

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М.Л. КАЛАЙДА

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Казань 2017

УДК 639.3(076)

ББК 28.082

К17

Рецензенты:

кандидат биологических наук, заместитель директора по науке
Татарского отделения Федерального государственного научного
учреждения «ГосНИОРХ» *Ф.М. Шакирова*;
кандидат биологических наук, доцент Казанского государственного
энергетического университета *Л.В. Сурова*

Калайда М.Л.

К17 Биологические основы рыбоводства: учеб. пособие /
М.Л. Калайда. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 148 с.

Учебное пособие предназначено для изучения основных разделов дисциплины «Биологические основы рыбоводства», включенных в программу обучения студентов технических вузов по направлению подготовки 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура», а также может быть полезным для студентов других направлений и специальностей при изучении основ биологии и экологии.

Учебное пособие может служить также справочным материалом для студентов вечерней и заочной форм обучения.

УДК 639.3(076)

ББК 28.082

© Калайда М.Л., 2017

© Казанский государственный энергетический университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Биологические основы рыбоводства» является знакомство студента с основами биологических особенностей рыб и водных экосистем, которые используются рыбоводами в производственной деятельности.

Дисциплина «Биологические основы рыбоводства» предусматривает изучение состояния и перспективы рыбоводства в России и за рубежом в естественных водоемах, биологические основы различных звеньев естественного и искусственного воспроизводства рыб, акклиматизации гидробионтов, различных форм интенсификации рыбоводного процесса. Знание биологических основ рыбоводства позволяет молодым специалистам выбирать правильные рыбоводные решения и шире использовать методы аквакультуры в природоохранной деятельности.

Процесс изучения дисциплины «Биологические основы рыбоводства» направлен на формирование следующих компетенций:

- способность использовать профессиональные знания ихтиологии, аквакультуры, охраны окружающей среды, рыбохозяйственного и экологического мониторинга и экспертизы (ОПК-1);
- готовность к организационно-управленческой работе с малыми коллективами (ОПК-2);
- способность реализовать эффективное использование материалов, оборудования (ОПК-3);
- способность использовать базовые знания экономики в области рыбного хозяйства (ОПК-5);
- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в профессиональной деятельности, применять методы теоретического и экспериментального исследования (ОПК-7).

ГЛАВА 1

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА КАК НАУКА

1.1. ПРЕДМЕТ, МЕТОДЫ, ЗАДАЧИ РЫБОВОДСТВА

Рыбоводство – это отрасль рыбного хозяйства, в которой разведение и выращивание столовой (товарной) рыбы проводится в управляемых человеком условиях. Значение рыбоводства также велико по сравнению с рыболовством, как значение животноводства по сравнению с охотой или земледелия по сравнению с собирательством. Если еще совсем недавно считали, что ресурсы водоемов (и особенно морских) неисчерпаемы, то в последний период отмечается сокращение биологического разнообразия, уничтожение природных водных экосистем, которые могут привести к глобальной экологической катастрофе. В связи с этим, мировым сообществом государств признано, что сохранение биоразнообразия окружающей природной среды – одно из главных условий выживания человечества, а развитие воспроизводства водных биоресурсов – важная стратегическая задача, относящаяся к продовольственной безопасности страны.

Рыбоводную науку можно рассматривать как один из разделов прикладной экологии, предметом изучения которого является не только рыба и пруд, но и их взаимодействие в динамике, а так же конечный результат взаимодействия – рыбопродуктивность, измеряемая в кг/га или других единицах массы с единицы площади водоема.

Дисциплина «Биологические основы рыбоводства» относится к фундаментальным гидробиологическим дисциплинам, т.е. является основой для изучения других биологических наук. В этом заключается ее теоретическое значение. Однако существует и другой аспект значения этой дисциплины – прикладной. В настоящее время без знания биологических основ рыбоводства не могут развиваться ни осетроводство, ни форелеводство и даже аквариумистика.

Рыбоводство тесно связано с другими фундаментальными науками: биологией, экологией, нормальной анатомией и физиологией, биологической химией и др. Раздел физиологии кормления базируется на знаниях биохимических дисциплин, а техника организации прудов, вылова рыбы – на знаниях разделов физики и других технических наук.

В последнее время все большее значение приобретают специфические методы рыбохозяйственных исследований, такие как методы оценки и увеличения рыбопродуктивности, методы интенсификации рыбоводства, направленные на увеличение выхода товарной массы рыбы с единицы площади пруда или единицы объема емкости для её выращивания.

К основным методам интенсификации относятся увеличение плотности посадки рыбы на единицу площади пруда, кормление, удобрение прудов и поликультура.

Рыбоводство в процессе своего развития получило **два** основных **направления**:

– рыбоводство в естественных водоемах, или **пастбищное рыбоводство**;

– **товарное рыбоводство**.

Эти два направления рыбоводства взаимно связаны и представляют звенья единой системы мероприятий, обеспечивающих повышение продуктивности водоемов.

Под **рыбоводством в естественных водоемах** следует понимать комплекс мероприятий, обеспечивающих **процесс воспроизводства рыбных запасов в водоемах, их увеличение и качественное улучшение**.

К основным задачам рыбоводства в естественных водоемах относятся:

– искусственное разведение ценных промысловых видов рыб, выращивание их молоди и выпуск жизнестойкой молоди в естественные водоемы;

– мелиорация – улучшение условий естественного размножения, создание искусственных нерестилищ, улучшение условий нагула и зимовки рыбы;

– акклиматизация рыб, кормовых и пищевых беспозвоночных, т.е. направленное формирование ихтио- и гидробиоценоза с целью разнообразия видового состава промысловых объектов в соответствии с особенностями конкретного водоема, формирования пищевых цепей и улучшения экологического состояния водоема в связи с усилением антропогенного воздействия.

Названные мероприятия проводятся в морях, озерах, реках, водохранилищах, заливах, лагунах, непосредственно связанных протоками и проливами с крупными промысловыми водоемами.

В товарном рыбоводстве сформировались и развиваются три основных направления: **прудовое, пастбищное и промышленное**.

В развитии двух первых направлений особое значение как ведущий фактор интенсификации приобрела поликультура. Поликультура как метод повышения рыбопродуктивности применялась в отечественном рыбоводстве издавна. Однако ее роль как средства интенсификации была незначительной. Выращивание совместно с карпом других местных животноводных рыб (карась, линь) и хищников (судак, щука, сом) давало очень небольшой прирост продукции.

Согласно данным ФАО человечество ежегодно потребляет 90 млн т продукции, производимой водными экосистемами, из них 13 млн т аквакультурой. В XXI столетии для удовлетворения пищевых потребностей возросшего населения потребуется 130 млн т. Естественные водоемы (без нарушения их нормального функционирования) способны дать 100 млн т. Следовательно, количество продукции, производимой аквакультурой, необходимо удвоить. Причем наиболее важной проблемой аквакультуры является обеспечение процесса размножения рыб.

Рыбные продукты отличаются высокими вкусовыми и диетическими качествами и являются существенным источником животных белков. В настоящее время они составляют в общем белковом балансе населения России пятую часть (22 %). Кроме того, рыба обладает лечебно-профилактическими свойствами. Она содержит все незаменимые соединения, необходимые человеку, в том числе аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, сдерживающие развитие атеросклероза, витамины, микроэлементы. По содержанию витаминов, кроме витамина С, рыба превосходит овощи и фрукты. Таким образом, значение рыбы не ограничивается только ее пищевыми достоинствами. Именно поэтому потребность в рыбопродуктах будет возрастать даже с увеличением со временем в России потребления мяса и молочных продуктов. Об этом говорит и мировой опыт.

Среднегодовой рост уровня мирового предложения пищевой рыбы в период 1961–2009 гг. составил 3,2 %, превысив годовой прирост населения мира, равный 1,7 %; соответственно, среднемировой объем потребления рыбы на душу населения увеличился с 9,9 кг в 1960-е гг. до 11,5 кг в 1970-е гг., до 12,6 кг в 1980-е гг., до 14,4 кг в 1990-е гг. и до 17,0 кг – в 2000-е гг., а в 2009 г. этот показатель достиг 18,4 кг. Тенденция роста годового потребления рыбы на душу населения сохраняется и в настоящее время (рис. 1.1, 1.2). Имеет значение также относительно низкая себестоимость выращивания рыбы (для сравнения – себестоимость 1 кг прудовой рыбы в 4–5 раз ниже себестоимости 1 кг мяса).

г/чел. в день

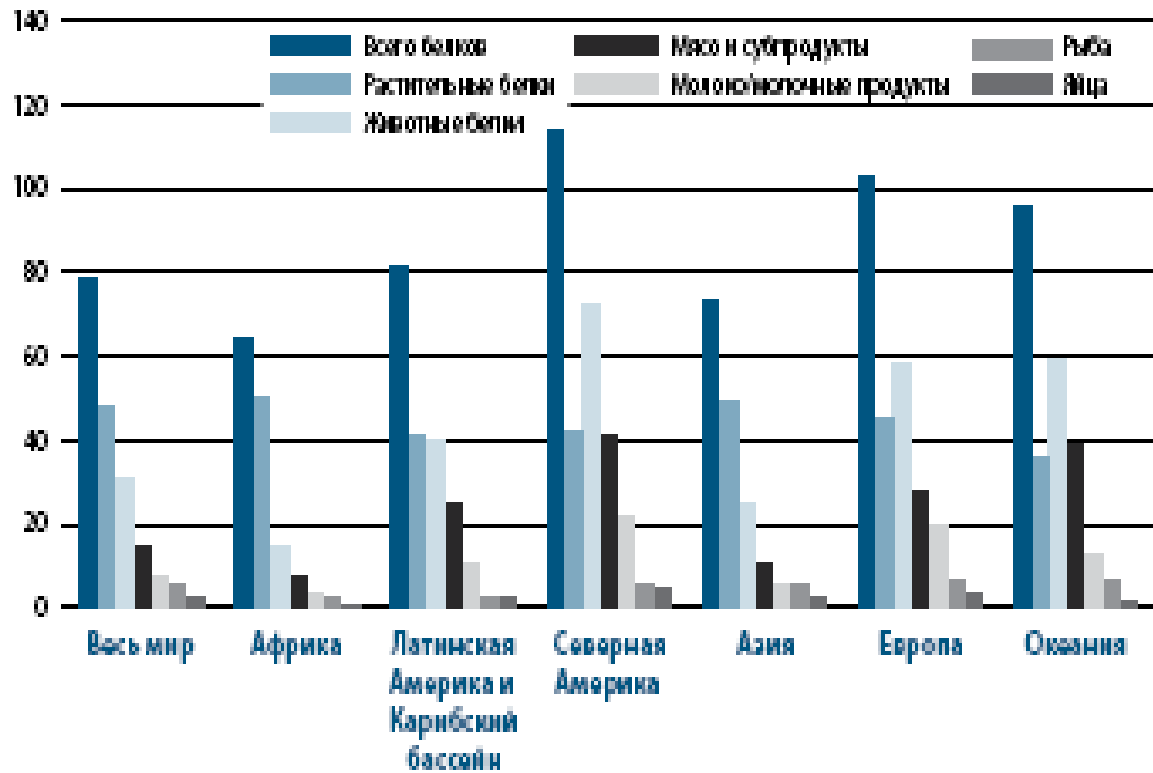


Рис. 1.1. Общее обеспечение белками по континентам и основным продовольственным группам (в среднем за 2007–2009 годы)

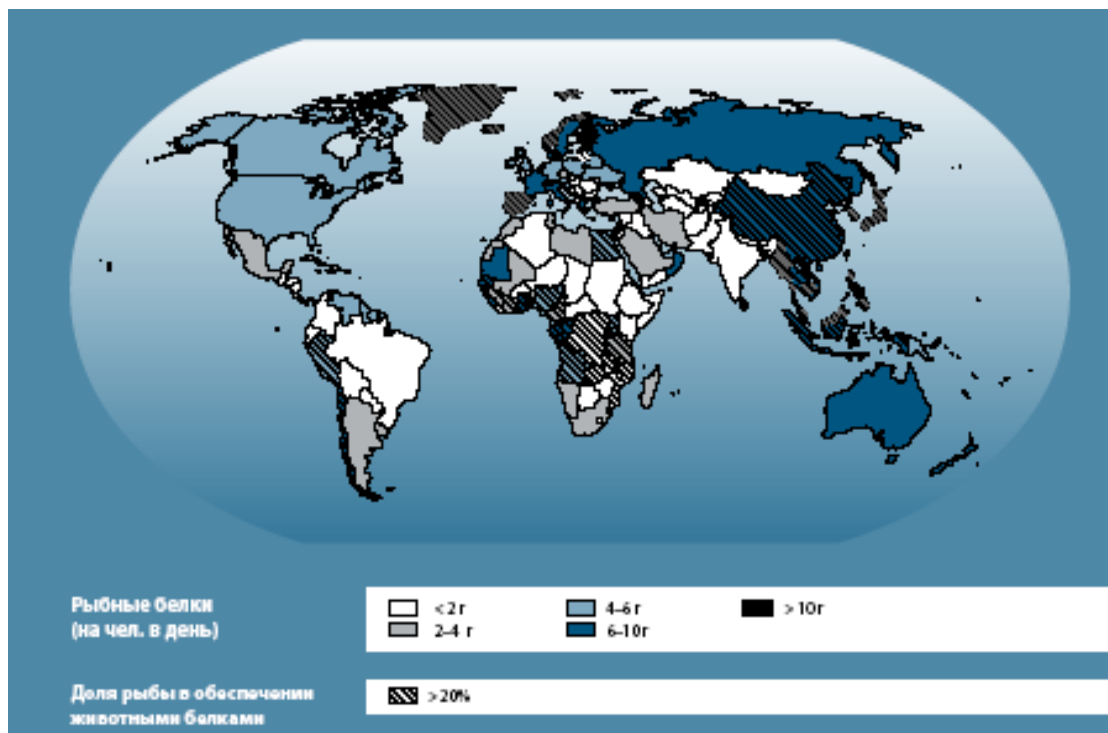


Рис. 1.2. Доля рыбы в обеспечении животными белками (в среднем за 2007–2009 годы)

Годовое потребление рыбы на душу населения колеблется на различных территориях от менее 1 кг до более 100 кг (рис. 1.2, 1.3). В 2009 г. из 126 млн т рыбной продукции самый низкий уровень потребления был отмечен в Африке (9,1 млн т или 9,1 кг на человека), в то время как на Азию приходилось две трети общего потребления, или 85,4 млн т (20,7 кг на человека), из которых 42,8 млн т было потреблено за пределами Китая (15,4 кг на человека). Показатели среднедушевого потребления рыбы составили в Океании 24,6 кг, Северной Америке – 24,1 кг, Европе – 22,0 кг, Латинской Америке и Карибском бассейне – 9,9 кг (рис. 1.3).

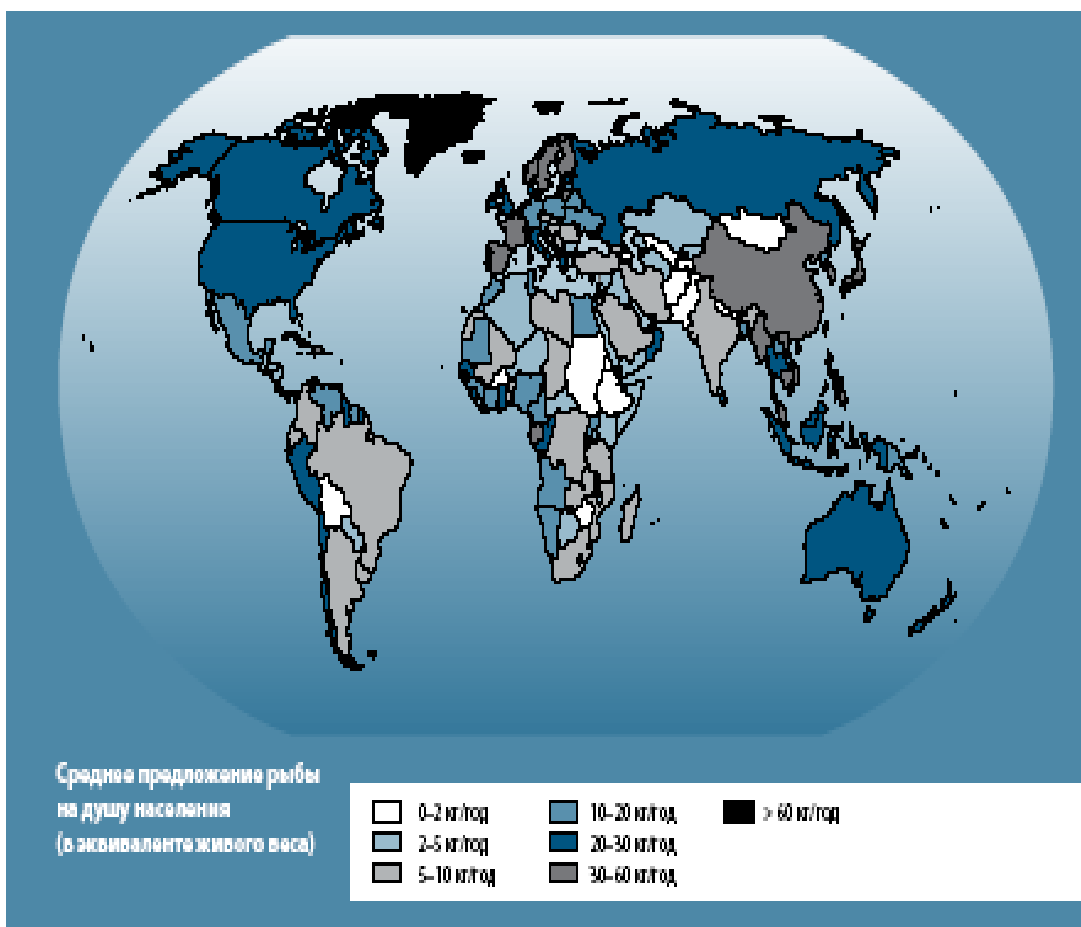


Рис. 1.3. Среднедушевое потребление рыбы как пищевого продукта в среднем за 2007–2009 годы

С середины 1980-х гг. и особенно в последнем десятилетии вклад аквакультуры в потребление рыбы рос активными темпами, поскольку производство продукции промыслового рыболовства не росло, а в ряде стран снижалось. В 2010 г. доля продукции аквакультуры составила около 47 % объема рыбной продукции, т.е. показала впечатляющий рост по сравнению с 5 % в 1960 г., 9 % в 1980 г., и 34 % в 2000 г.

при преднегодовом приросте 4,7 % в 1990–2010 годах. Аквакультура стимулировала спрос и потребление тех видов, в производстве которых искусственное разведение стало преобладать над промыслом в дикой природе, что повлекло за собой существенное снижение цен и активный рост объемов реализации таких объектов как креветки, двустворчатые моллюски, лососевые, тилапии, сиги и пангасиус.

Растущее производство лососей, форели и отдельных пресноводных видов привело к увеличению годового потребления рыбной продукции с 1,5 кг в 1961 г. до 6 кг в 2009 г. Из 18,4 кг на душу населения в 2009 г. около 74 % составляла рыба, на долю моллюсков и ракообразных приходилось 26 % (или около 4,5 кг на душу населения, в том числе 1,7 кг ракообразных, 0,5 кг головоногих и 2,3 кг других моллюсков).

Необходимо отметить, что условия, сложившиеся в водоемах как страны, так и в целом на планете в результате хозяйственной деятельности человека, привели к сокращению объема воспроизводства и промысла ценных видов рыб в природе. В связи с этим вся история рыбоводства связана с поиском новых эффективных объектов выращивания, разработкой технологий их воспроизводства и выращивания. Так в 1940-х гг. были выполнены исследования по освоению завезенного из Германии *форелеокуня* (*Micropterus calatoides*). Еще до революции его завезли на Северный Кавказ, где он был успешно акклиматизирован в оз. Абрау. Р.В. Крымова перевезла его в Воронежскую и Московскую области и провела комплексные исследования по освоению биотехники разведения и выращивания этого объекта. Ф.М. Суховерховым проведены опытные работы по введению в прудовую культуру *орфы*. Им сделана попытка акклиматизации *змееголова*, выполнены исследования и с другими объектами. Однако только дальневосточные растительноядные рыбы сделали поликультуру ведущим фактором интенсификации прудового рыбоводства.

История освоения растительноядных рыб является отражением развития рыбоводных представлений. В 1908–1912 гг. профессором В.К. Солдатовым предложена акклиматизация растительноядных рыб в европейской части России. Первые практические попытки ВНИИПРХа в 1937–1938 гг. по осуществлению перевозок амуров и толстолобиков в Московскую и Курскую области европейской части России из-за несовершенства технических средств и слабого знания биологии этих видов рыб не удалась. В связи с этим в 1944–1948 гг. проведена комплексная научно-исследовательская экспедиция МГУ по изучению особенностей биологии растительноядных рыб в бассейне р. Амур. Первые успешные перевозки растительноядных рыб из бассейна Амура

в европейскую часть России были осуществлены в 1949–1953 гг. В этот период были начаты изучение биологии и выращивание амуров и толстолобиков в прудах и заложены маточные стада этих видов рыб.

В 1954 г. состоялось Первое Всесоюзное совещание по освоению растительноядных рыб. В 1961–1963 гг. были проведены успешные опыты по заводскому разведению растительноядных рыб, в результате которых разработан физиологический метод их разведения вне природного ареала.

С 1964–1965 гг. берет начало освоение промышленного выращивания поликультуры растительноядных рыб и карпа в прудах на Северном Кавказе.

В 1966–1969 гг. было начато применение белого амура как объекта рыбного хозяйства и биологического мелиоратора водоемов различного назначения, а также использование растительноядных рыб для пастбищного рыбоводства.

С 1970–1980 гг. началось широкое целенаправленное использование растительноядных рыб в прудовой поликультуре, которое позволяло увеличить объем производства товарной продукции до 25 %. Для широкого освоения растительноядных рыб в середине 80-х гг. были созданы 12 специализированных рыбопитомников при водохранилищах, и в конце 80-х гг. объем производства личинок растительноядных рыб увеличился в 4 раза, достигнув 4 млрд, а товарной рыбы – в 3 раза и составил свыше 100 тыс. т, маточные стада насчитывали 110 тыс. производителей. В результате проведенных работ по доместикации амура и толстолобиков к 90-м годам XX столетия были сформированы маточные стада растительноядных рыб в коллекционном хозяйстве «Горячий Ключ», заложено двухлинейное разведение и распространение чистых линий и производных гибридов. В 2000 г. на 12 международной конференции по освоению растительноядных рыб рассматривались итоги работ и намечались дальнейшие перспективы: определено, что растительноядные рыбы могут дать не менее 1 млн т товарной продукции из внутренних водоемов России. Подчеркивалось, что они являются биологически специализированными видами и могут обеспечить также значительный мелиоративный эффект. Получены свидетельства на 2 породы толстолобиков и гибрид. В 2001 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включены два вида толстолобиков: белый, пестрый, а также их гибрид. Завершены работы по доместикации белого и черного амуров. Дальневосточные растительноядные рыбы были включены в качестве важных составляющих в ряд федеральных программ.

1.2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РЫБОВОДСТВА

Среди древнейших находок, свидетельствующих о деятельности человека, можно назвать такие орудия лова рыбы, как сети, удочки, гарпуны и др.

О первых попытках рыбоводства сообщали еще римские писатели. Так, Плиниус (27–79 гг. н.э.) говорит об известном Сергиусе, который первым в Риме придумал рыбные пруды. Луциниус Мурена в Риме содержал морских рыб в рыбных садках. Современники Цицерона (106–43 гг. до н.э.), богатые римляне имели собственные пруды.

Занимались разведением карпа и в низовьях Дуная. Теодор Великий – король восточных готов, резиденция которого была в Равенне, получал оттуда карпа к своему столу. Король Карл Великий в 812 г. повелел в своих владениях: каждый управитель на наших земельных угодьях должен содержать рыбные пруды; там, где они есть, он должен их умножить, если это возможно, а там, где прудов нет, их нужно создавать. Наиболее интенсивно занимались рыбозаведением монастыри.

В Европе с XIV по XVI столетия рыбоводство активно развивается. В этот период закладываются основы прудового рыбоводства. Выработанные в то время правила рыбоводства частично применяются и в настоящее время: карпы выращиваются отдельно по возрастным классам; закладываются нерестовые и нагульные пруды; для зимовки используются зимовальные пруды; кормление рыб проводится по графику; изучаются болезни рыб и разрабатываются методы борьбы с ними.

Развитие прудового рыбоводства стало настолько популярным и всеобщим, что в Германии король Рудольф II (1576–1612 гг.) на заседании рейхстага повелел, чтобы без разрешения официальных властей закладка прудов была запрещена.

В конце XVIII в. после конфискации собственности монастырей Наполеоном, а также из-за низких цен на рыбу и в связи с тем, что пруды после конфискации попали в неопытные руки, прудовое хозяйство стало быстро приходить в упадок. Из прудов сделали луга. Вновь прудовое рыбоводство стало интенсивно развиваться в странах Европы в XX столетии.

История русского рыбоводства берет начало с древнейших времен. При археологических раскопках в Новгородской области, на Украине и других районах находили остатки прудовых сооружений. В период походов князя Киевской Руси Игоря в Константинополь русы, как писал византийский летописец Косма Каппадийский, строили пруды лучше греков, «крепче и весьма хорошо для рыбы».

В летописях остались и имена первых рыбоводов: братья Боривой и Добрыня, называвшиеся Смалятичами из Новгорода, Валиобор из Киева, которых посылали учить разведению рыб иностранцев в «Заморье».

Известно, что рыбоводу Стрельцову Иван Грозный отрубил три пальца на руке за то, что он вселил в пруд не ту рыбу, которую хотел вселить царь, но вскоре выяснилось, что прав был Стрельцов. Тогда его назначили главным рыбоводом. Из летописи известно, что Стрельцов вел записи, какую рыбу в какой пруд сажать для нереста «дабы приплод отличнейший иметь, новейший и лучший». Рыбу на племя «нужно выращивать в особой сажалке» и «телом и здоровьем крепких». Это были первые известные нам сведения о проводимой селекции рыб.

