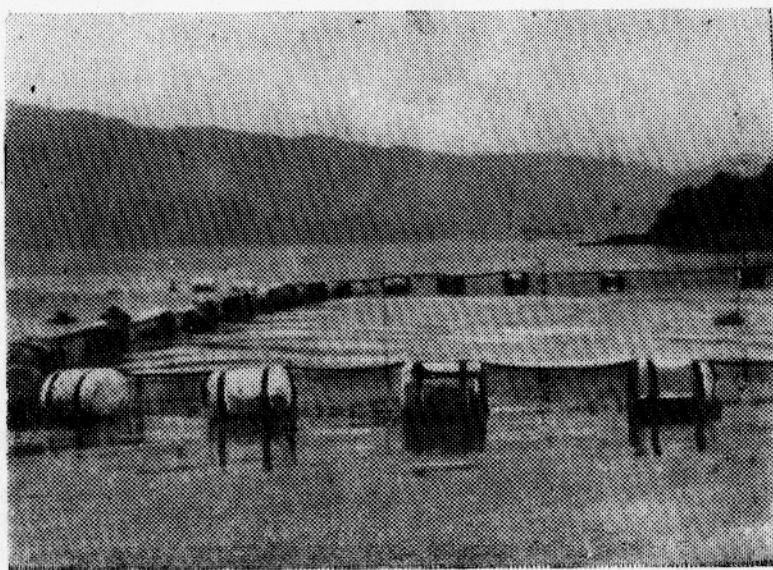


Рис. 2. Плавучий садок для товарного выращивания желтохвоста.

Из других видов товарного выращивания, пожалуй, заслуживают упоминания выращивание угря в Японии и выращивание лососевых рыб в морской воде.

Первый вид выращивания чрезвычайно специфичен и характерен только для Японии (Нопта, 1971). Он основан на чрезвычайно интенсивном искусственном кормлении, выращивании угря исключительно в молодом возрасте и мелких размеров (100—250 г весом) при очень низком кормовом коэффициенте, и на довольно простой технике выращивания. Масштабы товарного угреводства в Японии с появлением искусственных кормов и методов борьбы с болезнями столь возросли, что массовый отлов личинок наносит реальный ущерб естественной популяции тихоокеанского угря, и этот пример наиболее характерен для диспропорции между уровнем развития искусственного разведения и товарного выращивания.

Товарное выращивание лосося в морской воде описано во многих специальных работах и считается перспективным видом морского рыбоводства. По-видимому, в недалеком будущем оно сможет успешно конкурировать с пресноводным форелевым хозяйством, так как позволяет добиваться значительно более высокого роста рыб и качества продукции. Интересно, что многие проекты создания хозяйств такого типа в Японии и США в последние годы базируются на использовании не столько видов рода *Salmo*, сколько видов рода *Oncorhynchus*. По-видимому, одомашнивание тихоокеанских лососей имеет большие перспективы.

КОМПЛЕКСНОЕ ПОЛНОСИСТЕМНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Для настоящих морских рыб такого хозяйства пока еще нет, однако для некоторых видов оно будет создано в ближайшие годы. Здесь в первую очередь следует указать желтохвоста в Японии, помпано в США, возможно, камбал или тюрбо в Англии. Кроме того, полноси-

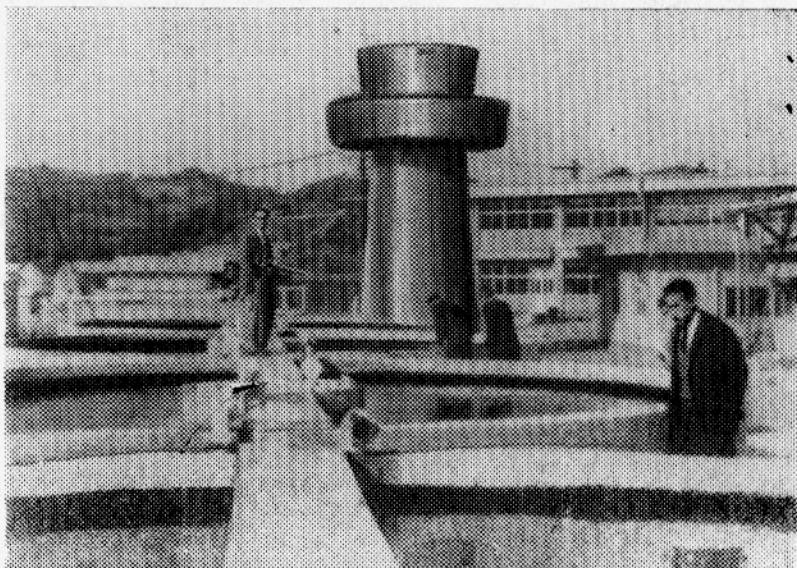


Рис. 3. Сайбай-центр во Внутреннем Японском море.