В середине XV столетия на Руси выращивали стерлядь, карасей, вырезуба, а в многочисленных монастырях – карпов и стерлядь.

Сохранились записи о плотности посадки рыбы: пруд Каменский шириной в полверсты и длиной столько же имел по одной рыбе на два аршина. В XVI столетии пруды как ценное имущество вносились в инвентарные книги. Расцвет прудового рыбоводства приходится на период царствования Бориса Годунова. В этот период строится большое количество прудов, некоторые из них сохранились и поныне.

Гришка Соловей, придворный рыбовод царя Алексея Михайловича, знал, как устранять запахи в воде, где выращивались сомы. Рыбовод Нардов, служивший Петру I, применял аэрацию, приводя в движение лопасти «мешалки», установленные в пруду от мельниц, сделал приспособление для скашивания подводной растительности. Другой придворный рыбовод – Фалалеев – демонстрировал перед царем Петром I «волоки» для легкой и полной очистки прудов от коряг.

Первая карта прудов Московской области была составлена в 1630 г., на которой было представлено не только их местоположение, но и виды рыб и рыбопродуктивность. Первая сводка о рыбоводстве в России была сделана при Петре I, где указывалось 49 разводимых видов рыб, чаще всего выращивались карп и форель.

Дальнейшее развитие рыбоводства на Руси связано с именами Степана Андреевича Крашенинникова, Ивана Ивановича Лепехина, Петра Палласа.

С.А. Крашенинников – замечательный русский ученый, современник и друг Михаила Ломоносова, автор «Описания земли Камчатки» – проводил большую работу по строительству прудов и перевозке морских рыб для выращивания. Учеником С.А. Крашенинникова был И.И. Лепехин. Уже в 1790 г. он провел оригинальные опыты по патологии рыб, для чего создал систему небольших экспериментальных прудов, применял

в качестве профилактики заболеваний настоек черемухи, которая, как сейчас известно, содержит фитонциды. На прудах он применял аэрационные установки, дополнительно освещал их, пытаясь удлинить световой день. При выращивании рыб активно вселял хищников, т.е. использовал поликультуру. И.И. Лепехину принадлежит подробное описание рыбных промыслов на Волге, рыболовства и зверобойных промыслов в Белом море и на Новой Земле, на реках Волга, Обь и Северная Двина.

Большой вклад в дело развития рыбоводства внес Петр Паллас. Он был крупнейшим ученым – зоологом того времени и, кроме орнитологии, широко знал ихтиологию. В 1768–1773 гг. П.С. Паллас провел исследования на Волге, Урале, Тереке, Иртыше, Оби, Енисее, некоторых притоках Амура. В результате этой работы были даны сведения о рыболовстве, описания некоторых рыб. П.С. Паллас проводил опыты по инкубации икры карпов, а при их выращивании добивался крупных размеров. В 1793–1794 гг. им проведены работы по описанию 94 видов рыб бассейнов Черного и Каспийского морей, по результатам которых опубликован труд «Российско-Азиатская зоогеография».

Основоположником прудового рыбоводства в России считается Андрей Тимофеевич Болотов (1738–1833 гг.). Это был естествоиспытатель и писатель, человек широчайших интересов и знаний. Он являлся, например, одним из основоположников астрономии. Работая в области сельского хозяйства, А.Т. Болотов увлекался рыбоводством, особенно уходом за прудами, повышением их рыбопродуктивности. Он впервые установил зависимость рыбопродуктивности от качества грунтов и воды. Его работы по кормлению рыб, засеву прудов культурными растениями явились основополагающими в прудовом рыбоводстве.

1.3. В.П. ВРАССКИЙ – ИНИЦИАТОР И ОРГАНИЗАТОР ПЕРВЫХ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ВОСПРОИЗВОДСТВУ РЫБ В РОССИИ

Владимир Павлович Врасский (1829–1862 гг.), начиная с 1854 г. активно занимался искусственным осеменением рыб. В.П. Врасский (см. рис. 1.4) писал, что в ноябре 1853 г. он узнал об открытии во Франции метода искусственного разведения рыб. В 1852–1853 гг. появился ряд статей и заметок об искусственном разведении рыб. Эти статьи печатались в отечественных и зарубежных журналах, особенно в немецких и французских. В начале 1854 г. он знакомится с книгами по рыбоводству известного эмбриолога Жана-Виктора Коста, доктора Фрааса «Искусственное рыбоводство», а немного позднее – книгой Гаксо в издании Арнольда Гундерлиха.

Искусственное рыбоводство (как новая и выгодная отрасль производства) в середине XIX в. развивалось довольно бурно во многих странах Европы и Америки. В 1854 г. во Франции было построено 20 рыбоводных заведений, а в 1859 г. их уже насчитывалось больше 70. Однако в России в то время никто в правительстве, министерствах или научных учреждениях пока не думал о развитии культурного рыбоводства. Были только немногие крупные ученые и энтузиасты-одиночки, которые стремились освоить новое дело: ученые-ихтиологи академик К.М. Бэр, профессора К.Ф. Рулье, К.Ф. Кесслер, а из практических рыбоводов, обогативших науку, – В.П. Врасский.



Рис. 1.4. Владимир Павлович Врасский

К.М. Бэр был крупным ученым, разно-сторонним исследователем, возглавившим экспедиции на Чудское озеро и Балтийское море (1851–1852) и на Каспий (1853–1856). Организация экспедиций была вызвана упадком рыбных промыслов. Причиной упадка рыболовства, по определению К.М. Бэра, было «людское невежество, помноженное на хищничество». К.М. Бэр отмечал, что лов рыбы, преследующий лишь выгоду, особенно интенсивно осуществлялся тогда, когда она концентрировалась на нерест.

Он предложил запретить лов осетровых рыб как в устьях Волги, так и на некотором расстоянии от них и вести решительную борьбу с обмелением этих устьев для сохранения данных видов рыб.

Владимир Врасский был удачливее своего уральского собрата по научным поискам, хотя и его судьба оказалась не столько счастливой, сколько трудной. Но он был помещик, относительно богатый человек, и ему легче было организовать научное рыбоводство хотя бы за счет собственных средств.

Мы уже сказали, что в начале 50-х гг. XIX в. официальная Россия была глуха к запросам и нуждам культурного рыбоводства и рыболовства. Варварские методы лова вполне устраивали тогдашних рыбопромышленников, и ни им, ни руководителям правительственных и других казенных учреждений не хотелось заглядывать в завтрашний день. А между тем рыбные запасы в стране начинали заметно убывать.

Владимир Павлович мечтал наладить искусственное рыбоводство в водоемах Валдайской возвышенности, где расположены многочисленные озера – Селигер, Валдайское, Пестово, Велье, Уклеинское, множество рек и речушек, богатых кормами. Обдумывая новое дело, В.П. Врасский имел в виду и свою маленькую, холодноводную Пестовку. Эта речка протекала через его родовое имение, соединяя два озера – Пестовское и Велье.

Осенью 1854 г. В.П. Врасский начал опыты над форелью. Эта рыба особенно занимала его. В случае удачи он мечтал заселить гатчинской и радужной форелью все валдайские реки и озера с родниковой водой. Оплодотворенная икра содержалась в сравнительно просторных цинковых аппаратах при смене воды, которую привозили из речки Пестовки. В аппаратах с водой появились личинки форели, которых вывелось немного – всего десятка 3–4 из тех тысяч икринок, которые были помещены в сосуды, но это был первый успех.

Осенью 1854 г. он задумал на речке Пестовке соорудить пруд, а рядом с ним построить небольшой дом для разведения рыбы. Но тогда это был только замысел. А само строительство пруда и домика началось уже в следующем, 1855 г. В новом доме рыбовод предполагал устроить настоящие бассейны с проточной водой. Строительство рыбо-разводного заведения продвигалось вперед, хотя рабочих рук в распоряжении В.П. Врасского было немного. Из помощников – прежде всего, Григорий Ефимов, крестьянин из Весьегонского уезда Тверской губернии, получивший от своего помещика вольную, как об этом можно узнать из прошения И.К. Решеткина в департамент сельского хозяйства о награждении некоторых служителей Никольского рыбного завода.

В сентябре 1856 г. Владимиру Павловичу удалось создать в помещении завода бассейны с проточной водой, и рыбоводный завод в Никольском был создан в своей основе.

Вот как описывается первый рыбоводный завод России.

«Никольский завод расположен в Демянском уезде Новгородской губернии у Пестовского озера, на половине пути от Валдая до Демянска и в 77 верстах от Валдайской станции Николаевской железной дороги. Построен он демянским помещиком Владимиром Павловичем Врасским, но потом перешел в ведомство государственных имуществ.

Прежде завод ограничивался одной научной целью, но теперь он задался более широкой задачей и имеет в виду распространять посредством акклиматизации в бассейнах России такие породы рыб, которые по свойству воды могли бы существовать в них, а между тем почему-либо не существуют. Завод представляет собой деревянное здание, на каменном фундаменте, длиною в 12 сажень и шириною в 4.

Внутри этого здания, посередине, помещается большой бассейн с проточной водой и служит садком для самцов и самок производителей. По обеим сторонам, несколько выше большого бассейна, на кирпичных арках устроено из путиловской плиты восемь меньших бассейнов для молоди (рис. 1.5).

Кроме Пестовского озера при заводе есть речка и пять расположенных один ниже другого прудов. Вода в бассейне проточная и совершенно чистая, так как ее пропускают туда в особых фильтрах сквозь песок.

В начале 70-х гг. на заводе разводились одни сиги и форели и уже дали не одно искусственно разведенное поколение...

НИКОЛЬСКИЙ РЫБОВОДНЫЙ ЗАВОДЪ.
(Демянскаго уѣзда Новгородской губерніи).

Філіальное Отдѣленіе въ С.-Петербургѣ, въ Императорскомъ Сельско-Хозяйственномъ Музеѣ.

Большая золотая медаль на Международной выставкѣ рыбоводства 1880 г. въ Лондонѣ.
Золотая медаль на Всероссийской рыболовнѣ-охотничьей выставкѣ 1889 г. въ С.-Петербурѣ.
Дипломъ I-й степени на Всероссийской художественно-промышленной выставкѣ 1896 г. въ Нижнемъ-Новгородѣ.

Ежегодная, съ 1-го января по 1-е апрѣля, продажа оплодотворенной икры и молоди разныхъ цѣнныхъ породъ рыбъ по нижеслѣдующей, утвержденной Министерствомъ Земледѣлія и Государственныхъ Имуществъ, такъ:

		Форели, лососи, таймени и пали.
1-я	тысяча икринокъ или сотня мальковъ ¹⁾	3 р. — к.
2-я	» » » » »	2 » 55 »
3-я	» » » » »	2 » 25 »
4-я	» » » » »	2 » — »
5-я	» » » » »	1 » 75 »
6-я	» » » » »	1 » 55 »
7-я	» » » » »	1 » 40 »
8-я	» » » » »	1 » 25 »
9-я	» » » » »	1 » 15 »
10-я	» » » » »	1 » 10 »

¹⁾ Мальки въ томъ возрастѣ, когда ихъ слѣдуетъ выпускать въ пруды.

Рис. 1.5. Описание Никольского рыбоводного завода

Этим не ограничивалась деятельность Никольского завода: он еще продавал искусственно оплодотворенную икру и вскормленную им же выведенную рыбу. В продажу шла рыба от шестинедельного до двухгодовалого возраста...

Никольский завод для искусственного разведения рыбы – еще новое у нас на Руси дело, а между тем он уже успел, и небесплодно, проявить свою деятельность, он уже сложился с определенным характером, с точными широкими целями. Посетители Всероссийской мануфактурной выставки (1870 г.) в Петербурге могли видеть икру в различных степенях ее развития и живых, искусственно выведенных на заводе сигов и форелей. В то же время публично производились опыты искусственного оплодотворения икры местных рыб и раздавались описания завода, принятого на нем способа оплодотворения и насиживания икры, выкормки рыбы и т.д.; на этой выставке Никольский завод был причислен к первому разряду, что для казенных заводов и фабрик равняется золотой медали, но он может быть причислен и к первому разряду вообще европейских живорыбных заводов».

В.П. Врасский проводил наблюдения за развитием икры под микроскопом. Он отметил, что стоило икру опустить в воду или облить водой, как в ней наблюдались изменения. Как писал В.П. Врасский, с икрой «мгновенно происходят самые очевидные перемены: она начинает всасывать в себя воду, отчего разбухает ее наружная оболочка и делается гораздо толще и тверже». Такую икру, успевшую разбухнуть в воде, Врасский пробовал обливать рыбьими молоками, рассчитывая на возможность ее оплодотворения. Но из этих попыток ничего не получалось. Результат оказывался самым плачевным: решительно ни одна икринка не оплодотворялась. Если икринки еще до контакта с молоками успевают всосать в себя воду и разбухнуть, то у них закрываются отверстия в оболочках (так называемые микропиле), через которые проникают сперматозоиды внутрь икринок. В таком случае сперматозоиды не могут попасть в икринку и оплодотворить ее. При разбухании икринок происходят такие изменения, главным образом в оболочках, которые препятствуют нормальному процессу оплодотворения. В таких условиях оплодотворение икры практически становится невозможным. Это и вело к безрезультатности или к очень малой эффективности в первых опытах Врасского.

В.П. Врасский установил, что сперматозоиды в молоках, попадая в воду, оказываясь в новой среде, быстро утрачивают жизнеспособность, но если молоки, взятые от рыбы, держать в «сухом» виде, т.е. в сосуде без воды, то их жизнеспособность не утрачивается часами. В.П. Врасский ставил опыты по сохранению молок, и эта закономерность подтверждалась строго и неизменно. А в более холодном месте в такой упаковке их можно было сохранять намного дольше. В.П. Врасский был первым человеком,

открывшим этот оригинальный и экономически выгодный способ сохранения половых продуктов рыб.

Это открытие натолкнуло В.П. Врасского на новый метод искусственного осеменения икры: он выпустил рыбью икру в воду, а молоки тут же – в сухую тарелку; в молоки добавил воды, быстро взболтал их и тотчас вылил на икру. Выяснилось, что икра при таком способе оплодотворилась значительно больше, чем это было раньше. Совершенствуя свой новый метод, Владимир Павлович распространил «сухой режим» и на икру. Иначе говоря, икру форелей и лососей, над которыми в те дни проводились опыты, он стал выжимать тоже в пустые тарелки. Ни одной капли воды сюда не добавлялось. Эту икру он обливал рыбьими молоками, которые по-прежнему предварительно разбавлял водой. Осеменная таким способом икра затем помещалась в воду. При таком способе процессы оплодотворения яйцеклеток и развития эмбрионов вплоть до выхода личинок рыб и превращения их в мальков совершались нормально. Так была достигнута одновременность попадания икры и молок в воду, т.е. процесс оплодотворения икры при искусственном ее осеменении был максимально приближен к природным условиям. Труд рыбоведа был значительно облегчен.

Результат применения такого метода оказался совершенно поразительным. Искусственно осеменные таким путем икринки стали оплодотворяться все, пропадали только недозрелые или поврежденные. С такой эффективностью процесс размножения рыбы, очевидно, не всегда возможен даже в естественных условиях рек и озер, хотя там степень оплодотворенности икры очень высокая. На Никольском заводе стоцентный или почти стоцентный выход мальков стал постоянной, стабильной нормой.

Так родился *новый, оригинальный, так называемый «сухой» способ искусственного осеменения* икры рыб, открытый Владимиром Павловичем Врасским. За границей его стали называть *«русским» способом*. Этим способом и в наши дни пользуются рыбководы всех стран.

«Сухой» способ осеменения икры, который при Ю. Кнохе испытывался на форелях и лососях, Врасский проверил на налимах, щуках, ершах и других видах рыб. И во всех случаях икра оплодотворялась полностью.

В.П. Врасский первым обратил внимание на такие особенности развития икры и молоди рыб, как клейкость икры и ее гибель при лежании «кучей»; что время, проходящее между оплодотворением икры и выходом личинок, может быть очень различным: есть рыбы, из икры которых

личинки выводятся уже на третий день, у других этот процесс длится несколько недель; что скорость развития икры зависит от температуры воды: при низкой температуре развитие зародышей в икре замедляется. Он отметил, что температура воды и время развития сильно влияют на жизнеспособность зародышей. При медленном развитии в холодной воде они намного сильнее, живее, здоровее, чем зародыши-скороспелки, созревающие в теплой воде.

Кроме того, опыты показали, что в так называемом «сухом» виде можно сравнительно долго хранить и молоки, и икру, помещая их в стеклянную или фарфоровую посуду, причем этот срок нетрудно удлинить, если в месте хранения создать пониженную температуру. Таким же способом можно сохранять уже искусственно осемененную икру.

С весны 1857 г. деятельность В.П. Врасского получила новый размах – в Никольское стали приезжать крупнейшие биологи того времени. Все они отдали должное трудам и таланту молодого ученого. Сначала на несколько дней из Москвы приехал профессор К.Ф. Рулье, известный естествоиспытатель, биолог-эволюционист. Кроме основной педагогической и научной работы на кафедре зоологии Московского университета, он был директором Комитета акклиматизации животных Московского общества сельского хозяйства. Кесслер, известный зоолог, будущий профессор и ректор Петербургского университета, живо заинтересовался В.П. Врасским и его опытами и тогда же, летом 1857 г., поехал в Новгородскую губернию, на Никольский рыболовный завод.

23 июля 1857 г. в Московской земледельческой школе состоялось экстраординарное собрание Комитетов акклиматизации животных и растений при Московском обществе сельского хозяйства. На этом собрании К.Ф. Рулье сделал доклад о Никольском рыболовном заводе и деятельности его основателя В.П. Врасского. Оценивая общие успехи научных поисков рыбовода, докладчик отметил, что «г-н Врасский в деле рыбоводства решительно опередил иностранцев и достиг весьма важных результатов как научных, так и практических». 28 сентября 1857 г. на заседании Московского общества сельского хозяйства Рулье снова поднял вопрос о рыболовном заводе В.П. Врасского и о распространении его метода искусственного разведения рыб в практике русского рыбоводства. Он отметил, что этот завод существует «на прочном основании современной науки» и что было бы полезно широко ознакомиться «с легчайшим способом извлекать верный доход из наших вод». А через несколько дней, 7 ноября, Совет общества образовал специальную комиссию в составе профессора К.Ф. Рулье и двух его учеников и ближайших

сотрудников – С.А. Усова и Я.А. Борзенкова. Комиссии было поручено выехать на Никольский рыбоводный завод и собрать как можно более полные сведения о научной и производственной деятельности его основателя, обещающего своими трудами и открытиями принести великую пользу экономическому развитию страны. По отчету комиссии, обследовавшей Никольский рыбоводный завод, Московское общество сельского хозяйства на своем очередном собрании 16 ноября 1857 г. определило: «господина В.П. Врасского, в изъявление уважения к его полезным трудам, избрать действительным членом Общества, а заведение его принять под особое покровительство, донеся о том Министерству государственных имуществ и внутренних дел...» Комитет акклиматизации животных Общества сельского хозяйства присудил золотую медаль за лучшие научные достижения Владимиру Павловичу Врасскому. Решение это было утверждено на годичном собрании Общества. Вслед за этим такая же награда русскому рыбоводу пришла из Франции – от Парижского общества акклиматизации. Эта вторая золотая медаль означала, что со второй половины 50-х гг. XIX в. началось официальное признание научных и практических успехов В.П. Врасского за границей, в мировой науке.

К концу 50-х гг. XIX в. Никольский рыбоводный завод приобрел тот вид, который он в основном сохранял и в дореволюционные годы XX в., и в советское время – вплоть до Великой Отечественной войны, когда все заводские постройки были разрушены в результате немецко-фашистской оккупации.

В те же годы, когда начинал свою научную и практическую деятельность В.П. Врасский, на Урале проводил рыбоводные работы лекарь господ Демидовых – крепостной Петр Малышев. В июле 1856 г. в «Хозяйственной газете», издававшейся «Вольным экономическим обществом», была опубликована статья о первых в России опытах искусственного разведения рыб с применением метода искусственного осеменения икры. Ее автор – П.И. Малышев, крепостной крестьянин владельцев Нижнетагильских металлургических заводов Демидовых. В статье подробно описаны наблюдения за естественным размножением налимов в р. Тагиле и опыт искусственного их разведения. Получив от А.Н. Демидова задание наладить искусственное разведение рыб, П.И. Малышев творчески решил поставленную задачу. Он описал признаки близкого метания икры и молок, провел наблюдения за нерестом налимов. После этих опытов, проведенных в январе 1856 г, П.И. Малышев приступил к искусственному осеменению икры и выведению рыб.

Одновременно поймать самца и самку со зрелыми половыми продуктами ему не удавалось, поэтому он, поймав 3 января самца и самку, близких к созреванию, опустил их на крюках в воду и 6 января определил, что они созрели. В тот же день он провел и первый опыт искусственного осеменения икры. Для этого он налил в фаянсовую банку около 4 л воды, «выдавил» в нее икру самки, а затем полил ее молоками самца, которые выделялись свободно в виде густых сливок. Во время выделения молок налиим смешивал их своим хвостом с водой, которая принимала цвет жидкого молока. Зрелые икринки начинали принимать опаловый цвет, а незрелые не изменяли цвета. Об этом оригинальном экспериментаторе, к сожалению, известно совсем немного. «Среди пионеров искусственного рыборазведения в России, – читаем мы у П.Н. Скаткина, – непростительно забыто имя Петра Малышева – лекарского ученика, крестьянина господ Демидовых, владельцев Нижнетагильских заводов. П.Н. Скаткин говорит, что уральский рыбовод-опытник, несмотря на его положение крепостного, был для своего времени высокообразованным человеком. Опыты над налимами он проводил по заданию хозяина-заводчика. Как писал О.А. Гримм, в пореформенный период, уже будучи свободным от крепостной зависимости, Малышев просил дать ему место надсмотрщика на Никольском рыбоводном заводе. Но ему почему-то отказали, и дальнейшая судьба этого ученого-самородка осталась неизвестной.

1.4. ЗНАЧЕНИЕ РЫБОВОДСТВА В СОХРАНЕНИИ И УВЕЛИЧЕНИИ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДУ

В 90-е годы произошло сокращение объемов вылова и товарного выращивания рыб в пресноводных водоемах России. Вылов в озерах, реках и водохранилищах снизился с 99 до 45 тыс. т (в 1997 г. – 50 тыс. т), производство товарной рыбы уменьшилось со 139 до 6 тыс. т. Промысловый запас рыб в естественных водоемах и водохранилищах России существенно не изменился. Общий допустимый улов был от 110,1 до 136,5 тыс. т (в 1997 г. – 104 тыс. т). Но официальная статистика не показывает фактическое промысловое изъятие. Оно, по экспертным оценкам, в большинстве водоемов близко к величине допустимого изъятия. Причем, если запасы мелкочастиковых рыб, как правило, не используются в полной мере, то добыча ценных видов рыб во многих случаях могла в несколько раз превышать величину допустимого улова. Неконтролируемый промысел ведет к качественному изменению запасов. В частности,

за рассматриваемый период в два раза сократилась величина допустимого изъятия лососевых и осетровых рыб в естественных водоемах. Промысловые запасы рыбных ресурсов в основных речных бассейнах страны остаются стабильными. Но отмечается уменьшение запасов рыб в озерах Ильмень и Ладожское, в Рыбинском водохранилище, что связано, главным образом, с антропогенным влиянием на экосистемы этих водоемов. Интенсивное гидростроительство, внутригодовое перераспределение стока рек, ограничение весенних пропусков воды, забор большого количества пресной воды на орошение и другие хозяйственные нужды, а также загрязнение пестицидами, поступающими с сельскохозяйственных угодий, привели к серьезному ухудшению условий воспроизводства ценных видов рыб в основных рыбопромысловых районах внутренних вод России, сокращению их запасов и уловов. Воспроизводство ценных промысловых видов рыб в России до последнего времени обеспечивали рыборазводные предприятия Госкомрыболовства России и Росрыбхоза. Выпуск молоди в естественные водоемы составляет ежегодно от 5000 до 7000 млн шт. (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Выпуск молоди и личинок ценных видов рыб рыбоводными
предприятиями России в естественные водоемы
и водохранилища (млн шт.)

	1994 г.			1995 г.			1996 г.		
	Всего по России	В том числе:		Всего по России	В том числе:		Всего по России	В том числе:	
		Роском- рыбо- ловство	Росрыб- хоз		Роском- рыболов- ство	Росрыб- хоз		Роском- рыбо- ловство	Росрыб- хоз
Выпуск молоди,	6804,8	3320,8	3484	5903,3	2439,5	3454,5	5133,7	1758,2	3374,5
В том числе:									
осетровые	95,86	67,178	28,69	85,6	55,2	30,37	84,1	52,2	31,977
лососевые	406,31	406,25	0,062	463,3	463,3	0,062	519,5	519,1	0,021
сиговые	59,61	3,26	56,43	43,8	2,3	41,53	29,6	3,0	26,478
частиковые	6212,1	2820,5	3391,6	5269,1	1894,0	3375,1	4468,5	1160,8	3307,7
растительно- ядные	30,84	23,58	7,26	31,5	24,7	6,839	31,42	23,13	8,296
Выпуск личнок	–	–	1341,3	–	–	1467,4	4467,3	–	2085,5
В том числе:									
личинки									
омуля	–	–	1316,3	–	–	1437,4	4467,3	–	2085,5
личинки									
сигов	–	–	25,1	–	–	30,0	–	–	132,76

В начале 90-х гг. XX столетия выпуск молоди предприятиями и организациями Росрыбхоза сохранялся на уровне 3300–3500 млн шт. Отмечалось ежегодное увеличение на 5–6 % выращивания молоди осетровых рыб. Возросло получение личинок байкальского омуля от 1300 до 1950 млн шт. В системе Госкомрыболовства возрастал выпуск молоди лососевых рыб. Однако масштабы воспроизводства ценных промысловых видов рыб не соответствуют существующей в настоящее время потребности.

Каспийское и Азовское моря являются яркими примерами необходимости проведения работ по охране и воспроизводству рыбных запасов. Несмотря на относительно небольшую их долю в общероссийских уловах рыбы – порядка 6–7 %, они занимали важное место в отрасли за счет вылова осетровых рыб. В современных условиях именно в этом плане ситуация оказывается очень напряженной. Российские уловы осетровых в Каспийском море составляли в начале 90-х гг. 13 тыс. т, в 1996 г. снизились до 1,3 тыс. т. Аналогичная картина и в Азовском море, где до недавнего времени вылов осетровых составлял около 1 тыс. т, а к концу XX столетия снизился до 350–400 т, хотя запасы осетровых рыб поддерживаются налаженным искусственным воспроизводством. Доля рыб заводского происхождения достаточно велика и составляет, например, в Каспийском море 91,5 % по белуге, 30 % по севрюге, 27,7 % по осетру. В Азовском море 90 % запасов осетровых также заводского происхождения.

Примером эффективного своевременного принятия мер охраны рыбных запасов может служить и искусственное разведение на Каспии белорыбицы. Ее численность сократилась в 60-е гг. XX столетия до 2 тыс. экз., а к 1985 г. повысилась до 17 тыс. экз.

Другим примером могут служить Дальневосточные моря, сырьевые ресурсы которых существенно пополняются с помощью хорошо организованного искусственного воспроизводства лососевых рыб. Здесь сконцентрированы 85,7 % общих уловов в экономической зоне России, что определяет Дальневосточный рыбопромышленный бассейн как основной рыбодобывающий район страны.

Россия располагает громадной площадью внутренних пресноводных водоемов: 20 млн га озер, 4,5 млн га водохранилищ, 1 млн га водоемов комплексного назначения, 0,45 млн км рек. Хотя не вся указанная площадь может рассматриваться как рыбохозяйственный фонд, возможности пастбищной пресноводной аквакультуры очень велики. Только в сельскохозяйственном пользовании находится более 1 млн га различных водоемов, пригодных для рыбоводства, а используют из них только десятую часть.

Развитие пастбищной пресноводной аквакультуры базируется на концепции, разработанной во ВНИИПРХ. Основа концепции состоит в том, что в современных экономических условиях приоритет должен быть отдан пастбищной аквакультуре. Предлагается создание двух типов хозяйств:

– первый тип – *без коренной перестройки состава ихтиофауны* – это крупные озера, водохранилища и дельты рек;

– второй тип – *с коренной реконструкцией состава ихтиофауны* – это малые и средние водоемы, водоемы-охладители тепловых электростанций.

Для роста производства товарной рыбы из внутренних водоемов привлекательны оба предложенных пути развития пресноводной пастбищной аквакультуры. По ряду оценок имеются возможности в перспективе получать за счет этого направления не менее 1 млн т рыбы в год. При этом ведущую роль в реализации естественных продукционных возможностей водоемов южной и умеренной зон рыбоводства будут играть растительноядные рыбы, а в более северных районах – лососевые и сиговые.

Созданы реальные предпосылки для вселения во внутренние пресноводные водоемы ценных для аквакультуры объектов: веслоноса, пиленгаса, а также реакклиматизации в ряде бассейнов стерляди.

В настоящее время объемы вылова рыбы из пресноводных водоемов, учтенные официальной статистикой, составляют около 100 тыс. т, а с учетом любительского рыболовства и браконьерства – 200–250 тыс. т. Подобная ситуация может не только сохраниться, но и ухудшиться. Она обусловлена рядом факторов, но главными из них являются негативное антропогенное воздействие (загрязнение внутренних водоемов за счет хозяйственной деятельности) и массовое браконьерство.

Хозяйства пастбищной аквакультуры не получили широкого развития, главным образом, в связи с отсутствием инфраструктуры по производству посадочного материала, необходимого для зарыбления водоемов. В меньшей мере это относится к пастбищной аквакультуре, основанной на интенсивном использовании растительноядных рыб, возможности производства рыбопосадочного материала которых достаточно велики при применений с этой целью существующих мощностей прудовых рыбоводных хозяйств. При этом важным остается вопрос о размерно-весовых и возрастных характеристиках рыбопосадочного материала. Принятая в настоящее время практика зарыбления водоемов двухлетками растительноядных рыб с низкой штучной массой не оправдана ни с биологических, ни с экономических позиций.

Необходимо помнить, что продукты питания, производимые рыбной отраслью, являются важным фактором жизнеобеспечения. В организации рационального питания они являются одним из важнейших источников – животных белков. В связи с разбалансированностью питания произошло резкое сокращение продолжительности жизни населения с 67 до 58 лет, почти на 20 % снизился уровень здоровья активной части населения. В этих условиях рыбная промышленность приобретает особое значение. Несмотря на существенное снижение среднедушевого потребления рыбных продуктов (с 20,3 кг в 1990 г. до 11 кг в 2003 г.), сегодня их роль в питании населения остается значительной. В России в настоящее время потребляется более 2 млн т пищевых рыбных продуктов, включая консервы, из них около 0,7 млн т импортируется. Экспорт рыбных товаров составляет немногим более 1 млн т. В настоящее время оптово-закупочной и посреднической деятельностью занимаются более 2 тыс. предприятий и организаций. За несколько лет они смогли полностью освоить российский рынок рыбных товаров во всех регионах страны. В целом внутренний рынок рыбных товаров сегодня характеризуется неравномерностью поступления их в регионы страны, за исключением Мурманской, Архангельской, Калининградской, Московской областей, Москвы и Приморского края. Наибольшим спросом у населения пользуется мороженая рыба, слабосоленые и копченые рыбные товары, а также многие виды консервов.

Анализ современного состояния и оценка перспектив развития пресноводной аквакультуры России показывает, что прудовое рыбоводство по объему и эффективности производства среди других направлений товарного рыбоводства, таких как индустриальное, озерное и пастбищное занимает ведущее положение. В общем объеме производства товарной рыбы в пресноводной аквакультуре доля прудового рыбоводства в настоящее время превышает 60 %.

Анализ потенциальных возможностей товарного рыбоводства дает основание полагать, что в более отдаленной перспективе основным направлением производства товарной продукции в России будет пастбищное рыбоводство в крупных водохранилищах, озерах, водоемах комплексного назначения (водоемах-охладителях при ТЭЦ и АЭС) и малых водоемах различного типа. Общее водное зеркало водоемов в России достигает 25 млн га.

Задача удовлетворения потребности населения Российской Федерации в живой, свежей, охлажденной и переработанной рыбе на уровне 2,5–3,0 млн т в год решаема. Для этого в процесс выращивания необходимо вовлечь малые водоемы, отличающиеся большим типовым разнообразием и назначением.

Технологические решения по рыбохозяйственной эксплуатации малых водоемов (мелкотоварное рыбоводство) могут быть разнообразными: от самых простых схем с минимальным набором объектов рыбоводства до сложных комплексных с большим набором различных видов рыб – карповых, осетровых, лососевых и хищных, например судака, европейского сома, щуки, налима, форелекуня, жереха, кефали и др., с элементами интенсификации выращивания, комбинацией с индустриальным рыбоводством и интеграцией с сельскохозяйственным производством. В большинстве случаев такие технологические схемы органично увязываются с организацией коммерческого любительского рыболовства и отдыха граждан.

Вместе с тем, необходимо дальнейшее развитие прудового и индустриального рыбоводства, ориентированного, где это экономически целесообразно, на производство посадочного материала для зарыбления внутренних водоемов.

Необходимо продолжение исследований по созданию новых пород рыб, кормопроизводству, разработке способов и технологических решений селективного их вылова, по управлению развитием естественной кормовой базы в водоемах различного типа, болезням рыб, токсикологической безопасности водоемов (защите их от антропогенного воздействия), технологической переработке рыбного сырья (вяление, копчение, консервирование, производство рыбной муки из сорной рыбы и отходов переработки), медицинских препаратов.

Все направления товарного рыбоводства должны быть взаимосвязаны, особенно посредством производства посадочного материала необходимых кондиций и большого видового разнообразия рыб. Эти задачи не менее сложны, чем технологические разработки, поскольку затрагивают экономические, социальные, административные, политические, правовые и законодательные вопросы.

Рыбное хозяйство является составной частью АПК страны. В связи с этим перспективы развития отрасли в условиях формирующейся рыночной экономики, вхождения России в мировое экономическое сообщество, в том числе в рамках вступления в ВТО, во многом зависят от агропродовольственной политики государства.

Развитие АПК должно стать одним из основных приоритетов социально-экономической политики государства.

В основу стратегии развития рыбного хозяйства Российской Федерации положены следующие документы:

- ежегодное Послание Президента России В.В. Путина Федеральному Собранию;
- Основные направления деятельности Правительства России и Морская доктрина РФ на период до 2020 г.;
- Федеральные целевые программы «Мировой океан», «Экология и природные ресурсы России», «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья» и другие;
- Концепция развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 г.

Контрольные вопросы

1. Какое значение имеет рыбоводство в жизни людей?
2. Охарактеризуйте рыбоводство как науку.
3. Перечислите основные задачи рыбоводства.
4. Какие направления рыбоводства в настоящее время развиваются?
5. Какие задачи ставятся перед специалистами в области рыбного хозяйства?
6. Перечислите задачи, которые стоят перед человечеством по сохранению рыбных запасов.
7. Охарактеризуйте потребление рыбной продукции на душу населения в разных странах.
8. Охарактеризуйте основные этапы развития рыбоводства в России и за рубежом.
9. Поясните значение работ В.П. Врасского для отечественной науки.
10. Кем проведены первые работы по искусственному воспроизводству рыб?
11. Объясните понятие «сухой» способ искусственного осеменения. Почему он назван «русским»?
12. Какой вклад в развитие рыбоводной науки внес Петр Малышев?
13. Какое значение имеют работы российских рыбоводов в конце XIX–начале XX вв. для хозяйственной деятельности людей?
14. Какие государственные документы определяют направление развития рыбоводства в России?

ГЛАВА 2

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫБ В СВЯЗИ С ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ

Среди важных биологических основ рыбоводства – особенности воспроизводства рыб. Для практического освоения процесса получения ихтиомассы различных видов рыб на начальном этапе самым важным является знание особенностей процесса размножения: сроков нереста, температуры, скорости течения, химических характеристик воды, особенностей нерестовых субстратов и т.п.

2.1. ТЕОРИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП РЫБ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РЫБОВОДСТВА

С.Г. Крыжановский (1891–1961), создатель *теории экологических групп* рыб, подчеркивал в 1949 г., что «приспособления рыб к условиям размножения и развития отражают не только существенные экологические моменты эмбрионального периода, но и существенные моменты всех остальных периодов жизни. Они накладывают печать на биологию взрослых рыб, определяют характер миграций, возможно переселения и пределы распространения рыб» [6, 21].

В эмбриональный период жизни рыб ведущее значение имеют такие факторы как наличие врагов и кислородный режим. Из остальных факторов С.Г. Крыжановский выделяет сезон кладки икры, т.е. прежде всего температурный фактор, поскольку температура в значительной мере определяет характер течения обменных процессов. Все остальные факторы добавляются к ним и совместно создают большое многообразие приспособлений развития. Способы размножения, места и сезон кладки икры предопределяют условия дыхания, течения обменных процессов и особенности защиты икры от врагов и тем самым в значительной степени определяют природу приспособлений развития.

В поразительном многообразии приспособлений раскрываются экологические закономерности, отражающие существенные соотношения рыб в природе. Пониманию открытых закономерностей помогает распределение рыб по экологическим группам. В предложенных С.Г. Крыжановским названиях этих групп содержатся указания на места кладки икры, потому что они предопределяют природу приспособлений развития и специфику экологических групп.

Огромный фактический материал, собранный и исследованный С.Г. Крыжановским и его учениками, позволил установить экологическую специфику отрядов, семейств и более мелких систематических групп рыб. Среди рыб нашей пресноводной ихтиофауны по богатству экологических отношений на первом месте стоят карповые (шесть экологических групп, включая индифферентных), за ними следуют сомовые и вьюновые (по две экологические группы). Остальные семейства в экологическом отношении однообразны: образующие их виды связаны непосредственным родством (например, осетровые, лососевые).

С.Г. Крыжановский отмечает существенные различия пресноводных и морских фаунистических групп. Типично пресноводные группы ихтиофауны, за исключением группы живородящих рыб, не имеют аналогов среди морской ихтиофауны и отражают своеобразие условий обитания пресноводных видов. Эти условия особенно благоприятны для рыб, не охраняющих икру, т.е. для литофильных, псаммофильных, фитофильных, индифферентных и для прячущих икру в грунт.

2.1.1. Классификация рыб по отношению к субстрату, на который они откладывают икру

Рыб, которым для нереста не нужен субстрат, называют *пелагофилами*. Икра морских пелагофилов набухает (обводняется желток) перед выметом ещё в утробе матери. Икринки минтая после овуляции увеличиваются в объёме в несколько десятков раз и становятся плавучими в морской воде, имеющей удельный вес 1,02 кг/л. Икринки многих пелагофильных рыб, например барабули, имеют в желтке жировые капли, увеличивающие их плавучесть.

Плавучая икра бывает у некоторых рыб, нерестующих в пресной воде. Однако ее удельный вес всегда несколько больше, чем у пресной воды (1 г/мл). Поэтому плавучую икру пресноводные рыбы вымётывают на течении. Проходные сельди (черноспинка, волжская, дунайская сельди) поднимаются из моря в реки и нерестуют в толще речной воды. Икра поддерживается в толще воды в результате турбуленции водного потока. Так же происходит нерест растительноядных рыб «амурского комплекса» – толстолобиков и амуров. У таких рыб икра после вымета в воду сильно увеличивается в размере в результате набухания перивителлинового пространства. Благодаря этому она тонет медленно – «парашютирует» – и при наличии течения и турбуленции находится в толще воды.

Откладывающие икру на плавающие предметы сарганообразные рыбы (сарганы, полурылы, летучие рыбы), хоть и обитают в пелагиали, для нереста находят плавающие водоросли и всякие случайные предметы, к которым приклеивается их икра с клейкими нитями.

Фитофилы – рыбы, откладывающие клейкую икру на живые или отмершие растения, защищая её тем самым от попадания на илистый грунт в условия недостатка кислорода. Это сазан, лещ, щука, окунь, морские губаны, многие тропические рыбы, например, скалярии.

Литофилы – откладывают икру на каменистый или песчаный грунт. Это многие лососевые – сиги, ленки, гольцы, а также гольяны из семейства карповых. Крупные проходные лососи закапывают икру в каменистый грунт в местах с быстрым течением (горбуша, чавыча, кижуч) или на выходах грунтовых вод (нерка, кета).

Псаммофилы (любители песка) нерестятся на песчаных участках, их икра развивается в мокром песке (мойва).

Остракофилами (любители ракушек) называют горчаков (рис. 2.1), которые откладывают икру под створки живых моллюсков.



Рис. 2.1. Горчак, откладывающий икру в полость двустворчатой ракушки

Есть морские рыбы, откладывающие икру под карапакс крабов (охотоморские слизни).

Индиifferentны к субстрату океанические сельди, которые откладывает клейкую икру на камни или растительность и, даже, на рыбацкие сети. Это даёт возможность сооружать специальные искусственные нерестилища для увеличения эффективности нереста.

С.Г. Крыжановский отмечал, что приспособление рыб к точно определенным условиям размножения и развития вызывает необходимость нерестовых миграций и определяет их основные черты. Поэтому нерестовые миграции отражают как специфику экологических групп рыб, так и особенности населенных ими водоемов.

Теория экологических групп рыб имеет большое значение для рыбоводства, поскольку разработка биотехники заводского рыборазведения невозможна без детального знания специфики развития рыб, обусловленной взаимоотношениями развивающегося организма со средой. При этом следует учитывать, что условия развития специфичны не только для различных видов рыб, относящихся к разным экологическим группам, но и для одного вида на разных этапах онтогенеза. В связи с этим биотехника искусственного разведения рыб, принадлежащих к разным экологическим группам, должна быть различной и разрабатываться с учетом особенностей их развития в природных условиях. Она должна быть в известной мере разной и для одной экологической группы, поскольку каждый вид рыбы характеризуется своей спецификой развития.

Этот аспект можно рассмотреть на примере литофильных лососевых рыб. Биотехнику разведения лососей, закапывающих в природных условиях икру в грунт, необходимо совершенствовать с учетом приспособленности икры к развитию в абсолютной темноте при относительно невысоком содержании кислорода в воде. Икра лососей должна развиваться в неподвижном состоянии, учитывая ее высокую чувствительность к механическим воздействиям, особенно на стадиях гастрюляции.

Необходимо учитывать и более тонкие различия условий развития близкородственных видов. Так, например, на Амуре летняя кета и горбуша, хотя и заходят на нерест в одни и те же реки, однако икру закапывают в грунт на разных ее участках: горбуша – на фарватере реки с быстрым течением, а летняя кета – в прибрежной зоне с медленным течением. В связи с этим развивающаяся икра горбуши более оксифильна и более устойчива к механическим воздействиям, чем икра кеты, что также надо принимать во внимание при совершенствовании биотехники их заводского разведения.

Другие представители лососевидных рыб – сиговые, – также относятся к литофилам, но выметывают икру на поверхности каменистого грунта. Течением воды икра после утраты клейкости заносится под камни, где и развивается в слабо подвижном состоянии под воздействием постоянного тока воды. Икра этих рыб требовательнее к кислородному режиму, способна развиваться в подвижном состоянии при слабом освещении.

Не только способы инкубации икры, но и способы и условия выращивания молоди должны разрабатываться с учетом специфики развития рыб, относящихся к разным экологическим группам, так как условия жизни молоди этих экологических групп рыб неодинаковы, в том числе на разных этапах онтогенеза.

2.2. ТЕОРИЯ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ РЫБ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РЫБОВОДСТВА

Решение сложной проблемы выращивания молоди требовало знания биологии развития рыб. Ряд исследований в этом направлении был выполнен в России еще в конце XIX–начале XX века такими известными зоологами, ихтиологами и рыбаками, как В.В. Заленский, Н.А. Бородин, Л.С. Берг, К.К. Терещенко, В.К. Солдатов и др.

В 20-х гг. XX в. изучение особенностей развития рыб продолжили А.Н. Державин, В.И. Казанский, Н.Л. Чугунов, И.И. Кузнецов и др.

Особенно широко исследования развернулись в 30–40-х гг. XX в. Эти работы и привели к созданию учения об этапности развития рыб, являющегося теоретической основой разработки методов их выращивания.

В 40–50-х гг. XX в. выделяются работы Владимира Викторовича Васнецова (1889–1953), Сергея Григорьевича Крыжановского и их последователей, посвященные изучению морфологических и экологических особенностей развития молоди, в которых эти проблемы рассматривались с позиций учения о его стадийности.

В работах В.В. Васнецова и С.Г. Крыжановского, выполненных в лаборатории экологии и морфологии Института морфологии животных АН СССР (ныне Институт проблем и эволюции им. А.Н. Северцова РАН), морфологические и физиологические особенности рыб на различных этапах их развития рассматриваются в неразрывной связи с требованиями, которые они предъявляют к условиям внешней среды.

Основные положения этой теории сформулированы В.В. Васнецовым в 1948–1953 гг. Они сводятся к тому, что в течение различных периодов онтогенеза (эмбрионального, предличиночного, личиночного, малькового и половой зрелости) развитие рыб не только постепенно и непрерывно, но и прерывисто, скачкообразно. При этом происходят резкие изменения в строении систем органов, протекающие быстро, иногда в течение нескольких часов и даже минут. Эти морфологические преобразования неразрывно связаны с изменениями биологических особенностей рыб. Между такими скачкообразными изменениями происходят постепенный рост и медленные, иногда едва заметные количественные преобразования, при этом качественные (морфологические и биологические) особенности организма и его отношения с внешней средой сохраняются неизменными. ***Периоды относительной стабильности*** в развитии рыб ***между двумя скачкообразными изменениями*** В.В. Васнецов назвал ***этапами***.

Следуя за В.В. Васнецовым, С.Г. Крыжановский с сотрудниками этапами называют интервалы развития, имеющие определенные специфические качества. В течение каждого этапа, по мнению авторов, происходят и количественные, и качественные постепенные и скачкообразные изменения. Однако в пределах определенной меры они не изменяют основного качества, характеризующего этап.

Каждому этапу развития рыб присущи определенные особенности строения организма и биологические свойства, а в связи с этим и определенные требования к условиям внешней среды.

Развивая основные положения теории этапности развития рыб, Крыжановский с соавторами (1953) подчеркивали, что определенные этапы у разных видов рыб протекают различно, имеют неодинаковую продолжительность и свои специфические особенности. Поэтому для практики искусственного рыборазведения, и прежде всего для разработки методов выращивания молоди необходимо изучать морфобиологические и экологические особенности вида промысловых рыб.

Дальнейшие исследования российских ученых показали, что молодь проходных рыб целесообразно выращивать до покатного состояния. Они выяснили, что переход молоди в покатное состояние представляет собой относительно длительный период сложных морфобиологических изменений, подготавливающих организм к существованию в иной внешней среде:

- возникают особенности строения органов, способствующие большей подвижности и захвату иной пищи;
- появляется иная защитная окраска;
- появляются физиологические изменения, позволяющие существовать в условиях другой солености, кислородного и температурного режимов.

Теория этапности рыб служит научной базой для разработки биотехники воспроизводства рыб, открывает широкие перспективы для исследований, отвечающих запросам рыбоводства.

Знание этапов развития рыб, позволяет определить особенности характеристик среды при ее нахождении в искусственных условиях на каждом этапе, а также совершенствовать биотехники искусственного разведения.

2.3. ВНУТРИВИДОВАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ

Значительные различия в сроках миграции в реки проходных рыб, а также различия в их состоянии были описаны Л.С. Бергом (1934), автором учения о сезонных расах у проходных рыб.

Подробно и многосторонне изучал состояние популяций осетровых, мигрирующих в различные реки, Н.Л. Гербильский. На основании исследования состояния воспроизводительной системы осетровых при заходе в реки в определенные периоды были выделены различные биологические группы, дано их описание и предложены пути их рыбохозяйственного использования. Эти исследования проводились в связи с необходимостью разработки рыбоводного освоения осетровых в низовьях рек в условиях гидростроительства.

По существу, при этом изучались группы в пределах популяции, т.е. исследовалось явление внутривидовой дифференциации, являющейся одной из важных видовых адаптаций осетровых. Характер и особенности внутривидовой дифференциации неодинаковы у рыб различных экологических и генетических групп (например, у осетровых и лососевых рыб). Это объясняется как генетически обусловленными свойствами видов, так и характером конкретных условий в реках.

Довольно значительно выражена дифференциация в пределах популяции у проходных рыб, у которых развиваются существенные различия в миграциях и размножении у представителей разных групп. Причем в разных реках для рыб одного вида существуют значительные различия в степени развития внутривидовой дифференциации. Например, образуется разное число групп в пределах популяции, возникают различия в их количественных соотношениях.

Для выражения явлений внутривидовой дифференциации используются различные термины. Введенное Л.С. Бергом понятие «*сезонные расы*» применяется при описании внутривидовой дифференциации у *лососевых* и *миноговых*.

Для *осетровых* чаще используется обозначение «*биологическая группа*», введенное Н.Л. Гербильским. Во всех случаях речь идет о дифференциации в пределах популяции, причем значение этого явления у осетровых, лососевых и миноговых сходное – наилучшее приспособление к условиям ареала и максимальное использование его возможностей.

В литературе часто используются термины «*яровые*» и «*озимые*» *расы*. Автор этих терминов, Л.С. Берг, вкладывал в них определенный биологический смысл, полагая, что возможна некоторая аналогия с растениями в отношении температурных условий, необходимых для осуществления определенных периодов развития половых клеток у озимых и яровых форм. Однако позже исследователи показали, что подобная аналогия неоправданна. Тем не менее, термины «*яровые*» и «*озимые*» формы (*расы*) продолжают применять, предполагая при этом различия в отношении мест зимовки и состояния производителей в период захода в реки.

Озимыми называют рыб, размножающихся после зимовки в реке и заходящих в нее задолго до нереста.

Яровыми называют рыб, входящих в реку в тот же сезон, когда происходит нерест. Яровые мигрируют в реку с гонадами, более близкими к зрелости, чем озимые.

2.3.1. Дифференциация популяций осетра

Характер дифференциации популяций осетра различных рек, например Каспия, имеет много общих черт, однако в каждом конкретном случае обладает определенными особенностями. В реках Волге и Урале, куда мигрирует русский осетр, описаны группы раннего ярового, позднего ярового и озимого осетра летнего и осеннего хода. В Волге озимый осетр составляет более 90 %, а в Урале 70 % по отношению ко всему количеству мигрирующего осетра.

Озимые, ранние яровые и поздние яровые группы Волги и Урала были описаны для русского осетра (*Acipenser gueldenstaedti Brandt*), однако исследование морфологии и иммунохимический анализ сывороточных белков показали, что на Волге и Урале поздний яровой осетр, называемый еще летне-нерестящимся, не является частью популяции русского осетра, а представлен исключительно особями персидского (южнокаспийского, куринского) осетра (*Acipenser persicus Borodin*).

Было выяснено, что с Волгой и Уралом репродуктивно связаны мощная популяция русского осетра озимой и яровой форм и группа персидского осетра (6–7 % в Волге и 5 % в Урале). Волга и Урал являются примером освоения персидским осетром ареала русского осетра. Оба вида изолированы репродуктивно по температурам и срокам нереста.

До зарегулирования стока Волги озимые осетры, мигрирующие в реку с весны до осени, размножались на средних и верхних участках нерестовой зоны после зимовки в реке, а яровые, входящие в реку с марта по май в состоянии, близком к зрелости, осваивали этой же весной низовые нерестилища. Для обеих внутривидовых групп русского осетра пределы нерестовой температуры – 8–16 °С, время размножения – середина или конец мая в зависимости от характера весны.

Персидский осетр (описываемый ранее как летне-нерестящийся или поздний яровой) размножался летом на средних и нижних участках нерестовой зоны при температуре 15–25 °С с конца июня по август.

В настоящее время нерест обеих групп русского осетра, а также персидского осетра проходит при характерных для них температурах на участке Волги от Волгограда до Астрахани.