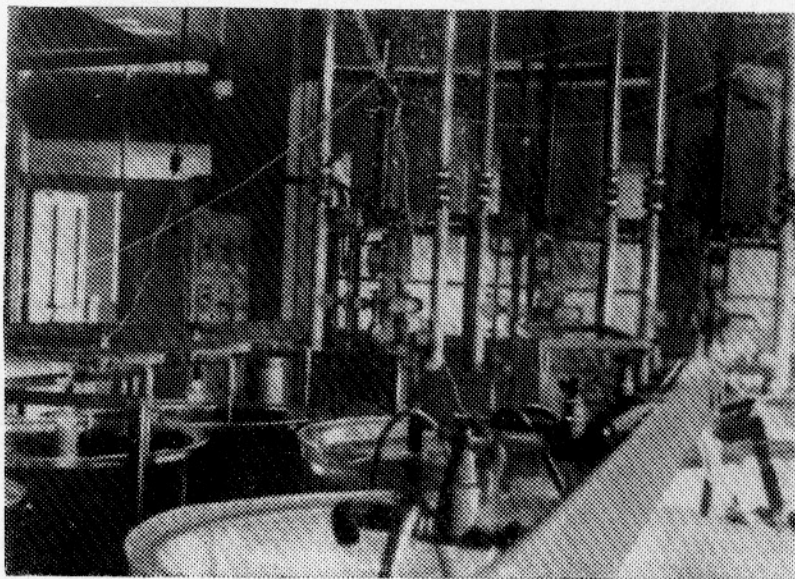


Рис. 4. Акватрон — установка с автоматическим регулированием параметров среды для производства живых планктонных кормов для личинок рыб.

стемное хозяйство будет, по-видимому, налажено в ближайшем будущем и для традиционных объектов солонатоводного хозяйства — ке-фали и молочной рыбы. Комплексное полносистемное хозяйство, осно-

ванное на замкнутом цикле, наиболее удобно в эксплуатации и рентабельно, поэтому переход на этот тип хозяйства в морском рыбоводстве неизбежен. Главное, что резко выделяет такое хозяйство среди других типов рыбоводства, — это стихийный и сознательный искусственный отбор, направленный на поддержание или улучшение качества стада, и постепенное одомашнивание вида (карп, форель, сомик-кошка) (рис. 3, 4).

Некоторым приближением к такому типу хозяйства можно считать японские «рыбные фермы» во Внутреннем Японском море, частично уже описанные выше. Здесь рыбу разводят в универсальных питомниках («Сайбай-центр») на основе отловленных в море или содержащихся в прудах производителей, затем мальков передают в кооперативные или частные рыбоводные хозяйства, которые в дальнейшем либо выращивают их в садках для продажи, либо выпускают в определенные заливы моря, рекомендуемые «Сайбай-центром». При этом в заливах можно и в дальнейшем подкармливать рыбу или привлекать ее специальными предметами, опущенными на дно. Этим добиваются высокого коэффициента промыслового возврата, сводя почти все затраты лишь к выращиванию посадочного материала (Нопта, 1971).

По-видимому, этот тип хозяйства можно будет использовать и в других внутренних морях и заливах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сделана попытка очень бегло рассмотреть современное состояние аквакультуры и морского рыбоводства, чтобы подчеркнуть интенсификацию биотехнических процессов, как наиболее характерную черту их развития. Совокупность биологических исследований и технических усовершенствований приводит к быстрому росту продукции и освоению новых видов. Рождается новое направление — морское рыбоводство, которое уже носит практический характер. Оно может в будущем успешно конкурировать с рыбоводством экстенсивного типа и сельским хозяйством, так как при соответствующих условиях продукция на единицу объема воды может намного превышать продукцию на единицу площади. Подсчитано, что весь английский улов морской камбалы мог бы быть выращен в одном мелководном пруду площадью немногим более квадратной мили (Shelbourne, 1964). Реальный пример — огромная продукция, получаемая при садковом выращивании желтохвоста.

Очевидно, в недалеком будущем аквакультура будет играть все большую и большую роль в снабжении населения продуктами питания, так как гораздо надежнее и рентабельнее выращивать рыбу, чем ловить ее в отдаленных районах мирового океана. Возможно даже, что в отдаленном будущем аквакультура, и в основном «марикультура», будет давать человечеству значительно больше продукции, чем промысел, и станет полностью аналогична современному сельскому хозяйству.