Несколько иначе выглядит структура нерестовой части популяций рек Южного Каспия, например Куры. В Куру мигрируют оба вида каспийских осетров, причем весной преобладает персидский осетр, летом и осенью – русский.

Таким образом, различия в структуре нерестовых стад показывают зависимость их от особенностей нерестовых рек. Подавляющее большинство северокаспийских осетров размножается при температуре воды 8–16 °С, а южнокаспийские осетры нерестятся в основном при 15–25 °С. В реках юга преобладают яровые формы, в реках севера – озимые. Это связано не только с особенностями нерестовых рек, но и биологии русского и персидского осетров.

У осетровых других видов (севрюга, белуга) также наблюдается дифференциация в пределах популяции, образование озимых и яровых форм. Нерест белуги происходит при 7–14 °С, севрюги – 15–25 °С.

Исходя из изложенного, а также представлений о непрерывном поступлении мигрантов можно предположить, что началом миграции нерестовой части популяции русского осетра является ход весной первых озимых осетров с гонадами в III стадии зрелости. Летом ход усиливается, осенью – ослабевает. В октябре–ноябре все входящие в реки рыбы имеют гонады в IV стадии зрелости. Зима прерывает ход. Весной в реку из предустьевых пространств мигрирует зрелый ранний яровой осетр, который, видимо, является окончанием хода нерестовой популяции, «хвостом» осеннего хода.

2.3.2. Внутривидовая структура лососей

У лососей существуют озимые и яровые расы, которые различаются по времени и возрасту захода на нерест, размерам, плодовитости, времени нереста (например, кета летняя и осенняя). Яровые и озимые расы атлантического лосося похожи на биологические группы осетра. Нерест лососей растянут внутри популяции, т.е. у них также существует внутривидовая дифференцировка.

Дифференциацию в пределах популяции нужно рассматривать как постоянно идущий процесс перестройки, наилучшего приспособления к меняющимся условиям обитания. Это важнейшая видовая адаптация, способствующая повышению численности и расширению ареала.

Знание внутривидовой дифференциации позволяет обоснованно решать вопросы регулирования промысла ценных проходных рыб, разведения различных биологических групп с целью сохранения генетической и экологической структуры популяций, увеличения их численности и разнообразия.

2.4. РЕАКЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ НА НАРУШЕНИЕ УСЛОВИЙ ИХ МИГРАЦИИ И РАЗМНОЖЕНИЯ

2.4.1. Нарушение гаметогенеза и полового цикла в связи с изменением условий размножения

Когда нет всего комплекса условий, необходимых для нереста рыб, ооциты в теле самок дегенерируют. Массовые масштабы это явление получило в связи с гидростроительством. Производители проходных рыб скапливаются перед плотинами, где нет условий для нереста.

Под дегенерацией понимают все, что происходит с ооцитами – гибель, затем резорбция (рассасывание). Сначала погибает ядро, исчезает как морфологическая структура. Затем желточные зерна сливаются, образуется однородная масса. В несколько раз увеличивается высота фолликулярных клеток, и они начинают фагоцитировать, т.е. приобретают прямо противоположную функцию – резорбируют икру и переправляют питательные вещества в кровь. Раньше этот процесс рассматривали как патологический. Теперь – как адаптивный. Физиологические функции яичника восстанавливаются, но теряется сезон размножения. Может быть потерян и второй сезон (особенно в северных районах, где процесс восстановления длится долго).

Яйцеклетки могут дегенерировать не только на IV стадии зрелости, но и на ранних стадиях своего развития. Например, это происходит при преждевременном созревании, когда начинается трофоплазматический рост, а запасов питательных веществ в организме рыбы оказывается недостаточно. Происходит также регуляция плодовитости в сторону уменьшения созревающих клеток и в период протоплазматического роста.

2.4.2. Реакция популяций рыб на нарушение условий их миграции и размножения

Изменения условий миграции, зимовки и размножения, происходящие в результате гидростроительства, нарушают выработавшуюся в течение длительного времени принадлежность популяций рыб к условиям данной

части ареала. Поэтому в настоящее время на тех реках, где наблюдаются резкие изменения гидрографии и гидрологического режима, происходят преобразования в адаптивных структурах популяций, т.е. реакция популяции в ответ на другие условия. Знание хода этого процесса позволяет решать вопросы о путях становления структуры популяции в измененных условиях и корректировать комплекс мероприятий по воспроизводству рыб.

Процесс реакции популяции может быть разделен на два этапа:

1) нарушение миграционного поведения и размножения, резорбция половых клеток старшей генерации, т.е. происходят изменения, приводящие к отбору производителей;

2) адаптивная реакция популяции в целом на изменившиеся условия; при этом происходит передислокация нерестилищ, мест зимовки, изменяется соотношение различных групп (озимые и яровые) в пределах популяции и т.д.

Особенно сильно при зарегулировании рек страдает озимый осетр, проводящий в реке от 6 до 12 месяцев, т.е. значительно больший срок, чем яровые формы.

Изменения в реках, связанные с гидростроительством, влияют на миграционное поведение рыб при продвижении их к устьям нерестовых рек. Задержка половодья, а значит, мутной воды, на которую реагируют яровые формы, приводит к их пребыванию длительное время в предустьевых пространствах, исключает их своевременный приход на затопляемые половодьем нерестилища. Задержка яровых форм при наступлении нерестовых температур в предустьевых пространствах, где размножение невозможно, приводит к резорбции половых клеток старшей генерации.

Таким образом, необходимость захода яровых форм в реки в период весеннего половодья имеет глубокое адаптивное значение.

Озимые формы, идя в реку задолго до нереста, обычно мигрируют в условиях спада половодья и в межень. Внешние стимулы их миграции другие. Для них сигнальными раздражителями являются фотопериодизм и температура воды. Совпадение хода озимых форм с половодьем не имеет столь глубокого биологического значения, как у яровых форм, так как их нерест озимых форм происходит лишь на следующий год.

В настоящее время для основной части нерестовой популяции осетра, например, не существует верхних, средних и нижних нерестовых участков, так как производители более чем на 90 % задерживаются плотиной Волгоградской ГЭС (рыбоподъемник плотины пропускает менее 10 % нерестовой популяции).

Длительное пребывание производителей в предплотинной зоне наносит ущерб воспроизводству этой части популяции, так как приводит к значительным нарушениям у многих рыб функции половых желез.

Резорбция половых клеток старшей генерации у озимых форм наблюдается уже в августе, а весной производители, зимовавшие под плотиной, в значительной степени теряют качество как производители. Наиболее резко эти нарушения выражены у озимого осетра летнего хода, который проводит в приплотинной зоне большой период времени в сравнении с озимым осетром осеннего хода.

Чрезвычайно глубокие и резкие нарушения хода полового цикла, проявляющиеся в резорбции, сопровождаются значительными изменениями в функциях всей системы органов, участвующей в осуществлении миграции и размножения. В частности, становится не такой функция аденогипофиза и других компонентов воспроизводительной системы, что, в свою очередь, приводит к изменению поведения рыб.

Часть производителей с резорбирующимися половыми клетками задерживается в реке в течение длительного времени. Эти рыбы обычно питаются в реке и в таком же состоянии встречаются в дельте реки и в море. То есть рыбы с резорбирующимися половыми клетками дезориентированы срывом размножения и их поведение значительно отличается от обычного, что в конечном итоге приводит к изменениям в ходе жизненного цикла: снижению плодовитости, качества потомства.

Кроме того, в связи с тем, что в настоящее время протяженность миграционных путей для большинства осетровых одинакова, происходит сглаживание в структуре нерестовой популяции, представленной озимым осетром.

Популяция севрюги р. Волги, представленная исключительно яровой формой, в условиях зарегулирования стока оказывается в более благоприятном положении в сравнении с популяцией осетра. Это связано с ограниченным сроком ее пребывания в реке (у нее короткая анадромная миграция) и тем, что протяженность миграционных путей севрюги изменена менее значительно, чем у других проходных осетровых.

В дальнейшем будут происходить изменения внутривидовой дифференциации и численности рыб в связи с деятельностью человека. Учитывая нарушение хода естественного воспроизводства, нельзя рассчитывать на высокую адаптационную пластичность рыб. Поэтому ходом процесса реакции популяций рыб на меняющиеся условия миграции и размножения нужно управлять. Для направленного формирования популяций рыб необходимо расширять искусственное воспроизводство рыб, используя при этом производителей всех форм.

2.5. ТЕОРИЯ КРИТИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ

Вопрос о критических стадиях развития (или чувствительных периодах) был поставлен рыбоводной практикой. Рыбоводы давно заметили, что в эмбриональный период существуют стадии высокой и низкой чувствительности, т.е. стадии, на которых наблюдается повышенный и пониженный процент гибели. Это связано с различными требованиями эмбрионов к факторам окружающей среды на разных стадиях.

В 40-х гг. XX в. Ленинградскими учеными (Трифорова, Никифоров и Привольнев) было разработано учение о критических периодах развития и установлено, что периоды повышенной чувствительности к воздействию неблагоприятных факторов среды сменяются периодами пониженной чувствительности или устойчивостью к этим факторам.

Периоды повышенной чувствительности совпадают с периодами дифференцировки, т.е. качественными изменениями, а периоды пониженной чувствительности с периодами роста – количественными изменениями.

В критические периоды при инкубации икры необходимо предохранять ее от механических воздействий и обеспечивать оптимальные условия, прежде всего, в отношении температурного и газового режимов.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте экологические группы рыб по С.Г. Крыжановскому.
2. Какие адаптации выработались у каждой экологической группы рыб в эмбриональном периоде к условиям дыхания и защите от врагов?
3. Классифицируйте рыб по отношению к нерестовому субстрату.
4. Охарактеризуйте теорию этапности развития рыб и расскажите о ее значении для рыбоводства.
5. Какое влияние оказывает температура на процесс созревания половых продуктов у рыб?
6. Какие критические стадии выделяются в развитии осетровых рыб?
7. Какие нарушения отмечаются в половом цикле при изменении условий внешней среды?
8. Что понимается под стадией, этапом развития рыб по В.В. Васнецову?
9. Опишите реакцию популяций рыб в ответ на нарушение их миграции и размножения.
10. Охарактеризуйте понятие внутривидовой биологической дифференциации у рыб.
11. Что понимается под термином «биологическая группа»?
12. В чем основные отличия у «яровых» и «озимых» форм осетровых рыб?

ГЛАВА 3

ЕСТЕСТВЕННАЯ РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕЕ ФАКТОРЫ

Основы биологической продуктивности водоемов разрабатываются уже более ста лет как в рамках гидробиологической науки, так и с позиций биологических основ выращивания рыб в водоемах.

Одной из важнейших основ рыбоводства является кормовая база водоемов, ведь необходимые для нормального роста и развития питательные вещества – белки, жиры, углеводы, минеральные соли, витамины – рыбы получают из естественной пищи и дополнительно вносимых кормов.

Естественная пища делится на:

растительную :

- фитопланктон (белый толстолобик);
- макрофиты (белый амур);

животную :

- зоопланктон (пелядь, пестрый толстолобик, веслонос);
- зообентос (каarp, карась, осетры).

Общей рыбопродуктивностью называют суммарный прирост рыбы с единицы площади пруда при установленной индивидуальной массе, получаемой за один вегетационный период за счет использования естественной пищи и дополнительно задаваемых кормов.

Естественной рыбопродуктивностью называют прирост рыбы с единицы площади пруда при установленной индивидуальной массе, получаемой за один вегетационный период за счет естественной кормовой базы. Рыбопродуктивность прудов и естественных водоемов выражается обычно в кг/га или ц/га.

Для рыбы под биологической продукцией обычно понимают прирост массы, а под продуктивностью – прирост за единицу времени (г/шт. в сутки, кг/шт. за год и др.).

3.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОЙ РЫБОПРОДУКЦИИ

Проблема динамики численности и биомассы популяций является одной из наиболее актуальных проблем биологии, имеющих большое практическое и теоретическое значение. На каждом крупном озере или водохранилище нашей страны проводятся исследования по определению рыбных запасов для обоснования прогноза вылова рыбы.

На этих исследованиях базируются рекомендации по рациональному использованию рыбных ресурсов и направленному формированию гидробиоценозов: вселению рыб, объектов кормовой базы и ценных видов гидробионтов.

Динамике численности популяций рыб посвящена огромная масса работ, в которых можно найти обзор почти всех высказываний и положений в этой области. Однако основная масса методов определения численности и биомассы рыб дает относительные показатели. Поэтому, как указывает Ройс (1975) и большинство других исследователей, «одной из основных проблем динамики численности популяций является превращение относительных измерений в абсолютную численность и биомассу» [17].

Существует много методов и способов определения численности рыб, ихтиомассы и промысловой продукции, которые можно разбить на две основные группы:

а) косвенные методы определения:

1) учет объема (для пелагических икринок) или площади нерестилищ, плотности их засева икрой, плодовитости самок и соотношения самок и самцов в нерестовой части популяций;

2) уловы на единицу площади отцеживающими орудиями лова (неводы, тралы и т.д.) или набором жаберных сетей, выставленных обычно по замкнутому кругу;

3) мечение рыб и повторный их вылов;

4) метод учета численности движущихся рыб;

5) визуальные методы – аэровизуальный, телевидение, фотографирование, использование аквалангистов;

6) гидроакустический;

7) комплексный метод – облов, гидролокация, телевидение, фотографирование;

8) гидробиологический;

9) оценка абсолютной численности популяций рыб по интенсивности выедания кормов;

10) по уловам и соотношению возрастных групп в них;

11) математические методы моделирования и расчета численности и биомассы рыб на основе прямых и косвенных показателей;

12) экологический метод прогноза, основанный на коррелятивной связи метеорологических, гидрологических, гидрохимических и некоторых биологических показателей с численностью рыб и рыбопродукцией;

б) прямые методы определения:

- 1) спуск (откачка) озер и полный учет рыбы;
- 2) использование взрывчатых веществ с последующим учетом рыбы;
- 3) метод продольных тоней;
- 4) использование ихтиоцидов.

С использованием ихтиоцидов и тотального метода облова озер в рыбном хозяйстве открылись реальная возможность определения фактической величины ихтиомассы и сравнение этих материалов с основными гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими факторами, что позволило до некоторой степени выяснить влияние этих факторов на видовой состав, численность, ихтиомассу и величину рыбопродукции разнотипных водоемов.

Сведения о 482 озерах, обработанных ихтиоцидами, в которых производился более или менее полный учет всей погибшей рыбы, позволили определить ихтиомассу методом тотального облова, при котором вылавливается до 80–90 %.

Раунсефелл и Эверхарт считали точность учета рыб при обработке водоема ихтиоцидами низкой – до 60 %, высказывались и противоположные мнения: так, Е.В. Бурмакин считал возможным изъятие 98 % погибших рыб. Для уточнения этих данных был проведен эксперимент с мечеными рыбами. Оказалось, что точность учета рыб при обработке озера ихтиоцидами составляет 80–90 %. При этом около 10 % рыбы потребляется птицами и животными, а 10 % теряются, видимо, в зарослях и иле.

По данным с использованием ихтиоцидов, средняя ихтиомасса озер зоны смешанных лесов территории России составляет 109 кг/га, по данным тотального облова – 89 кг/га. Если к 89 кг/га прибавить 15 %, которые остаются в озерах после тотального облова, то средняя ихтиомасса составит 102 кг/га.

3.2. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЫБОПРОДУКЦИИ

Основоположниками экологического направления рыбопродукционных возможностей водоемов являются К.Ф. Бэр и Н.Я. Данилевский.

«Рыбы может водиться только такое количество, какое может находить себе пропитание».

Основываясь на положении К.Ф. Бэра, шведский исследователь Альм (1922, 1924) предложил:

F/B -коэффициент – отношение вылова рыбы (F) в озере к биомассе бентоса (B). Это отношение для шведских озер изменялось по Альму 1:0,8–1:32;

– если величина F/B -коэффициента \leq (близка к единице или меньше нее), то можно судить о высокой интенсивности промысла, а часть рыбной продукции создается за счет планктона;

– когда величина F/B -коэффициента 1:1–1:3, то можно судить о высокой интенсивности;

– если F/B -коэффициент 1:20–1:30 – о малой интенсивности вылова рыбы.

Позднее Лундбек вместо биомассы бентоса ввел величину его продукции и нашел, что отношение вылова рыбы к продукции бентоса составляет:

$F/B \approx 1:20–1:30$ в эвтрофных озерах;

$F/B \approx 1:100–1:200$ – в олиготрофных озерах.

Недостатками метода Альма является использование в оценке биомассы бентоса, а не его продукции и недоучет рыбопродукции за счет питания рыбы планктоном.

В статье по Валдайским озерам Б.С. Грезе (1933) [4] предложил F/P -коэффициент, где F – вылов рыбы, кг/га, а P – биомасса планктона (кг/га).

И, наконец, группа исследователей предложила сопоставление общей промысловой рыбопродукции с величиной суммарной биомассы бентоса и зоопланктона:

$$\frac{\text{рыбы}}{\text{корм}} = \frac{\text{бентофаги} + \text{планктофаги, кг/га}}{\text{бентос} + \text{планктон, кг/га}}.$$

Несмотря на общие недостатки, F/B -коэффициент Альма почти в неизменном виде до сих пор используется для оценки рыбопродукционных возможностей озер и водохранилищ, хотя и с небольшими изменениями, когда вместо биомассы бентоса берется показатель:

$$\frac{\text{биомасса бентоса, кг/га}}{\text{средняя глубина, м}}$$

и сопоставляется с выловом рыбы или ихтиомассой.

Домрачев (1927) сделал попытку оценить возможную рыбопродукцию оз. Ильмень. Он определил вес (8999 т) продуктивного бентоса (без крупных моллюсков) в озере и вес (8887 т) зоопланктона, их суммарную величину увеличил за счет прибрежной фауны и других производительных моментов. Кормовая база составила 38400 т.

F/B -коэффициент для оз. Ильмень был взят 1:12. Таким образом, возможный вылов рыбы должен быть 3200 т. Эта цифра вылова рыбы из оз. Ильмень является типичной.

Грезе (1941) для оценки возможной промысловой рыбопродукции озер Ленинградской области принял F/B -коэффициент Альма равным 1:2. Тогда:

– в эвтрофных озерах – $B_{\text{бентоса}} = 90$ кг/га; $F/B = 1:2$; тогда $F = 45$ кг/га; за счет планктофагов рыбопродуктивность он увеличивал на 10 % от общей рыбопродукции; $45/90 \cdot 100 = 50$ кг/га; 5 кг/га – продукция зоопланктофагов.

– в мезотрофных $B_{\text{бентоса}} = 40$ кг/га; $F/B = 1:2$; тогда $F = 20$ кг/га; за счет планктофагов рыбопродуктивность он увеличивал 10 кг/га (33 %) от общей рыбопродукции. Общая рыбопродукция = 30 кг/га;

– в дистрофированных и дистрофных озерах за счет планктофагов он не обнаружил увеличения промысловой рыбопродукции (биомасса бентоса 24 кг/га : 2 – рыбопродукция 12 кг/га рыб-бентофагов).

Первую попытку рассчитать возможную, а не промысловую рыбопродукцию озера предпринял Пирожников в 1932 г. К определению возможной рыбопродукции из оз. Дашкино он подошел несколько иначе. Прежде всего, Пирожников определил биомассы бентоса и зоопланктона (129, 55 т). Сделал подсчет годовой продукции кормовой базы (647,7 т), которая идет на пищу рыбе, и, зная кормовые коэффициенты планктона и бентоса ($K_k - 6$), определил возможную величину рыбопродукции водоема (108 т).

Для того, чтобы определить промысловую рыбопродукцию, Пирожников ввел удельный вес возрастных групп, намеченных в контингенте вылова, который составил 75 % от возможной рыбопродукции. Возможный вылов рыбы из оз. Дашкино производился по формуле:

$$F = \frac{B \cdot n}{K \cdot N},$$

где F – искомый контингент вылова, т; B – годовая продукция кормовых ресурсов, т; K – средний кормовой коэффициент; n – удельный вес возрастных групп, намеченных в контингенте вылова, %; N – совокупности всех возрастных групп, принятых за 100 %.

Таким образом, промысловая рыбопродукция оз. Дашкино по вышеприведенной формуле составила 81 т, или 56,2 кг/га.

Абросов (1976) для определения желательной продукции хищников-ихтиофагов предложил простую формулу:

$$x = (P - P_1) : 3,$$

где x – желательная продукция хищников-ихтиофагов, кг/га; P – расчетная продукция «мирных» рыб, кг/га; P_1 – желательная промысловая продукция «мирных» рыб, кг/га; 3 – кормовой коэффициент для ихтиофагов.

Очень похожие и простые формулы расчета продукции растительных рыб, планктофагов и бентофагов приведены в работах Бессонова, Привезенцева (1987), Салазкина и Огородниковой (1984):

$$\begin{aligned} P_{\text{раст. рыб}} &= 0,006 P_1; \\ P_{\text{планктофагов}} &= 0,10 P_{\text{зоопл}}; \\ P_{\text{бентофагов}} &= 0,2 P_{\text{бент}}, \end{aligned}$$

где P – продукция рыб, кг/га; P_1 , $P_{\text{зоопл}}$, $P_{\text{бент}}$ – продукция водной растительности, зоопланктона и бентоса, кг/га.

В расчетах принимаются :

- средневегетационные биомассы зоопланктона и зообентоса;
- P/B -коэффициент для зоопланктона – 8; для бентоса – 3;
- коэффициент использования рыбой продукции – 50 %;
- кормовой коэффициент зоопланктона $K_k = 10$;
- кормовой коэффициент зообентоса $K_k = 5$.

Расчет рыбной продукции по кормовой базе (по И.И. Лапицкому, 1970) [12]

В расчете принимаются:

- средневегетационные биомассы разных групп зоопланктона и зообентоса;
- рассчитанная продукция кормовых групп организмов по P/B -коэффициентам;
- P/B -коэффициент для зоопланктона – 8; для бентоса – 3;

- кормовой коэффициент зоопланктона $K_k = 6$;
- кормовой коэффициент зообентоса $K_k = 8$, а по группам: моллюсков – 4; олигохет – 6; личинок хирономид – 5; высших ракообразных – 8; прочие – 4.

Получаемая продукция групп суммируется; переводится из г/м^2 в кг/га ($1 \text{ г/м}^2 = 10 \text{ кг/га}$).

- коэффициент использования рыбой продукции зоопланктона – 60 %;
- коэффициент использования рыбой продукции зообентоса – 50 %, а по группам: моллюсков – 40 %; олигохет – 33 %; личинок хирономид – 56 %; высших ракообразных – 35 %.

Таблица 3.1

Учет влияния хищников-ихтиофагов
(по Китаеву, 1984) [10]

	Хищники-ихтиофаги, %									
	0	5	10	20	30	40	50	70	90	100
Снижение, %	0	17	29	44	55	61	67	74	78	80
$K_{\text{снижения}}$	1,0	0,83	0,71	0,56	0,45	0,39	0,33	0,26	0,22	0,20

В расчете определяют долю хищников в ихтиомассе (табл. 3.1), например 20 %: суммарную рыбопродукцию, например 32 кг/га, умножают на коэффициент снижения общего вылова рыбы, т.е. на 0,56:

$$32 \cdot 0,56 = 17,9 \text{ кг/га.}$$

Учет потерь ихтиомассы от естественной смертности
(по Тюрину П.В., 1963) [8]

В расчете принимают:

- для мирных рыб со средней продолжительностью жизни коэффициент естественной смертности ≈ 22 %;
- для хищников ≈ 25 %.

Контрольные вопросы

1. Какое значение для рыбоводства имеют особенности естественной кормовой базы водоемов?
2. Назовите рыб-фитофагов.
3. Назовите рыб-зоопланктофагов.
4. Назовите рыб-бентофагов.
5. Дайте определение общей и естественной рыбопродуктивности.
6. Какие группы методов определения рыбопродуктивности Вы знаете?
7. Перечислите косвенные методы определения рыбопродуктивности озер.
8. Перечислите прямые методы определения рыбопродуктивности прудов и озер.
9. Опишите гидробиологический метод определения рыбопродуктивности водоемов.

ГЛАВА 4

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РЫБОВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Производственные процессы в рыбоводном хозяйстве являются прямым отражением учета биологических особенностей выращиваемых в них рыб. Так, используемая плотность посадки рыб будет определять как их конечную массу при отсутствии кормления, так и возможную смертность (норма отхода за период выращивания). Обоснованность таких производственных процессов, как раздельное выращивание разновозрастных рыб одного вида, кормление пищей разного биохимического и размерного состава и другие технологические особенности определяются биологическими свойствами рыб. Необходимость введения кормления также связана с плотностью посадки и задачей получения заданной конечной массы выращиваемых объектов. Использование поликультуры и смешанной посадки рыб зависит от продукционных особенностей водоема и его термического режима. Поэтому знание основ производственных процессов в рыбоводном хозяйстве помогает правильно организовать данный процесс, рационально использовать ростовые потенциалы выращиваемых объектов, а так же наиболее эффективно применять с позиций затрат труда.

4.1. СИСТЕМЫ ПРУДОВОГО ХОЗЯЙСТВА

В зависимости от рыбоводно-технических и организационно-экономических особенностей, а также от производственных задач различают следующие основные системы ведения прудовых рыбоводных хозяйств.

1. Полносистемные прудовые хозяйства.
2. Неполносистемные прудовые хозяйства – рыбопитомники.
3. Неполносистемные нагульные прудовые хозяйства.

Задача полносистемного прудового хозяйства – разведение и выращивание карпа и других прудовых рыб от икринки до товарного (столового) веса, а в случае необходимости и до половозрелого возраста. Для карпа и его гибридов минимальный стандартный вес товарной рыбы 2-летнего возраста установлен 450 г. Наряду с товарной рыбой здесь выращивают маточное стадо рыб, состоящее из производителей (самок и самцов) в массе от 5–6 до 8–10-летнего возраста и молодого пополнения племенных рыб в возрасте до 5 лет. Производителей из маточного стада

весной высаживают в нерестовые пруды, где происходит икрометание (нерест) рыб. В полносистемном прудовом хозяйстве выращивают собственный рыбопосадочный материал (сеголетков карпа), который после зимовки используется для зарыбления нагульных прудов. Разводят и выращивают рыбу в полносистемном прудовом хозяйстве в специальных прудах. Для выращивания ремонтного молодняка и содержания стада производителей служат маточные пруды. Заболевшую, а также вновь завезенную в хозяйство рыбу отсаживают в карантинные пруды. Живую рыбу после вылова из нагульных прудов помещают для временного хранения в живорыбные садки. При излишке рыбопосадочного материала полносистемные рыбоводные хозяйства продают его другим рыбхозам или колхозам и совхозам, имеющим нагульные прудовые площади.

В полносистемном прудовом хозяйстве рыбоводные пруды обычно располагают в определенном порядке. Ниже головного пруда, непосредственно за плотиной, устраивают зимовальные пруды, которые в зимнее время снабжаются водой из головного пруда. За зимовалами, поблизости от них, строят нерестовые пруды, а затем выростные. Нагульные пруды могут быть расположены в разных местах, в зависимости от местонахождения площадок, удобных для их устройства. Иногда нагульные пруды (все или часть их) располагаются на значительном расстоянии от питомной части хозяйства. Карантинные пруды устраивают в нижней части прудового хозяйства, чтобы сбрасываемая из них вода не попадала в основные рыбоводные пруды. Наибольшая водная площадь (до 90–95 %) в полносистемных прудовых хозяйствах занята нагульными прудами.

Неполносистемное прудовое хозяйство, или рыбопитомник, призвано выращивать рыбопосадочный материал, т.е. сеголетков и годовиков карпа, гибрида карпа или сазана, для зарыбления, нагульных прудов других рыбхозов и колхозов. В рыбопитомнике основными производственными процессами являются организация и проведение нереста производителей, а затем выращивание сеголетков рыб. Осенью сеголетков вылавливают из выростных прудов и пересаживают на зимовку в специальные зимовальные пруды. Весной перезимовавших сеголетков, которых называют годовиками, вылавливают из зимовальных прудов и продают другим рыбхозам, колхозам и совхозам для посадки в нагульные пруды.

В рыбопитомнике создаются пруды следующих категорий: нерестовые, выростные, зимовальные, маточные, карантинные. Нагульные пруды в рыбопитомниках, как правило, отсутствуют, а если

и существуют, то площадь их невелика. Основная часть водной площади (до 85–90 %) занята выростными прудами. Расположение прудов рыбопитомника должно подчиняться определенному порядку. Непосредственно за головным прудом расположены зимовальные пруды, рядом с ними – нерестовые, маточные и далее выростные. Общая площадь прудов в рыбопитомнике обычно значительно меньше, чем в полно-системном прудовом хозяйстве.

В нагульном прудовом хозяйстве годовиков карпа выращивают и нагуливают до товарного веса. Рыбопосадочный материал (годовиков) для этой цели такие хозяйства получают из ближайших рыбопитомников или полносистемных рыбхозов. При однолетнем обороте в нагульные пруды сажают не годовиков, а мальков карпа для выращивания из них к концу лета товарных сеголетков весом по 300–350 г.

Рыбопитомники и нагульные прудовые хозяйства выполняют вместе единый взаимосвязанный производственный процесс, конечная цель которого – получение товарной (столовой) рыбы. В организационном же отношении эти хозяйства могут быть совершенно самостоятельными, находиться в различном административном подчинении и располагаться в отдаленных друг от друга районах.

4.2. ПОНЯТИЕ ОБ ОБОРОТАХ В ПРУДОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Выращивание рыбы до товарного веса ограничивается в прудовых хозяйствах определенными сроками (рис. 4.1). Продолжительность (число лет) выращивания из оплодотворенной икринки стандартной по весу товарной рыбы называется оборотом прудового хозяйства. Если товарную рыбу выращивают в течение одного лета, то оборот хозяйства называется однолетним. При выращивании товарной рыбы за 2 или 3 лета обороты хозяйства называются соответственно двухлетним или трехлетним.

Прудовое хозяйство с однолетним оборотом выращивает из оплодотворенной икринки в течение одного лета, т. е. за 5–6 месяцев (считая с мая по октябрь), товарного карпа или его гибрида, а иногда сазана штучным весом 300–350 г. Рыб этого возраста (5–6 месяцев) называют сеголетками, а если они пригодны для реализации в качестве пищевого продукта – товарными сеголетками. Как уже упоминалось, выращивание товарных сеголетков может практиковаться в южных районах европейской части России, где почвенные и климатические условия способствуют быстрому росту рыбы. Это – перспективное, но еще недостаточно налаженное дело.

На выращивание товарной рыбы (карпа, гибрида карпа, сазана) при двухлетнем обороте затрачивается 16–17 месяцев, т. е. один полный год и еще одно лето, считая, что «биологический год» для жизни рыбы начинается с мая, или со времени размножения и выхода ее личинок из икры. К концу выращивания карп-двухлеток должен достичь стандартного товарного (столового) веса 450 г и больше. Процесс выращивания рыбы при двухлетнем обороте можно разделить на несколько этапов (рис. 4.1). В первое лето мальков, полученных в результате нереста производителей, выращивают в выростных прудах. К осени мальки карпа (их в это время называют сеголетками) должны достигнуть стандартного веса 25–30 г. Сеголетков вылавливают и пересаживают в зимовальные пруды, где их выдерживают в течение всего зимнего периода. Весной следующего года (обычно в апреле – мае) перезимовавших рыб, называемых уже годовиками, вылавливают из зимовальных прудов и пересаживают в нагульные. Здесь двухлетки, как их теперь называют, должны достичь к осени товарного (столового) веса.



Рис. 4.1. Схема процессов производства карпа при двухлетнем обороте

В некоторых зарубежных странах практикуются двухлетний и четырехлетний обороты для выращивания более крупной рыбы (весом по 1–1,5 кг и более). В нашей стране многолетние обороты находят применение лишь в отдельных, специально выделенных прудах, главным образом для выращивания производителей маточного стада карпа и других

прудовых рыб. Массовое выращивание товарной рыбы при трех или четырехлетнем оборотах усложняет производственные процессы и повышает себестоимость рыбы. Оно менее выгодно, чем выращивание рыбы при двухлетнем обороте. Именно поэтому в нашей стране повсеместно принят двухлетний оборот прудового рыбоводства.

4.3. ОТБОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КАРПА И ПРОВЕДЕНИЕ НЕРЕСТА

После таяния льда из зимовальных прудов спускают воду и вылавливают из них рыбу. Этот процесс в прудовом хозяйстве называется разгрузкой зимовалов. Выловленных производителей карпа и ремонтный молодняк подвергают тщательному рыбоводно-ветеринарному осмотру, их измеряют и взвешивают. Из маточного стада отбирают лучших особей в возрасте от 4–5 до 8–10 лет, отличающихся хорошим телосложением (экстерьером), высоко- или широкоспинных, с небольшой головой, здоровых, хорошо упитанных, без каких-либо признаков заболевания или травмирования. Производителей с прогонистой формой тела, большой головой, а также признаками заболевания или травмирования выбраковывают.

При сортировке отобранных производителей необходимо уметь различать самцов и самок по их внешнему виду. Перед нерестом производители-самцы характеризуются следующими признаками: довольно твердым, не выпуклым брюшком (оно меньше, чем у самок), узким, не припухшим и бледным половым отверстием, на каждом покрове головы и жаберных крышек у них часто появляется «брачный» наряд в виде мелких бугорков, отчего кожа становится шероховатой на ощупь.

У производителей-самок, в связи с развитием яичников, брюшко довольно большое, выпуклое и мягкое; половое отверстие припухшее, красноватое или даже красное, по размерам оно больше, чем у самцов.

У самцов половые продукты к этому времени часто бывают текучими; при легком надавливании на брюшко выделяются молоки (сперма) белого цвета. Если половые различия выражены не ясно и пол определить трудно, то производителей бракуют.

Визуальную оценку племенных рыб при бонитировке дополняют индивидуальными измерениями, по которым рассчитывают соответствующие индексы (табл. 4.1). Все самки первого класса подлежат индивидуальным измерениям. В остальных случаях берут среднюю пробу численностью не менее 30 особей. Измеряют массу тела (P), длину (L), наибольшую высоту (H), наибольшую толщину тела (B) и наибольший обхват (O).

Размерные показатели определяют на специальной мерной доске с помощью *бонитировочного угольника*. Обхват измеряют мерной лентой. По данным взвешивания и измерений рассчитывают показатели экстерьера рыб: коэффициент упитанности K_y , относительную высоту тела L/H , относительную ширину B/L (%), относительный обхват тела карпа O/L (%).

Экстерьер рыб зависит от породных особенностей, возраста и условий нагула.

Для оценки племенных рыб важны не столько абсолютные значения показателей экстерьера, сколько их значения по сравнению с предшествующим годом. Например, снижение коэффициента упитанности может привести к ухудшению результатов предстоящей нерестовой кампании. Увеличение коэффициента изменчивости признаков также свидетельствует об ухудшении состояния племенного стада (табл. 4.1).

Очень важный показатель воспроизводительной способности – плодовитость. Различают *абсолютную* и *относительную плодовитость*.

Таблица 4.1

Показатели экстерьера у производителей карпа и амурского сазана

Породная принадлежность	K_1	L/H	B/L , %	O/L , %
Украинские карпы	3,1–3,6	2,2–2,7	–	–
	3,0–3,5	2,3–2,8	–	–
Парские карпы	3,0–3,1	2,8–3,0	22–23	85–90
	2,8–2,9	3,0–3,2	18–19	75–80
Ропшинские карпы	2,6–2,9	2,8–3,2	17–19	–
	2,5–2,7	3,0–3,4	16–18	–
Беспородные карпы	2,7–3,2	2,6–3,1	18–20	80–90
	2,6–3,0	2,7–3,2	17–19	75–85
Амурские карпы	2,3–2,5	3,5–3,7	15–17	75–80
	2,2–2,4	3,6–3,8	15–16	70–75

Общее число икринок в яичнике самки – это ее абсолютная плодовитость. Число икринок, приходящееся на 1 кг массы тела самки, – ее относительная плодовитость. На практике используют показатель *рабочей плодовитости* (абсолютной и относительной), который выражает общее количество качественной икры, полученной от самки в нерестовый период. Во время нереста самка карпа выметывает около 85 % от всей икры; примерно столько же получают икры при гипофизарном инъекции.

После отбора и разделения производителей на самцов и самок их временно рассаживают в разные пруды, где содержат до наступления устойчивой теплой погоды. Для этого используют земляные садки,

резервные пруды и др. Раздельное содержание самцов и самок рыб необходимо для того, чтобы не допустить преждевременного («дикого») нереста, который при совместном содержании производителей может произойти стихийно при наступлении благоприятных температурных условий.

Производителей рыб (карпа и других видов) перед посадкой в нерестовые пруды выдерживают в течение 5 минут в антипаразитарных ваннах, наполненных 5-%-ным раствором поваренной соли. Проведение производителей через солевые ванны освобождает рыбу от наружных (жаберных и кожных) паразитов и исключает возможность переноса паразитов на мальков, выращиваемых на первых стадиях своего развития в нерестовых прудах. После солевых ванн производителей в течение 2–3 часов выдерживают в садках-ящиках с проточной водой и затем высаживают в нерестовые пруды.

В прудовых хозяйствах производителей на нерест обычно сажают гнездами. Гнездо состоит из одной самки и двух самцов. Кроме гнездового, в прудовом рыбоводстве возможен и парный нерест (одна самка и один самец); практикуется он главным образом в селекционно-племенных целях. Иногда проводят групповой нерест, когда в один пруд сажают несколько гнезд или пар производителей.

Нерест может проводиться фронтально и в растянутые сроки. При *фронтальном* в один день наполняют водой все нерестовые пруды, в которые и сажают производителей. При *растянутом* нересте наполняют водой примерно третью часть нерестовых прудов и в них высаживают производителей; спустя 2–3 дня заливают еще несколько прудов и сажают в них следующую партию производителей; наконец, еще через 2–3 дня заполняют водой остальные нерестовики, в которые пускают оставшихся производителей. Фронтальный нерест применяют в небольших прудовых хозяйствах, а растянутый – в крупных рыбхозах с большим количеством нерестовых прудов, где единовременная посадка производителей и последующий вылов мальков сразу из всех прудов крайне затруднительны.

Массовый нерест рыб, когда в одном водоеме находится стадо производителей разного возраста с неизвестным половым составом, называется «диким». В практике прудовых хозяйств на такой нерест сажают в отдельные пруды только лишних производителей, которые не были использованы в нерестовой компании: мальков, полученных при таком нересте, обычно не используют. При определении необходимого количества производителей исходят из потребности хозяйства в мальках для выростных прудов и ожидаемого выхода мальков от одной самки.

Сроки нереста производителей карпа, его гибрида с сазаном и сазана зависят от условий погоды. Производителей сажают на нерест лишь после устойчивого прогревания воды до 17 °С и выше. В южных и центральных зонах европейской части России нерест обычно происходит в мае, а в северной зоне – в июне.

Нерестовик площадью 0,1 га обычно рассчитан на одно гнездо производителей. Если площадь нерестовика больше, то в него иногда сажают 2 гнезда. Посадка нескольких гнезд в один пруд допускается лишь в порядке исключения, при отсутствии в хозяйстве достаточного количества нерестовых прудов.

Производителей в пруды пускают осторожно. Нельзя бросать, мять и вообще травмировать рыбу. Нерест обычно начинается на вечерней заре в день посадки производителей или на утренней заре следующего дня. Во время нереста вблизи пруда нельзя шуметь, допускать движение транспорта и проводить работы, нарушающие тишину. Прохождению нереста способствует тихая ясная погода и безветрие. При нересте производители быстро плавают, со всплесками появляются у поверхности воды. В это время самка выметывает икру, которая оплодотворяется молоками самцов. Оплодотворенная икра сразу становится клейкой и прилипает к свежей мягкой растительности, после чего начинается развитие зародышей.

При благоприятных условиях нерест протекает дружно и заканчивается через 5–8 часов. Обычно до стадии личинок развивается лишь около 30 %, а до стадии мальков – около 10 % выметанной икры. Чаще всего, от одной самки карпа или сазана выживает и может быть выловлено из нерестового пруда 70–100 тыс. мальков. При дальнейшем выращивании мальков отход их может составить еще 20–30 %. Следовательно, от одного гнезда производителей осенью получают 50–80 тыс. сеголетков. Отдельные прудовые хозяйства, применяя удобрение прудов и кормление рыбы, получают от одной самки до 300 тыс. мальков и более 120 тыс. сеголетков.

Нерест может затянуться или вовсе не произойти в случаях плохой подготовки прудов, отсутствия свежего нерестового субстрата, плохого качества воды, резкого похолодания, слишком ранней посадки производителей, плохого их качества и т.д. Тогда надо провести повторный нерест. В таком случае воду из нерестовиков спускают, пруды просушивают в течение 3–4 дней, затем снова заливают, после чего сажают туда запасных производителей.

По окончании нереста необходимо повысить уровень воды в нерестовиках на 15–20 см, чтобы предохранить выметанную рыбой икру от обсыхания при возможном поднятии помятых перед заливом пруда стеблей растений с оплодотворенной икрой.

В первые же сутки после нереста производителей рыб вылавливают из нерестовых прудов. В противном случае отнерестившиеся производители могут истребить собственных мальков. Производителей вылавливают специальными ловушками-вершами, мережами. Иногда для их вылова пруд ночью на короткое время (не более чем на 4–5 часов) спускают или снижают уровень воды в нем (в ночное время обычно бывает прохладно, и отложенная на растениях икра не будет обсыхать и гибнуть).

Для проверки результатов нереста – определения процента оплодотворения икры и ее отхода – проводят обследование густоты размещения икры на растительности и берут пробу (вместе с ветками растений; в каждой пробе должно быть несколько сот икринок). Икринки просматривают под лупой или микроскопом; с развивающимися зародышами они светлые и прозрачные, а с погибшими – становятся мутными и беловатыми. Подсчитывают количество и определяют соотношение прозрачных (нормальных) и мутных, беловатых (погибших) икринок. Процент оплодотворения и отхода определяют в нескольких пробах, а затем находят средние величины.

При благоприятных метеорологических условиях, когда температура воды в перестовиках держится на уровне 18–20 °С, оплодотворенные икринки развиваются в течение 3–6 суток. Небольшое похолодание растягивает развитие до 10–12 дней. В случае резкого снижения температуры воды (ниже 10 °С) развитие икры обычно приостанавливается и зародыши начинают гибнуть. Чтобы предупредить их отход, при временном снижении температуры воды в нерестовых прудах необходимо несколько повысить ее уровень.

Личинки, только что выклюнувшиеся из икры, имеют длину около 5–6 мм; первые дни они питаются за счет желточного мешка. В это время личинки еще слабы, они подвешены на стебельках растений нерестового субстрата и не могут плавать.

Уже в возрасте 5–6 дней мальки карпа или сазана начинают активно плавать и подыскивать себе пищу: коловраток, инфузорий, низших ракообразных (рис. 4.2). Тогда же или на 1–2 дня позднее мальков пересаживают в выростные пруды. Оставлять их на более длительный срок в нерестовых прудах нецелесообразно, потому что в них развивается много врагов рыб, которые вызывают большой отход мальков.



Рис. 4.2. Личинки карпа

Кроме того, подросшим малькам в нерестовых прудах не хватает естественной пищи. Поэтому при задержке здесь мальков более чем на 5–7 дней их рекомендуется подкармливать. Лучше всего давать малькам живой корм – дафнии, которых специально выращивают в особых прудиках или ямах. Наряду с живой пищей для кормления мальков можно использовать специальные корма.

4.4. ТЕХНИКА ВЫЛОВА, СЧЕТА И ПЕРЕСАДКИ МАЛЬКОВ ИЗ НЕРЕСТОВЫХ ПРУДОВ В ВЫРОСТНЫЕ

Мальков карпа (сазана) можно вылавливать непосредственно из нерестового пруда или вне его, за плотиной в водосбросном канале. Проще всего вылавливать мальков по открытой воде с помощью марлевых сачков, а также небольших (длиной 1,5–2 м) марлевых волокуш или бредней. Однако такой способ не может обеспечить полного вылова мальков из нерестового пруда. Более эффективен их вылов при помощи специального ящика-уловителя, устанавливаемого в водосбросной канаве за плотиной у выходного конца водоспускной трубы (рис. 4.3).

Этот способ позволяет за один день выловить до 200 тыс. мальков, причем отход их оказывается незначительным и они не травмируются. После установки в канаве ящика-уловителя пруд постепенно спускают, регулируя ток воды щитками водоспуска. Вместе с водой через водоспускную трубу скатываются и мальки, которые задерживаются уловителем, откуда их легко выловить марлевыми сачками.

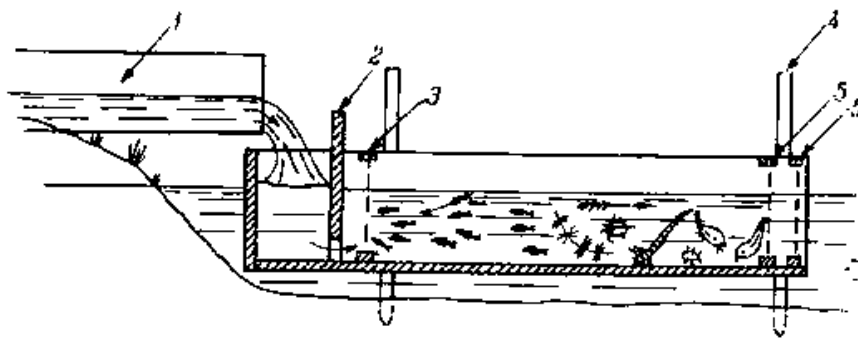


Рис. 4.3. Уловитель для мальков: 1 – водоснабжающий поток; 2, 3 – рама и паз для щитков; 4, 5 – рама и паз для решетки

Уловитель представляет собой деревянный ящик. Размеры и конструкцию его принимают в зависимости от величины водосбросной канавы, рельефа местности и других условий. Для обычных нерестовиков уловитель делают длиной до 2 м, шириной 1,5–2 м и высотой 0,5 м. Стенки его могут быть из железной или латунной сетки с мелкой ячейей (1–1,5 мм). Для лучшего соединения выходного конца водопускной трубы нерестового пруда с ящиком-уловителем используют брезентовый рукав, по которому вода и стекает в уловитель.

На свойстве рыбы двигаться против течения и сосредотачиваться в местах притока свежей воды основано устройство малькового уловителя конструкции рыбоведа Т.Т. Соловьева (рис. 4.4). Уловитель помещают в центральной канаве нерестового пруда. Из водоподающего канала пускают воду, которая, стекая по лотку, попадает в центральную канаву; здесь и наблюдается движение мальков против течения на свежую струю. Мальков, скопившихся в ящике, вылавливают марлевыми сачками.

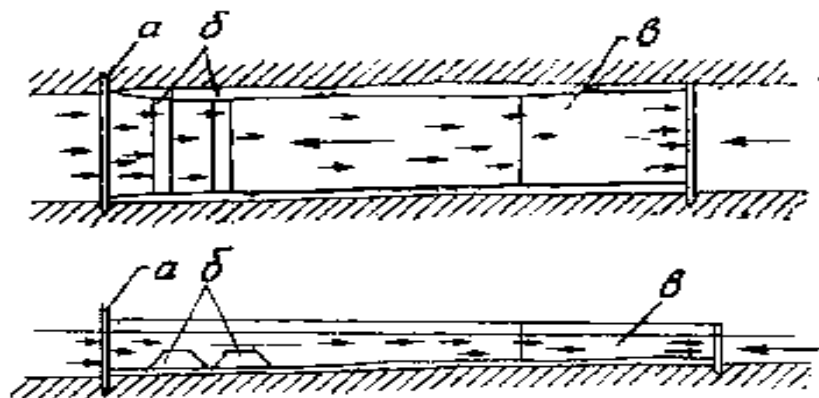


Рис. 4.4. Уловитель конструкции Т.Т. Соловьева для мальков в канаве нерестовика: а – входная решетка; б – струевые барьеры; в – отсек концентрации мальков (течение в канаве – справа налево, движение мальков – слева направо)

После вылова из нерестового пруда их помещают в емкости. В солнечные дни посуду с мальками затеняют для избежания сильного прогрева. Оставлять мальков в живорыбной посуде надолго нельзя. Их надо как можно быстрее доставить к выростным прудам, сосчитать и выпустить, причем посадку мальков надо рассредоточить по всей прибрежной зоне этих прудов. Считать мальков можно тремя способами: *глазомерным, поштучным и объемным.*

Глазомерный счет. При таком счете мальков зачерпывают каким-нибудь мерным сосудом, например небольшим тазиком, миской, марлевой ложкой и т.д., и просчитывают. Это делают несколько раз, стараясь, чтобы густота мальков в сосуде была более или менее постоянной. Определив среднее количество мальков в тазике, миске или марлевой ложке, переходят к их вылову; общее число тазиков, мисок или ложек с мальками при этом умножают на их среднее количество в данном мерном сосуде и таким образом определяют общее число пересаженных мальков.

Поштучный счет. Для точного определения (при опытной или селекционно-племенной работе) количества мальков их считают поштучно. Для этого обычно используют марлевую ложку (рис. 4.5). Взяв ложкой мальков, их пересчитывают и записывают результат. Таким способом отсчитывают то количество мальков, которое требуется для опытного выращивания или племенной работы.

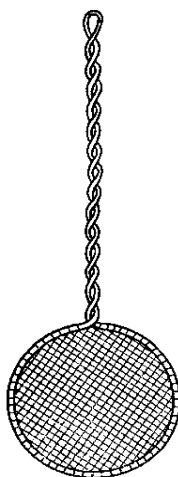


Рис. 4.5. Ложка для счета мальков

Объемный счет. Осуществляется он либо без воды (сухой способ), либо с водой. При сухом способе берут небольшой стаканчик высотой не более 2,5–3 см, который служит в качестве мерного сосуда. В прудовом рыбоводстве применяют специальный стаканчик Черфаса, представляющий

собой воронкообразный сосуд с ручкой высотой 2,5–3 см и диаметром поверху 40 мм (рис. 4.6). При вылове рыбы стаканчик наполняют мальками и просчитывают их количество. Среднее число мальков в одном стаканчике устанавливают на основании нескольких пробных подсчетов. Затем мерным стаканчиком пересаживают мальков в сосуд с водой и подсчитывают общее количество стаканчиков с ними. В одном стаканчике может поместиться их до 500 и более штук. Просчитывать мальков этим способом надо по возможности быстро, чтобы они не оставались без воды более 10–20 секунд. В противном случае они могут погибнуть.

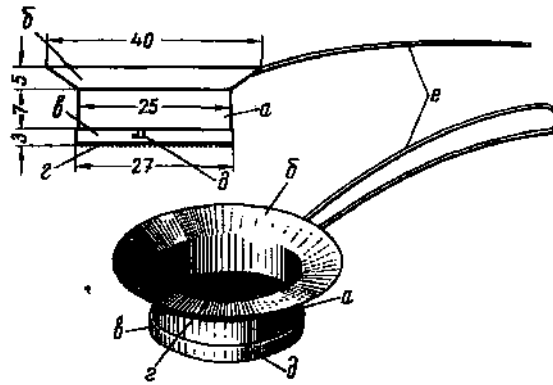


Рис. 4.6. Стаканчик Черфаса:

a – цилиндр стаканчика; *b* – раструб-воронка; *в* – кольцо, прижимающее газ;
z – дно из газа; *d* – замок кольца; *e* – проволочная ручка

Для объемного определения числа мальков в воде сконструировано несколько аппаратов (сосуд Соловьева и др.) (рис. 4.7).