ЛИТЕРАТУРА

- Аронович Т. М. Искусственное разведение морских рыб. М., ОНТИ, ВНИРО, 1970, 82с.
Дорошев С. И. Биологические особенности икры, личинок и молоди полосатого окуня. — «Вопросы ихтиологии», 1970, т. 10, вып. 2, с. 341—359.
Aquaculture in US. World Fish. v. 21, No. 10, p. 15, 1972.
Bardach, J. E. Aquaculture. Sci. v. 161, pp. 1098—1106, 1968.
Blaxter, J. H. S. Herring rearing. Mar. Res. Scotl. No. 1, pp. 1—18, 1962.

- Blaxter, J. H. S. and F. G. T. Holliday. The behaviour and physiology of herring and other clupeids. *Advances in Marine Biology* v. 1, pp. 1—410, 1963.
- Brown, E. E., M. G. Laplante, L. H. Covey. A synopsis of catfish farming. *Bull. of Georgia Univ.* No. 69, pp. 1—50, 1969.
- Cole, H. The scientific cultivation of sea fish and shellfish. Offprint from *J. R. Soc. Arts*, pp. 1—4, 1968.
- Hempel, C. Probleme und Möglichkeiten mariner Aquakulturen. *Interocean* v. 70, No. 1, pp. 13—19, 1970.
- Hickling, C. F. Farming the sea. A history of oceanography, pp. 148—163, 1969.
- Hirasawa, Y. Direction of the Japanese coastal fishery development in the future. *Colloq. Int. Exploit. Oceans, Bordeaux, Theme 2, Paris*, pp. 1—6, 1971.
- Honma, A. Aquaculture in Japan. *Japan FAO Ass. Tokyo*, pp. 1—148, 1971.
- International Symposium «Cultivation of marine organisms and its importance for marine biology». *Helgoland wiss. Meeresunters.* v. 20, No. 1, pp. 1—5, 1970.
- Jones, A. Studies on egg development and larvae rearing of turbot and brill. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* v. 52, No. 4, pp. 965—987, 1972.
- May, R. C. An annotated bibliography of attempts to rear the larvae of marine fishes in the laboratory. *Spec. Sci. Rep. US Fish Wildl. Serv.* No. 632, pp. 1—24, 1972.
- Marine aquaculture. (Conference of Oregon State University) Corvallis Press, pp. 1—172, 1970.
- Nordeng, H., P. Bratland. Feeding of plaice and cod larvae. *J. Cons. Inter. Expl. Mer.*, v. 34, No. 1, pp. 51—57, 1971.
- Pinchot, G. B. Marine Farming. *Sci. Amer.* v. 223, No. 6, pp. 14—21, 1970.
- Richardson, I. D. Development of technique for the cultivation of marine fish. *Colloq. Int. Exploit. Oceans, Bordeaux, Theme 2, Paris*, s.a. g2 10/1—g2 10/6, 1971.
- Rollefsen, G. Artificial rearing of fry of sea water fish. *Rapp. Cons. Expl. Mer.*, v. 109, No. 3, pp. 1—133, 1939.
- Rosental, H. Anfütterung und Wachstum der Larven und Jungfische des Hornhectes, *Belone belone*. *Helgoland. wiss. Meeresunters.* v. 21, No. 3, pp. 320—332, 1970.
- Sarig, S. Status of aquaculture in Israel. *Bamidgeh*, v. 24, pp. 1—24.
- Shelbourne, J. E. The abnormal development of plaice embryos and larvae. *J. Marine Biol. Ass. U. K.* v. 35, pp. 177—192, 1956.
- Shelbourne, J. E. The artificial propagation of marine fishes. *Advances in Marine Biology*, v. 2, pp. 82, 1964.
- Tamotsu, I. Feeding of teleost larvae: a review. *La mer (Bull. de la Soc. franco-japonaise d'oceanography)*, v. 10, No. 2, pp. 71—82, 1972.

AQUACULTURE AND MARINE FISH FARMING.

S. I. Doroshev

SUMMARY

Recent rapid development of aquaculture may be explained by two factors: depression of natural populations of commercial fish and application of new techniques in fish culture. Marine fish farming is the most complicated branch of aquaculture which is associated with stenotropic properties of marine organisms at early stages of development and a necessity of exercising a full control over environmental factors.

AQUICULTURE ET AQUAFERMAGE.

S. I. Doroshev

RÉSUMÉ

Le développement rapide de l'aquiculture au cours des dernières années est dû à deux facteurs: la dépression des populations naturelles des poissons commerciaux et l'application des nouvelles méthodes techniques dans la pisciculture. L'aquafermage est une branche d'aquiculture la plus compliquée ce qui s'explique par une sensibilité élevée des premiers stades de développement d'organismes marins et par la nécessité de contrôler d'une façon complète les facteurs du milieu.