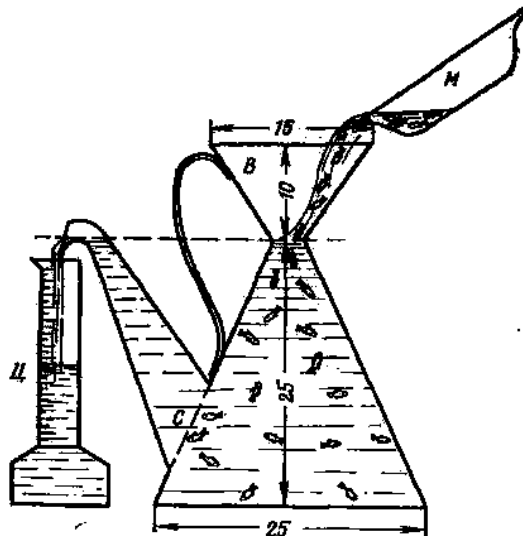


Рис. 4.7. Счетный мальковый сосуд Соловьева:

B – воронка сосуда; *C* – сетка внутри сливного носика; *Ц* – мерный цилиндр;
M – мисочка

Основываются они на вытеснении определенным количеством мальков единицы объема воды, например 1 см^3 . Определение ведут по градуированному сосуду (колба, мензурка), куда наливают воду, а затем помещают мальков; при этом замечают, какое количество мальков вытеснит до определенной отметки 1 см^3 воды. Затем помещают мальков, число которых надо определить, в сосуд, наполненный доверху водой; вытесняемая ими вода сливается через носик сосуда в градуированную мензурку. По объему вытесненной воды и числу мальков, вытесняющих 1 см^3 ее, определяют общее количество рыб, попавших в сосуд.

При большом количестве мальков, пересаживаемых из нерестовых прудов в выростные, объемный и поштучный способы счета требуют слишком много времени. Поэтому в практике прудового рыбоводства эти способы применяются сравнительно редко.

4.5. ПОНЯТИЕ О ГИПОФИЗАРНЫХ ИНЪЕКЦИЯХ. ИНКУБАЦИЯ ИКРЫ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Кроме естественного нереста в нерестовых прудах используют заводской метод искусственного воспроизводства, который позволяет получить значительно больше личинок рыб и в более ранние сроки. Заводской метод получения личинок карпа используется в хозяйствах страны с 1962 г. Биотехника искусственного воспроизведения карпа основана на получении зрелых половых продуктов при помощи *гипофизарной инъекции* (рис. 4.8, 4.9), обесклеивания оплодотворенной икры, ее инкубации и выдерживания личинок в искусственных условиях.



Рис. 4.8. Расположение мозга и гипофиза в черепах: *а* – карпа, карася, леща; *б* – вид снизу мозга и гипофиза

Метод гипофизарного инъекционирования разработан Н.Л. Гербильским. Гипофизарную инъекцию проводят в преднерестовый период, когда половые продукты рыб близки к последней стадии развития, т.е. к стадии текучести. Данный метод обычно дает хорошие результаты, особенно тогда, когда инъекцированных производителей выдерживают в воде при оптимальной для нереста температуре. В качестве стимулятора развития половых продуктов рыбе инъекцируют (впрыскивают) под кожу суспензию или взвесь гипофиза – придатка головного мозга, который выделяет в кровь особые активные вещества, называемые гормонами. Последние ускоряют рост и усиливают половые функции организма.

Для проведения инъекций производителям карпа или сазана гипофизы берут от рыб того же или близкого вида (из семейства карповых). Наиболее унифицированным является гипофиз леща (рис. 4.8). Заготовку гипофизов для инъекций рыбам проводят в зимнее время или весной до начала нереста. Отделенные от рыб гипофизы для этого помещают в банку с притертой пробкой и заливают химически чистым ацетоном. На один объем гипофизов берут от 10 до 20 объемов водного ацетона. Банку закрывают притертой пробкой, и гипофизы выдерживают в ацетоне в течение 12 часов. Затем ацетон сливают и банку еще на 6–8 часов наполняют новой порцией ацетона. После второй выдержки гипофизы высушивают. Хранят их в хорошо закрытых банках. Для впрыскивания рыбам гипофизы тщательно растирают в фарфоровой ступке. Порошок разводят в физиологическом растворе, для приготовления которого на 1 л дистиллированной воды берут 0,5 г химически чистого хлористого натрия (NaCl). Готовый препарат гипофизов в виде суспензии (взвеси) впрыскивают при помощи шприца в спинную мышцу рыбы (рис. 4.9).

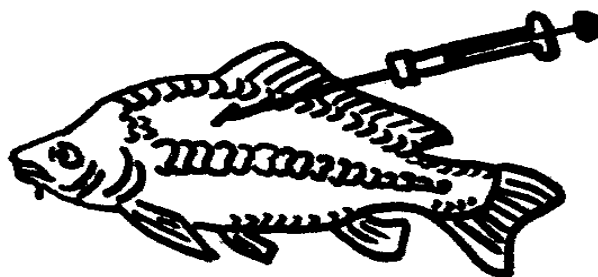


Рис. 9. Место введения суспензии гипофиза

При индустриальных методах разведения рыб инкубация икры происходит в специальных аппаратах, сконструированных таким образом, чтобы создать благоприятные условия для развития эмбрионов.

Существует много систем инкубационных аппаратов, которые можно объединить в две группы, соответствующие двум технологическим схемам. В первом случае икра обесклеивается с помощью специальных препаратов и инкубируется во взвешенном состоянии в аппаратах Вейса, ВНИИПРХа, Чеза, Пугера. Во втором случае икра инкубируется на субстратах в прикрепленном состоянии (инкубационные аппараты Жуковского, Коста, Вильямсона, Орава, Шустера, Садова – Коханской и др.).

Аппарат Вейса представляет собой стеклянный или из органического стекла сосуд, суживающийся книзу (рис. 4.10). Нижнее отверстие аппарата закрыто пробкой со вставленной по центру металлической трубкой диаметром 0,8–1,0 см. Наружный конец этой трубки соединен со шлангом, который надет на кран, подающий воду (рис. 4.10). Токи воды, идущие из крана, поступают под напором в нижнюю часть сосуда и поднимают вверх помещенную в аппарат икру. В верхней части сосуда напор воды ослабевает, поэтому икринки начинают постепенно опускаться в нижнюю его часть, где подхватываются струями воды и вновь увлекаются вверх. Таким образом, вся икра находится во взвешенном состоянии. Сброс воды из аппарата происходит через сливной носик, сделанный в обруче, обтягивающем верхний край сосуда.

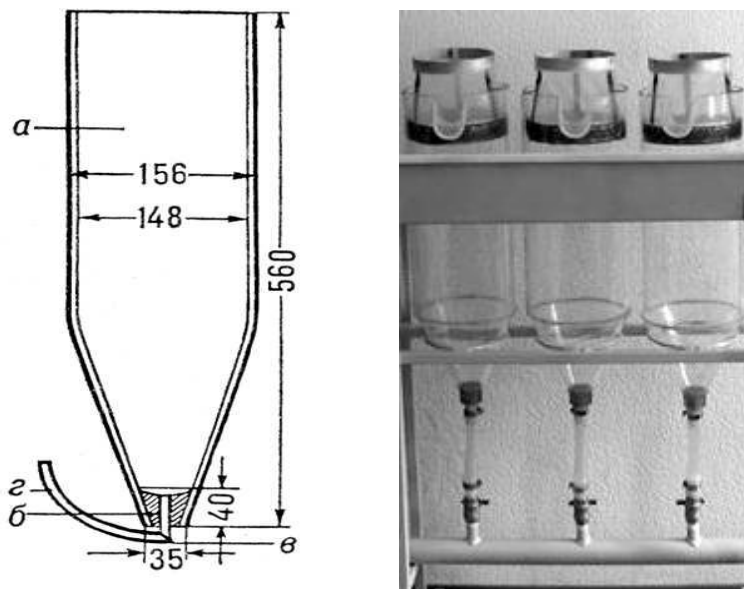


Рис. 4.10. Аппарат Вейса для инкубации икры карпа:
a – инкубационный сосуд; *b* – пробка; *c* – медная трубка;
z – шланг водоподдачи

Емкость аппарата Вейса составляет 7–20 л. Норма загрузки икры составляет 35–110 тыс. шт. Расход воды – до 6 л/мин, а перед вылуплением проточность увеличивают до 10 л/мин.

Обычно аппараты размещают на стойках в специально подготовленные гнезда. Их монтируют по 10–20 шт. на одной стойке, причем для каждого из них обязательно независимое водоснабжение.

Аппараты конструкции ВНИИПРХа емкостью от 50 до 200 л используются для инкубации эмбрионов карпа и растительноядных рыб. В каждый аппарат закладывают в среднем 500 тыс. оплодотворенных икринок (примерно 500 г). Перед загрузкой в аппарате устанавливают слабую проточность воды (0,5 л/мин), а после закладки икры поступление воды в него увеличивают до 4–8 л/мин.

По аналогичному принципу работают инкубационные аппараты Чеза и Пугера. Планируемый выход личинок составляет 50 %, в то время как в аппаратах Вейса – 60–80 %. Значительный отход икры в аппаратах большой емкости связан с тем, что она плохо перемешивается, образуются застойные зоны, а при частом перемешивании происходит ее травматизация. Тем не менее на юге страны практикуется инкубация икры в аппаратах ВНИИПРХа, поскольку в них после карпа проводится такая процедура для растительноядных рыб, что удобно и экономично для хозяйств.

Аппарат Б.И. Казанского предназначен для инкубирования икры осетровых рыб. Он состоит из стеклянного баллона, водосбросного кольца с водосливом в верхней его части, водоструйной головки, сетчатого стаканчика–вкладыша. Струи воды поднимаются вверх и перемешивают икру. Емкость аппарата – 1,25 кг икры (2,5 л).

Лотковые аппараты (Аткинса, ропшинский и др.) представляют собой прямоугольные деревянные ящики. У одной торговой стенки происходит водоподача, у другой – сброс воды. У задней торцовой стенки помещается решетка, предохраняющая вынос икры. Икра инкубируется на рамках, уложенных в ряд или стопками. Аппараты устанавливаются в лестничном порядке по 2–3 в ряд, но не более 3 ступеней (рис. 4.11).

Во внутренней торцовой стенке бетонного желоба для водоподачи имеется сетчатое окно размером 50 · 10 см (оно находится на расстоянии 25 см от наружной стенки).

С противоположной торцовой стороны имеются шандоры, через которые сбрасывается вода и регулируется уровень. Перед шандорами устанавливается вертикальная латунная сетчатая рамка с ячейей 2 мм.

Икра инкубируется в желобе на размещенных в один ряд четырех рамках размером 60 · 49,5 см, обтянутых металлической сеткой с ячейей 18 · 3,5 мм. На рамке в один ряд располагается 8 тыс. икринок. Желоба можно строить с зависимым водоснабжением, стыкуя их по два или три с торцовых сторон. Эти аппараты используются для инкубации икры лососевых рыб.

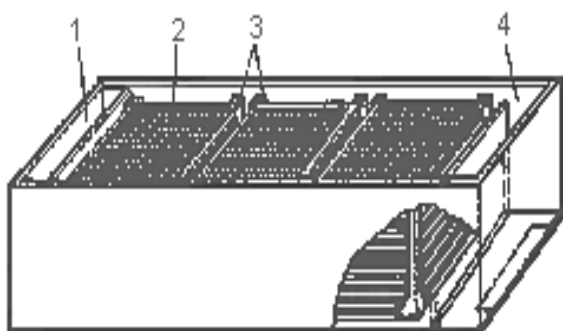


Рис. 4.11. Аппарат Аткинса:

1 – водоприемная камера, 2 – рамки для икры, 3 – стойки, 4 – водосливная камера

Аппарат Коста представляет собой рамку, обтянутую сеткой, помещенную в продолговатый ящик на некотором расстоянии от дна. Вода поступает у одного края аппарата, свободно протекает под эмбрионами и сливается через носик (рис. 4.12).

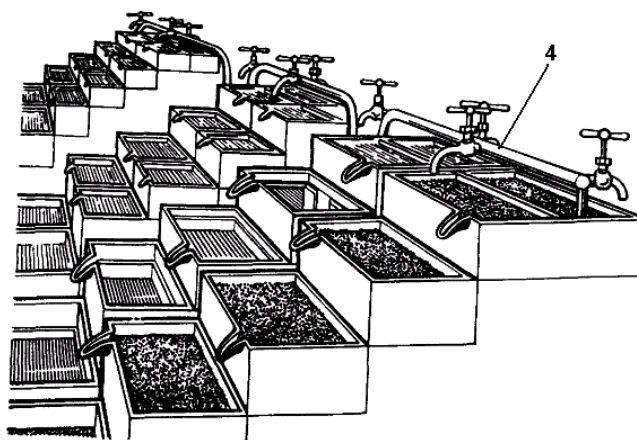
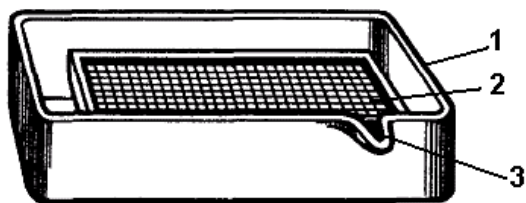


Рис. 4.12 Аппарат Коста:

1 – ящик; 2 – сетка; 3 – носик; 4 – водоподающий кран

Аппараты Коста обычно устанавливают на подставках в лестничном порядке в несколько групп. В каждую группу входит 4–6 аппаратов, снабжающихся водой от одного крана. Вода, поступающая в верхний аппарат, последовательно сбрасывается в нижестоящие.

Аппарат Шустера, или калифорнийский аппарат, состоит из двух ящиков, выполненных из листового железа. Наружный ящик имеет глухие стенки и дно. Внутренний ящик имеет дно из металлической сетки с ячейей $18 \cdot 3,5$ мм. Он вставляется в наружный таким образом, чтобы его сливной носик вдвигался в сточный носик наружного ящика. Вода из крана поступает в наружный ящик (в промежуток 10 см между стенками ящиков), а затем снизу – во внутренний ящик, омывает на пути лежащие на сетчатом дне икринки и сбрасывается через сливной носик. Аппарат Шустера, как и аппарат Коста, устанавливается в лестничном порядке группами (рис. 4.13).

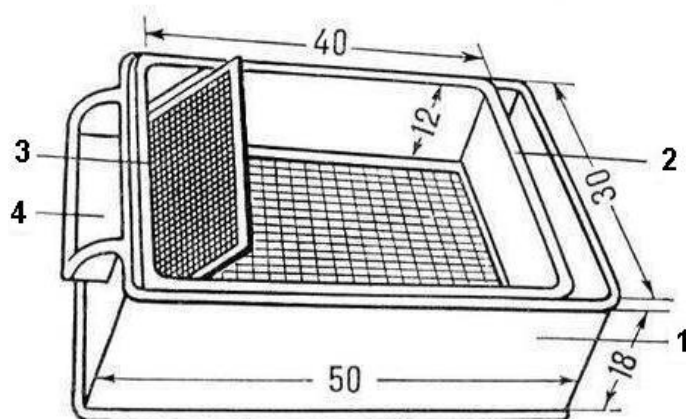


Рис. 4.13. Аппарат Шустера: 1 – наружный ящик; 2 – внутренний ящик; 3 – предохранительная решетка, 4 – сточный носик

В каждую группу входит не более 5 аппаратов. При расходе воды 2–3 л/мин на группу икра, лежащая в нижних аппаратах, обеспечивается необходимым количеством кислорода.

Аппарат Е.Д. Жуковского состоит из 4-х рамок, обтянутых металлической сеткой, для помещения оплодотворенной икры, подрамника в виде жестяного ящика с сетчатыми боковыми стенками и верхней защитной рамки. Стопку рамок с икрой устанавливают на подрамнике, прикрывают сверху защитной рамкой и закрепляют при помощи задних дужек из толстой латунной проволоки. Аппарат опускают с подвешенным грузом на глубину 1,5–2 м. На рамке размером $44 \cdot 29$ см размещается 30 тыс. эмбрионов лосося.

Аппарат Вильямсона – бетонный желоб, где стопками установлены сетчатые рамки (рис. 4.14).

Между стопками устроены перегородки для циркуляции воды по вертикали через все рамки с оплодотворенной икрой. Количество рамок – 6–8, стопок – 3–6, рабочая емкость – 100–200 тыс. эмбрионов лосося.

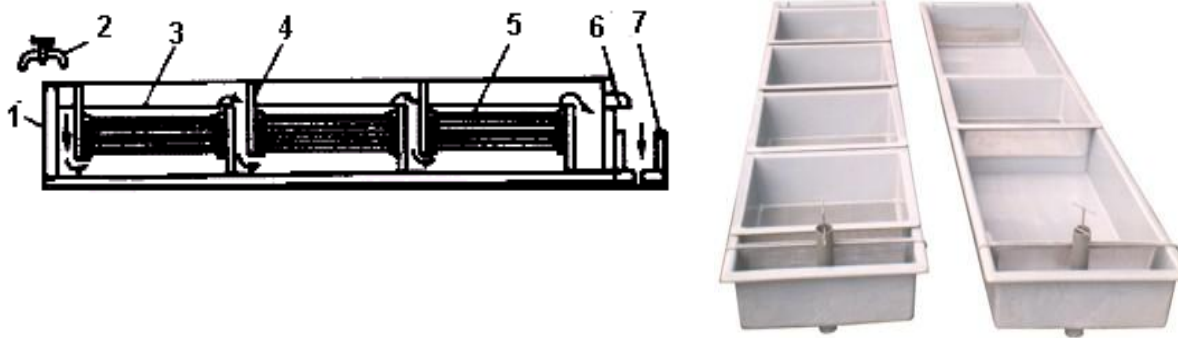


Рис. 4.14. Аппарат Вильямсона:

1 – желоб; 2 – водопроводный кран; 3 – уровень воды; 4 – перегородка;
5 – рамка; 6 – сливной носик; 7 – канализационная сеть

Аппарат В.И. Орава – металлический прямоугольный ящик со съемной передней стенкой, герметически прикрепляющейся болтами, дно изготовлено из досок толщиной 5 см. На расстоянии 5 см от дна с внутренней стороны боковых стенок укреплены две полоски из уголковой стали, служащие опорой для рамок с оплодотворенной икрой. Размеры аппарата – 325 · 325 · 700 мм. Вода поступает через резиновую трубку. Рабочая емкость – 130 тыс. эмбрионов лосося.

Аппарат П.С. Ющенко также используется для инкубации икры осетровых рыб. Он имеет наружный и внутренний ящички, у последнего дно из латунной сетки с ячейей 0,8 мм, двумя кронштейнами крепится к наружному. Под латунной сеткой имеется лопасть, которая с помощью шарнирного устройства (без электродвигателя) при подаче воды создает вихревые токи, перемещающие икру. Разовая емкость – 1,5–2,5 кг икры осетровых рыб. Выклюнувшиеся эмбрионы выносятся через специальное устройство. Расход воды на 100 тыс. личинок – от 1,2 до 5,5 л/мин.

Аппарат И.А. Садова и Е.М. Коханской – лотковый инкубатор – стойка с 21 пластмассовым лотком (рис. 4.15). Зародыши развиваются в приклеенном состоянии, размещаясь в 1 слой на лотке. Емкость – 7 кг икры.

Лоточный аппарат системы Садова – Коханской удобен тем, что процесс обесклеивания икры исключается, и икра развивается в условиях, близких к естественным. Это позволяет значительно повысить выход жизнестойких личинок и сеголетков.

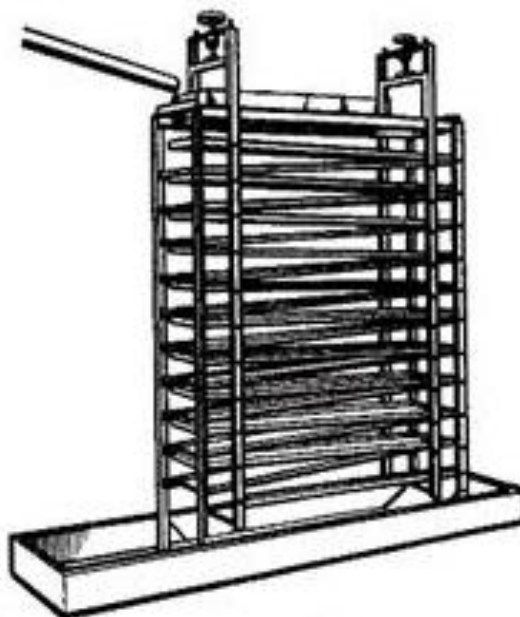


Рис. 4.15. Лоточный аппарат системы Садова – Коханской

Однако работа с этими аппаратами значительно сложнее, чем с аппаратами Вейса, требует использования отстойника воды, бактерицидных установок, которые эффективны только при подаче чистой воды, и постоянного снабжения электроэнергией (рис. 17). В случае несоблюдения этих условий на икре развивается сапролегния, что ведет к ее гибели. Получать личинок в больших объемах в аппаратах Садова – Коханской сложно. Этот метод получил ограниченное распространение в хозяйствах страны для инкубирования икры осетровых рыб.

Техническая характеристика ряда инкубационных аппаратов приведена в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Техническая характеристика инкубационных аппаратов

Название инкубационного аппарата (И.а.)	Габаритные размеры, см	Производительность, тыс. шт. икринок	Потребность воды, л/мин
И.а. Коста	50 · 20 · 10	2,0–2,5	0,6
И.а. Аткинса	160 · 35 · 30 – 40	150–200	12–15
И.а. Шустера			
наружный ящик	50 · 30 · 18	5–8	1,0
внутренний ящик	40 · 29 · 18		
И.а. Вильямсона	200 · 50 · 30.	105	10,0
И.а. ропшинский	107 · 50 · 23,5	30	6,0

4.6. ВЫРАЩИВАНИЕ РЫБЫ В ПРУДАХ

Количество рыбы, сажаемой на выращивание в пруды летних категорий, определяется двумя показателями: достижением к определенному сроку желаемой массы и наиболее полным использованием ею естественных пищевых ресурсов водоема. Более высокая скорость роста рыбы обеспечивается большим количеством пищи, что в экстенсивном хозяйстве достигается посадкой меньшего количества рыб на единицу водной площади. Однако чем выше индивидуальная масса карпа, тем ниже получается их суммарная масса с единицы водной площади, так как при сравнительно более плотной посадке они полнее используют естественные пищевые ресурсы пруда.

Посадка, при которой карпы за период выращивания на естественной кормовой базе достигают стандартной массы, называется *нормальной*. Величина *нормальной посадки* карпа находится в прямой зависимости от естественной рыбопродуктивности этого пруда, его площади и в обратно пропорциональной зависимости от индивидуального привеса рыбы.

Весовой рост рыбы описывается экспоненциальной зависимостью вида

$$M_k = (M_0^{1/3} + 1/3 K_r \cdot K_э \cdot t)^3,$$

где M_0 – начальная среднештучная масса карпа (г); M_k – конечная масса карпа в конце периода выращивания (г); t – время выращивания (сут.); $K_э$ – экологический коэффициент роста, учитывающий в обобщенном виде совместное действие ряда факторов: температуры, кислорода, естественной кормовой базы, кормления и т.д. При $K_э = 1$ условия для роста карпа оптимальные. В этих условиях карп растет с максимальной скоростью, характерной для данного вида рыб.

Увеличение плотности посадки рыб до определенного уровня способствует повышению естественной рыбопродуктивности. Однако более высокая плотность обуславливает снижение как индивидуальной массы карпов, так и суммарного привеса рыбы.

Расчет нормальной посадки карпа в нагульные пруды можно проводить по формуле:

$$A = (П \cdot S \cdot 100) / ((m_k - m_n) P),$$

где A – количество рыб, необходимое для посадки в пруд, шт.; $П$ – естественная рыбопродуктивность пруда, кг/га; S – площадь пруда, га;

m_k – индивидуальная масса карпа к осени, кг; m_n – индивидуальная масса карпа перед посадкой, кг;

P – выход карпа, % к посадке.

Расчет нормальной посадки мальков карпа в выростные пруды можно проводить по формуле:

$$A = (\Pi \cdot S \cdot 100) / (m_k \cdot P),$$

где использованы те же обозначения. Так как масса личинок, сажаемых на выращивание, в выростные пруды, очень мала (15–30 мг), то этой величиной при расчетах можно пренебречь.

Для повышения продуктивности прудов и увеличения выхода рыбной продукции с единицы водной площади внедряются методы интенсификации рыбоводства и, в первую очередь, удобрение прудов, кормление рыбы, использование поликультуры. При этих формах интенсификации рост общей рыбопродуктивности достигается не за счет получения больших индивидуальных масс, а за счет увеличения плотности посадки, т.е. за счет повышения количества рыб, сажаемых на единицу площади пруда.

Общая рыбопродуктивность отличается от естественной тем, что вторая характеризуется приростом общей массы рыбы за счет потребления живых кормов (в основном зоопланктона и зообентоса), а первая представляет собой совокупность естественной рыбопродуктивности и рыбопродукции, полученной за счет потребления задаваемых в пруд комбикормов и живых кормов, развивающихся при внесении удобрений. Если в пруд посажено в 5 раз больше рыбы, чем определено нормальной посадкой, то такую посадку называют пятикратной и обозначают $5N$, в 10 раз – десятикратной ($10N$) и т.д.

Кратность посадки в различных карповых хозяйствах нашей страны колеблется от двукратной до пятнадцатикратной и в основном зависит от уровня технологии приготовления и раздачи кормов, а также их качества. Наилучший результат можно получить при многократном кормлении карпа гранулированными комбикормами, сбалансированными по основным питательным веществам, микро- и макроэлементам и витаминам.

Формулы для расчета количества рыб, при многократной посадке будут иметь следующий вид:

в выростной пруд $A = (\Pi \cdot S \cdot 100N) / (m_k \cdot P)$

в нагульный пруд $A = (\Pi \cdot S \cdot 100N) / ((m_k - m_n) \cdot P)$,

где N – кратность посадки, остальные обозначения те же.

Так как многократная посадка рассчитана на кормление, то часто перед рыбоводом стоит задача рассчитать необходимое количество рыбопосадочного материала, исходя из известного количества и качества кормов. В этом случае необходимое количество рыбопосадочного материала рассчитывается по формуле:

$$A = ((\Pi \cdot S + K / K_k) \cdot 100) / ((m_k - m_n) \cdot P),$$

где m_k – планируемое количество рыбы при вылове осенью, кг; m_n – начальное количество рыбы; сажаемой в пруд, кг, K – общее количество корма, кг; K_k – кормовой коэффициент; остальные обозначения те же.

4.7. ВЫРАЩИВАНИЕ РЫБЫ В ПОЛИКУЛЬТУРЕ

Эффективным средством повышения рыбопродуктивности прудов является *поликультура рыб*, позволяющая более полно использовать кормовые ресурсы водоема. *Под поликультурой* в прудовом рыбоводстве *понимают одновременное выращивание в пруду рыб нескольких видов*. Однако её значение в общей системе методов интенсификации до недавнего времени было невелико. Выращивание совместно с карпом других рыб (карась, линь, щука, судак и др.) давало небольшую дополнительную продукцию, так как плотоядные рыбы карась и линь по спектру питания близки к карпу. Хищные виды применялись преимущественно в нагульных прудах для подавления численности сорных рыб, которых по мере повышения культуры рыбоводства становится все меньше.

Новым этапом в развитии поликультуры явилось внедрение рыб дальневосточного комплекса, так называемых растительноядных: белый и пестрый толстолобики, их гибриды и белый амур (рис. 4.16).

Ценность растительноядных рыб заключается в утилизации первичной продукции, обильно развивающейся в интенсивно эксплуатируемых прудах. В этом случае кормовые ресурсы водоема превращаются в кормовую базу.

При совместном выращивании товарных двухлетков карпа и растительноядных рыб используют нормативы, приведенные в табл. 4.3.

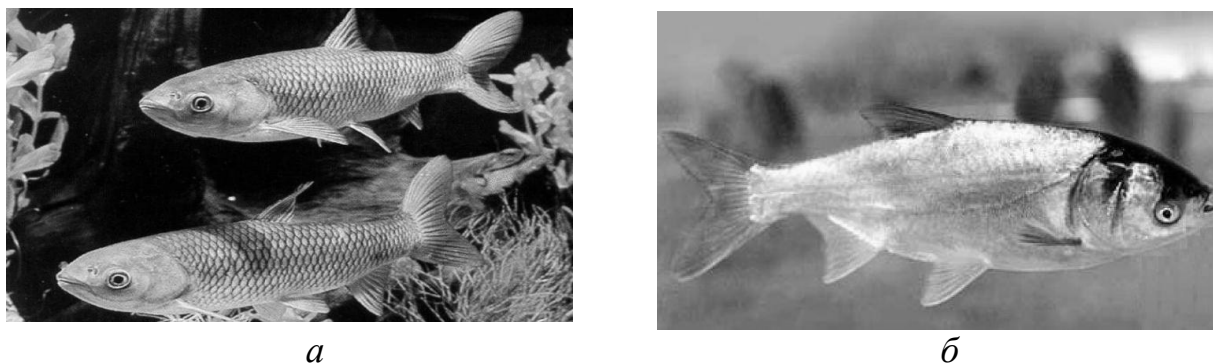


Рис. 4.16. Рыбы дальневосточного комплекса: *а* – белый амур (*Stenopharyngodon idella*);
б – белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Таблица 4.3

Выращивание в поликультуре товарных двухлетков (1+) прудовых рыб

Показатели	каarp	толстолобик		амур белый
		белый	пестрый	
Общий выход рыбопродукции, кг/га	800–1400	300–690	200–300	50–110
Плотность посадки годовиков (0+) на нагул при выходе 75 %, шт./га	3100–4000	1150–1050	800–600	200–150
Средняя масса товарных двухлетков (1+), г	350–500	350–900	350–700	350–1000
Естественная рыбопродуктивность (по карпу), кг/га	85–320			

При совместном выращивании с карпом двухлетков растительноядных рыб с 1 га пруда можно получить в районах средней полосы 0,5–1 ц белого амура и 2–3 ц толстолобиков.

В разных зонах рыбоводства выход рыбной продукции по видам рыб, выращиваемым в поликультуре, различен и представлен в табл. 4.4

Таблица 4.4

Выход рыбопродукции из нагульных прудов (кг/га) при выращивании в поликультуре двухлетков прудовых рыб

Объекты выращивания	Норма для зоны рыбоводства						
	1	2	3	4	5	6	7
Карп	800	1000	1200	1300	1350	1400	1400
Толстолобик белый	–	–	–	300	450	560	690
Толстолобик пестрый	–	–	200	250	300	300	300
Гибрид толстолобиков	–	–	200	–	–	–	–
Амур белый	–	–	50	50	50	90	110
Всего в поликультуре	800	1000	1450	1900	2150	2350	2500

4.8. РЫБОВОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРУДОВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ

В полносистемном тепловодном хозяйстве рыбоводные пруды делятся по своему назначению на водоснабжающие – головные; производственные – летние и зимовальные; санитарно-профилактические – карантинно-изоляторные и подсобные – пруды-садки (рис. 4.17).

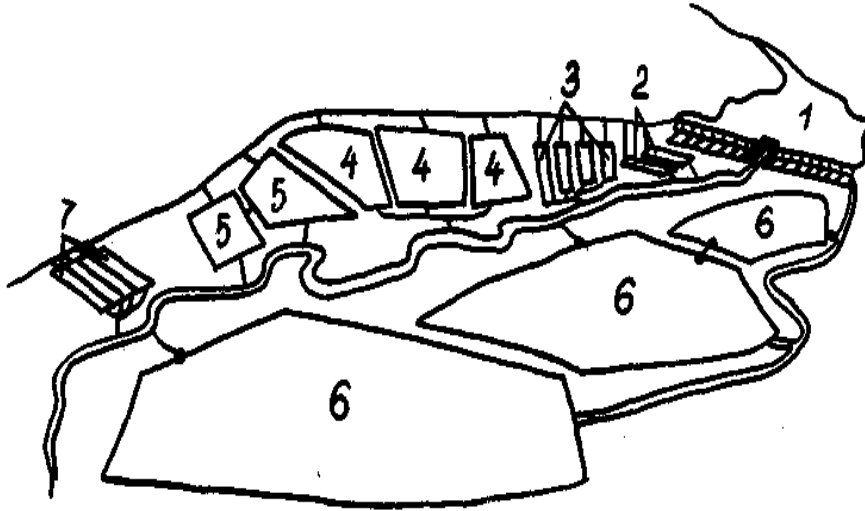


Рис. 4.17. Схема полносистемного рыбоводного хозяйства:
1 – головной пруд; 2 – зимовальные; 3 – нерестовые; 4 – выростные;
5 – маточные; 6 – нагульные; 7 – карантинные пруды

Нерестовые пруды предназначены для размножения рыбы. В них происходит естественный нерест рыб, инкубируется икра и содержатся несколько дней вылупившиеся из икринок личинки. Площадь этих прудов обычно варьирует от 0,1 до 0,2 га. Средняя их глубина – 0,4–0,5 м, максимальная (у водоспуска) – 1,0 м, мелководная зона (30–40 см) должна занимать около 70 % площади пруда.

Каждый пруд обычно наполняется водой и спускается в течение 2 часов. Водоснабжение и опорожнение прудов обязательно делают независимыми.

Размещают нерестовые пруды обычно вдали от проезжих дорог на незаболоченных участках с нейтральной по реакции или слабощелочной почвой, защищенных от ветров. Чаще всего, они располагаются по соседству с маточными и мальковыми прудами. Важно, чтобы на мелководье произрастали луговые травы, которые служат субстратом для откладки клейкой икры рыб.

Мальковые пруды используются для подращивания личинок, пересаживаемых из нерестовых прудов или полученных заводским методом. Пересаживаются личинки в возрасте 6–10 дней и выращиваются в мальковых прудах 25–30 дней. К концу подращивания мальки должны весить не менее 50 мг во всех зонах рыбоводства.

Площадь мальковых прудов – 0,25–,5 га, средняя глубина – 0,5–0,8 м. Продолжительность наполнения и спуска одного пруда не должна превышать 12 часов. Располагают их на плодородных почвах, способствующих массовому развитию кормовых организмов планктона и бентоса – пищи для молоди рыб.

Иногда эти пруды могут быть использованы для проведения нереста и выращивания сеголетков. Во многих рыбоводных хозяйствах мальковые пруды отсутствуют. В таком случае личинок из нерестовых прудов пересаживают на выращивание сразу в выростные пруды.

Выростные пруды служат для пребывания молоди до определенных размеров и массы, причем эти показатели зависят от нормативов, технологии выращивания и дальнейшего использования молоди. Обычно выращиваются сеголетки (0+), масса которых должна быть не менее 25–30 г.

Площадь выростных прудов варьирует от 10 до 20 га. Очень крупные выростные пруды обычно уступают по продуктивности небольшим. Средняя глубина – 0,7–0,8 м. Эти пруды желательно располагать вблизи от нерестовых и мальковых прудов на плодородной почве.

Для облегчения осенней пересадки сеголетков их обычно располагают вблизи от зимовалов. Рекомендуемая продолжительность заполнения пруда – 10–15 суток и спуска – 3–5 суток.

При трехлетнем обороте карпового прудового хозяйства различают выростные пруды первого и второго порядка. Выростной пруд второго порядка предназначен для выращивания двухлетков (1+), которые при трехлетнем обороте еще не являются товарной рыбой.

Нагульные пруды самые большие по площади и используются для выращивания товарной (столовой) рыбы. Размеры их варьируют в значительной степени – от десятков до нескольких сотен гектаров. Оптимальная площадь – около 50 га, глубина – 0,9–1,5 м. При выращивании карпа в поликультуре с растительноядными рыбами, такими как амур и толстолобики, желательно увеличение глубины водоемов.

Время наполнения пруда зависит от площади и колеблется в пределах 10–25 сут., время спуска – 5–10 сут. Пруд не должен быть сильно заилен, высшая водная растительность должна быть развита умеренно.

Нагульные пруда подразделяются на одамбированные и русловые, последние должны быть также спускными. Русловые пруды создаются, путем перегораживания плотиной русла речки, соответственно имеют большие перепады глубин. Нагульные пруды заполняются паводковыми водами и эксплуатируются в средней полосе СССР с апреля по октябрь.

Маточные и ремонтные пруды служат для летнего (летне-маточные) нагула производителей и выращивания ремонтного молодняка и их зимовки (зимнее-маточные). Площадь этих прудов зависит от количества имеющихся в хозяйстве производителей и ремонтного молодняка. Размещают их обычно вблизи нерестовых прудов.

Зимовальные пруды служат для содержания в зимнее время сеголетков и рыб старших возрастов. Площадь пруда – 0,5–1,0 га. Глубина должна быть такой, чтобы непромерзающий слой воды составлял не менее 1,0–1,2 м.

Форма пруда – прямоугольная. Дно суглинистое или супесчаное, плотное. Располагают зимовалы вблизи от источников водоснабжения. Полный водообмен воды в этих прудах должен осуществляться в течение 15–20 сут. Время наполнения и спуска пруда – 0,5–1,0 сут.

В последнее время для зимовки посадочного материала используют зимовальные бассейны. Обычно строят зимовальный комплекс, представляющий собой совокупность нескольких бассейнов, закрытых сверху складским помещением. Количество бассейнов зависит от мощности хозяйства. Глубина отдельного бассейна – 1,5 м, ширина – 1,5, и длина – 6,5 м. Площадь одного бассейна – около 10 м². Его дно и стенки выложены облицовочной плиткой. Вода обогащается кислородом за счет продувки через воду воздуха, поступающего от компрессора. Полная смена воды происходит за 10 часов.

Все процессы по обслуживанию и контролю механизированы и автоматизированы. Плотность посадки сеголетков на единицу водной площади бассейна в 120–150 раз выше, чем в обычных зимовальных прудах.

Карантинные пруды служат для временного выдерживания рыбы, завезенной из других прудовых хозяйств, с целью проверки её здоровья. Кроме того, в них отсаживают всю заболевшую или подозреваемую в отношении заболевания рыбу. Их площадь – 0,2–0,4 га, глубина – до 1,5 м. Дно пруда должно быть плотным и ровным. Их устраивают в нижнем (по водостоку) участке хозяйства, изолированно от всех остальных рыбоводных прудов, на расстоянии не менее 20–30 м от производственных прудов, с тем чтобы предотвратить распространение инфекции в случае вспышки заболевания у завезенной рыбы в другие категории прудов.

Изоляторные пруды по устройству и расположению такие же, как карантинные, только более глубокие (до 2,2 м). В них содержится больная рыба, которая и зимует в этих же прудах.

Садки – это небольшие проточные прудики площадью 100–200 м² и метровой глубиной непромерзающего слоя воды. Используют их в основном осенью для хранения живой столовой рыбы. Садки могут быть использованы также для передержки годовиков в весенний период, содержания производителей до посадки их на нерест. Располагают их около источников водоснабжения.

4.8.1. Распределение площадей между основными прудами рыбоводного хозяйства

В полносистемных прудовых хозяйствах почти вся площадь занята нагульными прудами. Общая площадь питомных прудов, включая маточные и ремонтные, должна составлять не менее 10 % от площади нагульных прудов. Однако эти соотношения могут сильно колебаться по различным прудовым хозяйствам. Это зависит, в первую очередь, от культуры ведения рыбоводства и от уровня интенсификации производственных процессов.

Для определения соотношения площадей отдельных категорий рыбоводных прудов часто пользуются расчетами и формулами, предложенными рыбоводами А.И. Исаевым и Ф.М. Суховерховым.

Определение общей площади зимовальных прудов

1. В зависимости от величины притока воды:

$$S = (V \cdot t \cdot 86400) / (h \cdot 1000 \cdot 10000),$$

где S – искомая площадь зимовальных прудов, га; V – зимний приток воды, л/с; t – срок полной смены воды в зимовале, сут.; h – глубина зимовалов без толщины льда, м; 86400 – число секунд в сутках, 1000 – количество литров в 1 м³; 10000 – количество м² в 1 га.

2. В зависимости от объема производства товарной рыбы при мощном источнике воды:

$$S = (\mu \cdot 100) / (m \cdot P \cdot p),$$

где S – искомая площадь, га; μ – плановый выход товарной рыбы из нагульных прудов, кг; m – средний летний прирост одного годовика, кг; P – выход товарных двухлетков, %; p – плановый выход годовиков, шт/га.

Определение площади выростных прудов

$$S = (S_1 \cdot A \cdot (m_k - m_n)) / \Pi,$$

где S – искомая площадь, га; S_1 – площадь зимовальных прудов, га; A – количество сеголетков, сажаемых в зимовальные пруды, шт/га; m_k – средняя масса сеголетков, г; m_n – масса малька при пересадке из мальковых в выростные пруды, г, Π – средняя рыбопродуктивность выростных прудов, г/га.

Контрольные вопросы

1. Объясните суть понятия системы прудового хозяйства.
2. Назовите основные отличия полно- и неполносистемного рыбоводного хозяйства.
3. Как определить оборот рыбоводного хозяйства?
4. Перечислите основные этапы производства карпа при двухлетнем обороте.
5. Какие условия среды являются важными факторами для выращиваемых рыб?
6. Опишите основные отличия пород карпа.
7. Какие основные виды рыб относятся к растительноядным?
8. Какие факторы среды обуславливают особенности разведения растительноядных рыб?
9. Какие рыбоводно-биологические особенности карпа и растительноядных рыб позволяют их выращивать совместно?
10. Опишите особенности украинского и ропшинского карпов.
11. При каких температурах начинается нерест карпов?
12. Чем отличаются рыбоводно-биологические особенности белого и пестрого толстолобиков?
13. Опишите технику вылова и счета личинок и мальков карпа.
14. Как используется гипофизарное инъецирование?

15. Кто первым предложил метод гипофизарного инъецирования рыб?
16. При заводском методе воспроизводства рыб что используется в качестве стимулятора созревания половых гонад?
17. От каких видов рыб можно использовать гипофизы при проведении гипофизарного инъецирования?
18. Какие инкубационные аппараты Вы знаете?
19. Охарактеризуйте особенности лотковых инкубационных аппаратов.
20. Опишите принцип работы аппарата Вейса. Для какого типа икры он может использоваться?
21. Сколько аппаратов Вейса должно быть в стойке для инкубации икры одной высокопородной самки карпа? А одной самки белого толстолобика?
22. Объясните понятие нормальной посадки, кратности посадки.
23. Что такое поликультура рыб? В каких случаях ее используют?
24. Опишите пруды разных категорий.

ГЛАВА 5

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ И НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Предприятия по воспроизводству рыбных запасов выращивают молодь ценных промысловых рыб и выпускают ее в естественные водоемы и водохранилища для сохранения и увеличения их промысловых запасов.

По характеру технологии выращивания молоди эти предприятия делят на две группы: рыбоводные заводы (РЗ) и нерестово-выростные хозяйства (НВХ).

На РЗ и НВХ молодь выращивают до покатной стадии, т.е. до того возраста, когда она в условиях естественного размножения начинает постепенно скатываться с мест нереста к местам нагула. Обычно скат молоди начинается через 1,5–2 мес. после нереста при достижении массы 1–3 г. Исключение составляют лососевые рыбоводные заводы (ЛРЗ), на которых молодь значительно дольше выращивают до покатной стадии, наступающей обычно у лососевых в возрасте 1–2 года, иногда 3 года и более. Но и здесь есть исключение, например, горбуша и кета, достигающие покатной стадии соответственно в личиночный период развития и после 1,5–4 мес. выращивания на ЛРЗ.

На рыбоводных заводах воспроизводят и выращивают молодь проходных, на НВХ – полупроходных и туводных рыб.

5.1. ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ

Рыбоводные заводы подразделяются в зависимости от вида выращиваемых рыб на осетровые, лососевые, сиговые, рыбцовые. Структура РЗ зависит от биотехники разведения и выращивания тех или иных рыб.

Осетровые рыбоводные заводы (ОРЗ)

Состав ОРЗ зависит от производственных процессов, мощности завода. Количество транспортного, производственного и лабораторного оборудования, подсобных помещений определяется схемой технологического процесса. *Различают три* метода выращивания молоди на ОРЗ:

- бассейновый (используется на трех заводах – Абаканском, Селенгинском, Ачуевском, а также в настоящее время и ОРЗ на Дону);
- прудовый (является основным);
- комбинированный.

Волжские ОРЗ построены для работы по прудовому методу выращивания молоди (так называемая I группа заводов, например, Бертюльский, Кизанский, Сергиевский) и комбинированному (II группа заводов – Икрянинский, Александровский).

Основные звенья технологического процесса:

- отбор производителей на промысловых тонях и доставка их на РЗ;
- выдерживание производителей, их инъецирование;
- получение икры и спермы, осеменение икры, ее учет, обесклеивание, размещение в инкубационных аппаратах;
- инкубация икры;
- выдерживание предличинок и подращивание личинок;
- выращивание живых кормов (при бассейновом и комбинированном методах);
- выращивание молоди, ее учет;
- выпуск молоди в предустьевые участки рек.

Все производственные здания объединяются в единый хозяйственный центр, который включает:

- цех работы с производителями с:
 - а) отделениями выдерживания производителей с модернизированными садками куринского типа (пруды, бассейны);
 - б) операционным и лабораторным пунктами и складом для инвентаря;
- инкубационный цех;
- цех живых кормов;
- блок вспомогательных помещений (управление завода, гараж, механическая мастерская, склад, лаборатория);
- объекты энергетического хозяйства;
- цех бассейнового выращивания;
- выростные пруды;
- насосную станцию, систему водоснабжения и очистки воды.

Производственная мощность осетровых рыбоводных заводов находится в пределах 1–19 млн шт. молоди.

Лососевые рыбоводные заводы

Производственные процессы на ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося включают:

- отлов и транспортировку производителей;
- выдерживание производителей;
- получение половых продуктов (ПП), осеменение икры;

- инкубацию икры;
- выдерживание предличинок;
- подращивание личинок, выращивание сеголетков;
- выращивание годовиков;
- выращивание двухлетков;
- выпуск двухлетков;
- выпуск покатников (в северных районах молодь выращивают до трехлетнего возраста).

ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося состоят из:

- главного производственного корпуса, который включает отделения инкубации икры, подращивания личинок; бассейнового выращивания сеголетков, годовиков, двухлетков; терморегуляторную; кормокухню и кладовые сухих продуктов; холодильные камеры; машинное отделение; бытовые помещения;
- блока вспомогательных цехов;
- административно-технического блока;
- пункта отлова производителей с садками для выдерживания производителей и карантинным садком;
- блока технических служб: насосной станции, хлораторной, водонапорной башни;
- склада горюче-смазочных материалов (ГСМ);
- очистных сооружений.

Мощность ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося составляет от 60 до 300 тыс. покатников.

ЛРЗ по воспроизводству тихоокеанских лососей (кеты и горбуши) включают следующие производственные процессы:

- заготовка производителей;
- сбор ПП, осеменение икры на рыбоводном пункте, транспортировка оплодотворенной икры на ЛРЗ;
- инкубация икры;
- выдерживание предличинок;
- подращивание личинок и выпуск покатной молоди в реку.

Состав ЛРЗ по воспроизводству кеты и горбуши:

- инкубационно-личиночный цех;
- питомник с лабораторией, служебными и бытовыми помещениями;
- система водоснабжения, которая включает головной водозабор, подводящий канал, насосную станцию;
- выростной водоем с рыбозащитными сооружениями;

- складские помещения для рыбоводного инвентаря, материальных ценностей, стройматериалов;
- склад ГСМ;
- мастерские, гараж, административное здание;
- пункт сбора икры с забойкой-заграждением, ловушкой, садками для содержания производителей, тепляком (помещением для сбора, осеменения, набухания и упаковки оплодотворенной икры для последующей транспортировки на РЗ).

Типовая мощность ЛРЗ по воспроизводству кеты и горбуши равна 15 млн шт. покатной молоди. Мощность ЛРЗ на Дальнем Востоке колеблется от 1 до 62 млн покатников.

Сиговые рыбоводные заводы (СРЗ)

Производственные процессы:

- отлов производителей и доставка их на рыбоводный пункт;
- содержание производителей в садках;
- получение ПП, осеменение икры и транспортировка ее на СРЗ;
- инкубация икры;
- концентрация предличинок и их выдерживание в лотках или бассейнах;
- транспортировка личинок в выростные водоемы, садки или бассейны;
- выращивание сеголетков;
- спуск выростных водоемов, учет сеголетков, их транспортировка в нагульные водоемы.

Состав СРЗ:

- блок инкубационного цеха с лабораторией;
- личиночные садки или бассейны под навесом;
- выростные пруды, садки в озерах, выростные озера-питомники;
- насосная станция;
- водонапорная башня;
- градирни-аэраторы;
- резервная дизельная электростанция.

Предусматривается также рыбоводный пункт для заготовки производителей, их выдерживания в садках, сбора ПП, осеменения икры, который находится в небольшом помещении на берегу водоема.

Мощность СРЗ достигает сотен тысяч сеголетков.

Рыбоводные заводы по воспроизводству проходных карповых рыб

Производственные процессы и состав РЗ по воспроизводству проходных карповых рыб (рыбца, шемаи и кутума) сходны, поэтому рассмотрим их на примере рыбцового РЗ (РРЗ).

Производственные процессы (при заводском методе):

- отлов производителей;
- содержание производителей;
- получение ПП, осеменение икры;
- инкубация икры и получение предличинок;
- выращивание молоди;
- учет молоди и выпуск ее в реку. Состав РРЗ: – пункт заготовки производителей;
- инкубационный цех;
- маточные пруды с нерестовыми канавами, садки для содержания производителей;
- выростные пруды;
- хозяйственный центр с подсобными помещениями.

Пункт заготовки производителей оборудуют 2–3 прорезями или садками для кратковременного содержания производителей.

Транспортировку производителей осуществляют в прорезях или брезентовых чанах на автомашинах.

Мощность РЗ по воспроизводству проходных карповых рыб составляет сотни тысяч покатников.

5.2. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ ХОЗЯЙСТВ

На НВХ выращивают молодь полупроходных и туводных рыб для выпуска ее в дельты крупных рек, водоемы лиманного типа и в водохранилища. В зависимости от типа водоемов, в которые выпускают молодь, различают три типа НВХ:

- 1) при водохранилищах;
- 2) в дельтах крупных рек;
- 3) в лиманах и заливах.

Выращивание молоди осуществляется в прудах питомного типа или нерестово-выростных естественных водоемах площадью 50–900 га (в дельтах крупных рек) и несколько тысяч гектаров (в лиманах и заливах) с преобладающими глубинами 0,5–1,5 м, отделенных от реки или водохранилища возвышенными участками или дамбами. Вода поступает в эти водоемы самотеком или с помощью насосных станций.

По технологии различают НВХ с частично управляемым технологическим процессом и НВХ с неуправляемым технологическим процессом, или нерестово-выростные водоемы.

Технологические схемы этих НВХ различаются тем, что на первых производителей заготавливают на промысловых тонях, а затем сажают в строго учитываемых количествах в нерестовые пруды, тогда как на вторых производители свободно заходят в нерестово-выростные водоемы из реки или моря, а после нереста свободно скатываются обратно.

На НВХ используются три формы организации технологического процесса:

1) нерест производителей, инкубация и выдерживание предличинок происходят в небольших нерестовых прудах, а выращивание молоди с момента перехода на активное питание – в специальных выростных водоемах;

2) получение зрелых ПК, инкубация икры заводским способом (в инкубационных аппаратах), а затем выращивание молоди в выростных водоемах;

3) нерест, инкубация, выдерживание предличинок и выращивание молоди осуществляются в одном водоеме.

НВХ при водохранилищах. Занимаются воспроизводством туводных рыб для регулирования видового состава и увеличения рыбопродуктивности. Конечной продукцией этих НВХ являются сеголетки карпа, сазана, леща, судака, растительноядных рыб. Водоснабжение таких НВХ обычно механическое.

Производственные процессы:

- заготовка производителей;
- выдерживание производителей;
- получение половых продуктов, осеменение икры;
- инкубация икры;
- выращивание сеголетков;
- учет и выпуск сеголетков.

В состав НВХ входят:

- цех инкубации икры и получения личинок;
- выростные пруды;
- пруды летнего и зимнего содержания производителей.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте особенности осетровых, лососевых и сиговых рыбодоводных заводов.
2. Какие типовые особенности имеют все рыбодоводные заводы?
3. В чем особенности деятельности нерестово-выростных хозяйств?
4. Назовите основные технологические особенности деятельности НВХ.
5. Что называется покатной стадией молоди рыб?
6. Какие методы выращивания молоди рыб используются на осетровых рыбодоводных заводах?
7. Какие виды карповых выращивают на рыбодоводных заводах?
8. Где обычно располагают НВХ?

ГЛАВА 6

КОРМЛЕНИЕ И ПИТАНИЕ РЫБ

6.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПИТАНИЯ РЫБ

6.1.1. Парадигмы питания

Наблюдения, касающиеся закономерностей питания животных, относятся к глубокой древности.

Первую научную парадигму питания принято связывать с достижениями античных натурфилософов. Согласно представлениям Аристотеля, Галена и их последователей, пища, поступающая в желудочно-кишечный тракт животных, в результате сложных процессов неизвестной природы преобразуется в кровь, которая и обеспечивает питание всего организма.

Вторая классическая парадигма питания начала формироваться в конце XVIII в. одновременно с развитием аналитических методов исследования. Главным достижением основополагающих экспериментов Л. Спалланцани, Р. Реомюра и А. Лавуазье было понимание необходимости растворения пищи перед поступлением ее во внутреннюю среду организма. В результате выдающихся достижений химии, физиологии и энзимологии уже во второй половине XIX в. были сформулированы основные принципы, позволившие разработать **теорию сбалансированного питания**. Согласно этой теории, в организм животных должны поступать пищевые вещества, в количественном и качественном отношении близкие веществам, израсходованным в процессе жизнедеятельности. При этом начальные этапы ассимиляции пищи осуществляются за счет двух типов пищеварения (полостного и внутриклеточного) и последующего всасывания полезных пищевых веществ – нутриентов. **Балластные вещества относились к нежелательным, как и вредные вещества пищи.**

В конце XIX–начале XX в. появились представления о необходимости усовершенствования не только технологии питания, но и жизнедеятельности организма. В частности, возникла идея отбрасывания балластных веществ и формирования максимально обогащенной оптимизированной пищи, состоящей из нутриентов. Многие ученые до последнего времени полагали, что можно создать идеальную пищу, которая в виде питательных смесей вводилась бы в желудочно-кишечный тракт.

В рамках классической парадигмы питания к середине XX в. были описаны важнейшие закономерности, касающиеся всех звеньев сложного процесса экзотрофии. Вместе с тем в последующие десятилетия в различных областях биологии, в том числе и в науке о питании, были сделаны столь важные открытия, что потребовался пересмотр многих представлений.

На базе классических концепций и достижений современной науки в настоящее время формируется новая, третья по счету, парадигма питания.

Одним из основных достижений классической парадигмы питания являлось осознание главной роли не только энергетически емких основных компонентов пищи, таких как белки, жиры и углеводы, но и таких как витамины, гормоны, нуклеиновые кислоты и др. Особое внимание при этом уделялось биохимическому элементному составу пищи, в частности соотношению заменимых и незаменимых аминокислот, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, различных гексоз и пентоз, витаминов, минеральных солей и т.д. Согласно данной парадигме, нутриенты, поступающие в пищеварительный тракт в форме полимеров, гидролизуются до уровня мономеров главным образом за счет механизма полостного пищеварения. При этом схема потоков различных веществ из желудочно-кишечного тракта во внутреннюю среду организма представлялась исключительно простой (рис. 6.1).

Предполагалось, что значение балластных веществ, токсинов и микрофлоры в будущем должно снижаться за счет создания элементных диет, содержащих нутриенты в форме мономеров. На базе этих представлений разрабатывались и продолжают разрабатываться многочисленные диеты для человека и рационы для домашних животных.

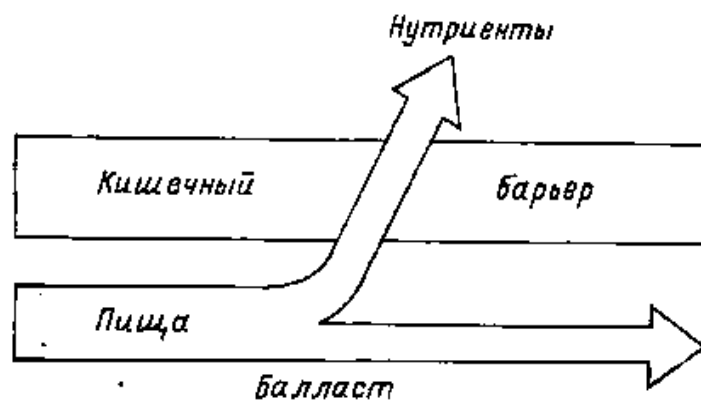


Рис. 6.1. Схема потоков веществ из желудочно-кишечного тракта во внутреннюю среду организма в соответствии с классической парадигмой

Однако, несмотря на важную роль теории сбалансированного питания, в научном обосновании пищевых потребностей человека и животных в настоящее время не вызывает сомнения ошибочность некоторых старых представлений.

Более того, балансный подход и вытекающая из него идея рафинированной (безбалластной) пищи, по-видимому, принесли определенный вред. Действительно, широкое использование рафинированной пищи способствовало развитию так называемых болезней цивилизации, таких как ожирение, гипертония, атеросклероз, инфаркт миокарда, диабет, гастрит, холецистит, рак, парадонтоз и т.д. [14, 16, 18].

Эти факты, наряду с открытиями новых механизмов пищеварения и транспорта, углублением представлений об энтеринной гормональной системе, анализом различных характеристик безмикробных и контрольных животных, а также данными по влиянию элементных диет на различные системы организма человека и животных, обусловили пересмотр ряда основополагающих положений теории сбалансированного питания и классической парадигмы питания в целом.

В связи с современными достижениями науки в этой области в настоящее время формируется новая парадигма (рис. 6.2), центральное положение в которой занимает теория адекватного питания, включающая в себя как важную составную часть теорию сбалансированного питания. Эта теория содержит ряд новых основополагающих постулатов:

1) питание поддерживает молекулярный состав организма и возмещает его энергетические и пластические расходы на основной обмен, внешнюю работу и рост (это положение является общим для классической и новой теорий питания);

2) необходимыми компонентами пищи служат не только нутриенты, но и балластные вещества;

3) нормальное питание обусловлено не одним потоком нутриентов из желудочно-кишечного тракта, а несколькими потоками нутритивных и регуляторных веществ, имеющих жизненно важное значение;

4) в метаболическом и особенно трофическом отношениях ассимилирующий организм рассматривается как надорганизм;

5) существует эндэкология организма – хозяйина, образуемая микрофлорой и простейшими кишечника;

6) баланс пищевых веществ достигается в результате освобождения нутриентов из структур пищи при ферментативном расщеплении ее макромолекул за счет полостного и мембранного пищеварения (в ряде случаев внутриклеточного), а также вследствие синтеза новых веществ, в том числе незаменимых [16].

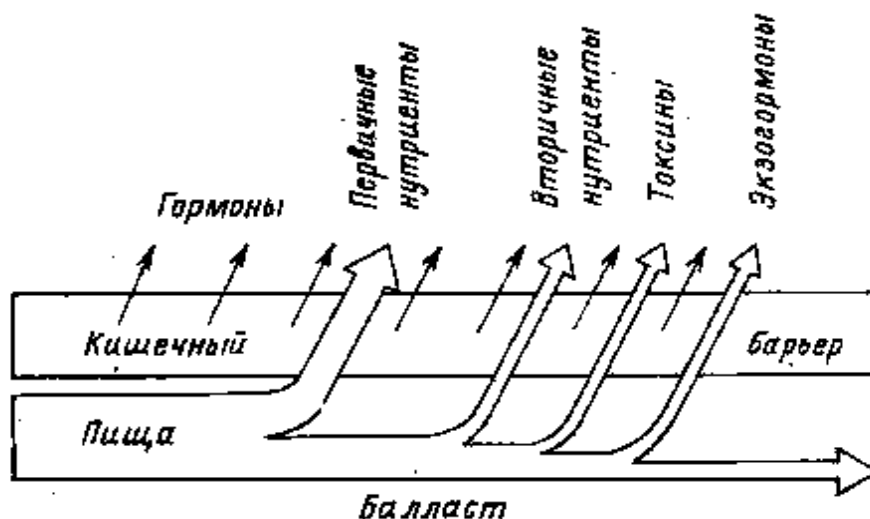


Рис. 6.2. Схема потоков веществ из желудочно-кишечного тракта во внутреннюю среду организма в соответствии с новой парадигмой

Рассмотрим более подробно некоторые новые положения этой теории.

Согласно современным представлениям, помимо основного потока нутриентов, учитываемого теорией сбалансированного питания, во внутреннюю среду организма из пищеварительного тракта поступает еще ряд важных потоков (рис. 6.2). Прежде всего, это поток вторичных нутриентов, образующихся из балластных веществ в результате деятельности микрофлоры, в состав которого входят витамины, незаменимые аминокислоты, углеводы, жиры и т.д. Кроме того, существуют потоки нутриентов, модифицированных микрофлорой, а также поток продуктов жизнедеятельности бактерий. Исключительно важную роль играют потоки гормонов и других физиологически активных веществ. Известно, что эндокринные клетки желудочно-кишечного тракта продуцируют около 30 гормонов и гормоноподобных субстанций, контролирующих не только функции пищеварительного аппарата, но и важнейшие эндокринные и метаболические функции всего организма. Предполагается, что эндокринная система пищеварительного аппарата наряду с этим участвует в регуляции аппетита. В последние годы появились сведения о продуцировании клетками тонкой кишки эндорфинов и энкефалинов, а также об образовании при гидролизе молока и пшеницы морфиноподобных веществ, получивших название экзорфинов. Эти данные свидетельствуют о существовании потоков как эндогенных, так и экзогенных гормонов и других физиологически активных веществ [16, 18, 19].

Особую роль в формировании структурных и ряда функциональных характеристик пищеварительного тракта играет поток бактериальных метаболитов. В частности, у безмикробных животных снижена масса стенки тонкой и толстой кишок, редуцирован эпителий, уменьшена митотическая активность эпителиальных клеток, недоразвита иммунная система. Бактериальные метаболиты влияют на кишечную проницаемость и активность пищеварительных гидролаз. Существенное воздействие на пищеварительную и другие системы животных оказывает гистамин бактериального происхождения. Гиперпродукция этого амина, образующегося при декарбоксилировании аминокислот, вызывает язвы желудка, аллергии, повышенную чувствительность к нарушению гипоталамо-гипофизарных функций.

В связи с усилением антропогенного загрязнения среды обитания увеличился поток веществ, попадающих в желудочно-кишечный тракт человека и животных с водой и пищей. Таким образом, во внутреннюю среду организма поступает не один, а семь или более энтеральных потоков различных веществ, которые участвуют как в обмене веществ, так и в регуляции метаболизма. В свете этих представлений балластные вещества являются не только полезными, но и необходимыми компонентами пищи, так как служат основой для продукции кишечной микрофлорой исключительно важных веществ, способных компенсировать недостающие компоненты. Таким образом, *в метаболическом отношении все животные представляют собой надорганизмы*. Поскольку наличие кишечной микрофлоры является эволюционно закрепленной формой существования большинства животных, сложные взаимоотношения между микрофлорой и макроорганизмом необходимо учитывать при оценке различных аспектов жизнедеятельности животных.

Новая парадигма питания и ассимиляции пищи придает большое значение *защитным функциям пищеварительного тракта*. Как известно, с пищей в организм поступают *аллергены и токсины*. Попаданию многих из них во внутреннюю среду препятствует, прежде всего, ограниченная проницаемость эпителия для макромолекул, в число которых входят белки, мукополисахариды и другие соединения, обладающие антигенными свойствами. Кроме того, в тонкой кишке функционирует иммунная система, представленная пейеровыми бляшками, содержащими *B-, M- и T-клетки*.

Помимо этого существует мощный лейкоцитарный слой, причем некоторая часть лимфоцитов обнаружена внутри энтероцитов. Наконец, на поверхности энтероцитов обнаружены иммуноглобулины *A и E*, создающие в области гликокаликса дополнительный защитный слой.

Описаны также защитные функции внутриклеточных пептидаз и системы антитоксических реакций, в значительной мере связанные с активностью цитохромов P₄₅₀.

Эти данные свидетельствуют о существовании разнообразных защитных механизмов в пищеварительном тракте, который наряду с печеночным барьером выполняет важные функции по устранению антигенной и токсической агрессии.

Вместе с тем в настоящее время признается, что **небольшие дозы токсинов и аллергенов необходимы** для поддержания пищеварительной и иммунной систем организма в функционально активном состоянии.

Выше были перечислены основные положения теории адекватного питания, касающиеся организменного уровня организации материи. Однако новая парадигма питания охватывает все звенья трофических отношений, включая популяционный, биоценотический и биосферный.

С этих позиций необходимо охарактеризовать основные классификации типов питания животных.

6.1.2. Роль микрофлоры в гидролизе и трансформации пищевых субстратов

В последние годы усилился интерес к микрофлоре пищеварительного тракта рыб. Благодаря этим исследованиям утвердилось представление о том, что микрофлора кишечника необходима для нормального роста и развития рыб. Причем взаимоотношения макро- и микроорганизмов кишечника рассматриваются с позиций облигатного симбиоза. В монографии В.Н. Лубянскене с соавторами анализируется поступление микроорганизмов в кишечник рыб, роль микрофлоры, как поставщика ферментов, а также в трансформации органических веществ первичной пищи в белки и другие компоненты их собственного организма.

К наиболее важным результатам этой работы относятся следующие постулаты:

Общее количество бактерий в пищеварительном тракте находится в прямой зависимости от интенсивности питания рыб. Наибольшее их количество установлено в июле–августе, когда наблюдается и самое интенсивное питание рыб.

Значительное влияние на микрофлору оказывает состав пищи. Так, наибольшее число бактерий в 1 г содержимого кишечника ($1,29 \cdot 10^{12}$ кл.) отмечено в период интенсивного питания в пищеварительном тракте

линей, выросших на естественной пище, значительно меньше их в кишечниках белого амура и линя, выращенных на комбикорме.

На примере карпа установлено, что с возрастом число бактерий в пищеварительном тракте рыб увеличивается.

При исследовании различных видов рыб (каarp, белый амур, линь, карась) установлено, что выделенные из пищеварительного тракта бактерии принадлежат к родам *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Pseudobacterium*, *Azotobacter*, *Sarcina*, среди которых явно доминируют представители рода *Pseudomonas*. При этом известно, что различные виды бактерий, принадлежащих к роду *Pseudomonas*, характеризуются высокой протеолитической активностью, в том числе активностью внеклеточных и внутриклеточных гидролаз. Есть сведения о нейтральной и щелочной протеиназах, а также эластазе.

При изучении секреции свободных аминокислот микрофлорой (в основном рода *Pseudomonas*) в кишечнике рыб (каarp, белый амур и линь) установлено, что она способна синтезировать до 13 свободных аминокислот: лизин, аргинин, гистидин, аспарагиновую кислоту, треонин, аланин, метионин, валин, фенилаланин, лейцин, серин и глютаминовую кислоту.

Продукция свободных аминокислот кишечными микроорганизмами изменяется в зависимости от возраста рыб: наибольшая у сеголеток, меньшая – у двухлеток, минимальная – у трехлеток. Количество общих свободных аминокислот и отдельных аминокислот в обменном фонде клетки меняется в течение ее развития.

При различных условиях питания и при голодании рыб кишечные микроорганизмы секретируют до 17 свободных аминокислот (указанным выше цистеин, аспарагин, тирозин и триптофан). Кроме того, микрофлора играет главную роль в фиксации молекулярного азота. В условиях интенсивного питания рыб самая высокая нитрогеназная активность во всем пищеварительном тракте установлена у толстолобика – до 3,648 нмоль C_2H_4 / (мг белка · ч).

У карпа, леща и плотвы при интенсивном питании в природных условиях в пищеварительном тракте азотфиксация происходит слабее, чем у растительного толстолобика, но сильнее, чем у хищника щуки.

Велика роль бактерий и в продуцировании витаминов. Так, до 50 % потребляемых рыбами витаминов продуцируются микрофлорой их пищеварительного тракта. Кроме того, существенна роль бактерий в синтезе антибиотических веществ, подавляющих рост патогенной микрофлоры.

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что у рыб, как и у других животных, микрофлора пищеварительного тракта играет исключительно главную роль в деполимеризации и трансформации первичной пищи. Это обстоятельство дает основание считать, что у рыб существует вторичный поток нутриентов. Последнее имеет большое значение для анализа механизмов пищеварения и эффективности питания рыб из естественных ихтиоценозов, а также для контроля и коррекции питания прудовых популяций рыб.

6.1.3. Типы питания животных

Ранее вся биота планеты по типу питания делилась на 2 группы:

- автотрофы, использующие в качестве пищевых субстратов неорганические вещества;
- гетеротрофы, потребляющие кроме неорганических, органические вещества, синтезируемые преимущественно автотрофами.

Эта широко распространенная классификация в настоящее время дополняется. В последние годы были предложены классификации, учитывающие источник энергии или физическое состояние пищи, а также источник углерода, азота и других органических и неорганических соединений.

Согласно Станиеру и соавторам, существуют 4 группы организмов:

- **фотоавтотрофы** (водоросли, высшие растения и многие фотосинтезирующие бактерии), использующие свет как источник энергии, а CO_2 как источник углерода;
- **фотогетеротрофы** (пурпурные и зеленые бактерии), использующие свет в качестве энергии и какое-либо органическое вещество в качестве источника углерода;
- **хемоавтотрофы**, использующие химический источник энергии, освобождаемой при окислении ряда восстановленных неорганических соединений (NH_3 , NO_2 , H_2), восстановленных форм серы (H_2S , S , S_2O_3), или закисное железо (только бактерии). Эти организмы иногда называют хемолитотрофами, так как они способны к росту в минеральной среде в отсутствие источника света;
- **хемогетеротрофы** (все многоклеточные животные, простейшие, грибы и подавляющее большинство бактерий), использующие химический источник энергии и органические вещества в качестве источника углерода.

Поскольку корректное определение процессов питания подразумевает ассимиляцию всех веществ, поступающих извне, а живые организмы являются экзотрофами и, следовательно гетеротрофами, была предложена натуральная классификация биоты. Согласно ей, все живые организмы распределяются по шкале, на одном полюсе которой находятся *полные абиотрофы*, на другом – *полные биотрофы*. В настоящее время полных абиотрофов практически не существует (известны лишь литотрофы). Полная биотрофия присуща некоторым монофагам, симбионтам и эмбрионам. Хищники близки к полным биотрофам, однако в их пищу входят соли неорганического происхождения и вода. К биотрофии относится также эндотрофия в период голодания животных и темного питания растений.

Натуральная классификация оказывается исключительно полезной при анализе трофических цепей, в частности при переходе от одного участка трофической цепи к другому.

Важно отметить, что биотрофия существует в нескольких вариантах:

- естественная, или витальная;
- экзотрофия (питание живыми организмами и их элементами);
- поствитальная биотрофия;
- сапрофитизм (питание продуктами жизнедеятельности других организмов);
- эндотрофия.

Способы питания различных животных могут существенно различаться. В связи с этим сохраняет свое значение традиционное деление животных по типу питания, базирующееся на анализе спектра кормовых объектов, в частности моно- и эврифагов, фито- и зоофагов, хищников и «мирных», бенто- и планктофагов и т. д.

Вместе с тем, в процессе эволюции сложилось не только принципиальное сходство животных разных видов по молекулярному составу, но и сходство систем, осуществляющих подготовку сложных органических, как правило, высокомолекулярных соединений к последующей ассимиляции. Эти системы состоят из многочисленных гидролаз, разрушающих биополимеры до уровня моно- и олигомеров, пригодных к всасыванию и ассимиляции.

6.1.4. Трофические цепи и биогеоценозы

В настоящее время принято считать, что синтезы различных биологических веществ возникали в процессе эволюции постепенно, по мере выживания организмов, способных осуществлять те или иные

процессы. Построение пищевой цепи, по-видимому, базировалось на редуцентах и завершалось фото- и минерал-зависимыми абитрофами, так как системы фото- и хемосинтеза, необходимые для абитрофии, в эволюционном отношении являются сравнительно молодыми.

Предполагается, что первичные бионты получали основные органические материалы в виде мономеров из небиологических источников. При этом *первичная гетеротрофия* возникла на основе использования молекул, обеспечивающих функции внутриклеточного гидролиза, связанного с перестройкой и мобилизацией собственных полимерных структур. Эти древние гидролазы, служившие основой для формирования эндотрофии, впоследствии стали использоваться для реализации процессов экзотрофии.

Древность происхождения и первичность эндотрофии позволяют понять сходство механизмов эндо- и экзотрофии у столь значительно различающихся по уровню филогенетического развития организмов, как бактерии, высшие растения, беспозвоночные и позвоночные животные.

Благодаря принципиальному сходству молекулярного состава и механизмов усвоения пищевых веществ с помощью ферментативных систем, обеспечивающих деполимеризацию органических соединений, оказывается возможным изменение не только спектра питания, но и места животных в трофической цепи. Это фундаментальное свойство живых систем позволяет им адаптироваться к изменению условий питания и тем самым полнее использовать кормовую базу. Это же свойство позволяет видам, относящимся к различным типам и даже царствам, занимать аналогичные трофические ниши.

Одним из наиболее важных для биологии выводов новой парадигмы питания является то, что *процветание любого вида в значительной мере определяется его положением в трофической цепи*. Иными словами, существование отдельных видов и популяций зависит не только от наличия пищи, но и от их способности быть источником питания для следующих звеньев трофической цепи. Этот, на первый взгляд парадоксальный, вывод был подготовлен многочисленными данными экологических работ, свидетельствующих о том, что главной побудительной причиной активности всех животных является необходимость поиска пищи, количество, качество и доступность которой влияют как на распределение, так и на численность различных популяций животных.

Полезными для анализа трофических отношений различных животных оказались понятия фагичности и трофичности организмов.

Фагичность организмов – доступность объектов питания для потребляющих их консументов,

Трофичность организмов – питательность и способность быть ассимилированными.

Именно сочетание фагичности и трофичности видов обеспечивает их процветание, а также взаимные адаптации трофических партнеров. Из экологической литературы хорошо известно, что численность и другие характеристики популяций хищника и жертвы находятся в строгой взаимозависимости. Так, снижение численности популяции жертвы может вызывать уменьшение или даже исчезновение популяции хищника, в той или иной мере отражающееся на состоянии популяций консументов более высокого порядка.

При благоприятных условиях питания численность популяции потенциальной жертвы может возрасти и вызвать увеличение популяции хищника. Однако при значительном повышении популяции хищника возможны нарушения структуры и снижение темпа воспроизводства популяции жертвы, которые приводят к депрессии первого. Эти факты свидетельствуют о важной роли не только источника пищи, но и механизма обратной связи, регулирующего состав и численность животных, входящих в экосистему. Не вызывает сомнения высокая эффективность такой регуляции, а также вытекающая из этого необходимость крайне осторожного воздействия на различные экосистемы извне.

Существуют многочисленные примеры печальных последствий вмешательства человека в функционирование экосистем, когда поголовье хищников истреблялось или искусственно увеличивалось в результате специальных мероприятий. Кроме того, описаны механизмы регуляции трофических отношений животных, заключающиеся в изменении интенсивности питания хищников. Так, офиуры и морские звезды, питающиеся пластиножаберными моллюсками, голодают в течение 1–2 мес., пока личинки объектов питания не увеличат массу на 2–3 порядка, и таким образом сохраняют популяцию жертвы. Исключительный интерес в этом плане представляют взаимоотношения «паразит–хозяин», которые в процессе эволюции приобрели более нейтральные формы и приблизились в ряде случаев к симбиотным отношениям. Ясно, что уменьшение вредных для хозяина последствий паразитизма приводит к улучшению состояния его популяции и тем самым способствует сохранению паразитов.

Следует подчеркнуть схематичность описанных выше примеров трофических отношений животных. В естественных условиях, когда в состав экосистем входят многочисленные эврифаги, также взаимоотношения животных представляют собой не трофические цепи, а **трофические сети**. При этом и фагичность, и трофичность объектов питания зависят не только от биотических, но и абиотических факторов среды.

Так, доступность эктотермных животных для гомойотермных хищников увеличивается по мере снижения температуры окружающей среды. Интенсивность процессов экзотрофии у пойкилотермных хищников при уменьшении температуры, напротив, снижается. Значительное влияние на фагичность и трофичность жертвы оказывают также газовый состав среды обитания, давление, доступность и качество воды, состав почв, грунтов и т.д. Это делает понятной значительную зависимость трофических отношений различных животных от структуры биогеоценозов.

Таким образом, в основе трофических взаимоотношений животных лежит принципиальное сходство молекулярного состава биоты, а также единство механизмов экзотрофии. Трофические цепи, или сети, большинства современных организмов исключительно сложны и в значительной мере зависят не только от биотических, но и абиотических компонентов биогеоценозов.

Несмотря на то, что носителями жизни являются отдельные организмы, а универсальным элементом – клетка, жизнь на Земле возможна лишь как планетарное явление. Необходимым условием сохранения жизни в планетарном масштабе является поддержание равновесия между скоростью синтеза и деструкции вещества. Известно, что ежегодно на Земле образуется приблизительно **230 млрд тонн органических веществ**, которые разрушаются различными биотрофами. При этом в каждом следующем трофическом звене масса органического вещества уменьшается, как правило, на порядок.

Для понимания трофических взаимоотношений организмов в планетарном масштабе исключительно полезной оказалась концепция биосферы. Как известно, значение этого термина существенно изменилось под влиянием работ Зюсса и особенно представлений В.И. Вернадского. Согласно Зюссу, биосфера – особая оболочка Земли, образованная живыми организмами. Большой заслугой Вернадского было не только введение в понятие биосферы области распространения жизни на Земле (населенной организмами поверхности суши, толщи вод и нижней части атмосферы), а также включение наряду с организмами среды их обитания, но и постулирование изменения в процессе эволюции как биотических, так и абиотических компонентов биосферы.

Динамическое единство биосферы возможно лишь в том случае, когда строительные и функциональные блоки универсальны. Если доказательства универсальности строительных блоков (аминокислоты, моносахариды, жирные кислоты и т.д.) были получены давно, то доказательства универсальности функциональных блоков появились лишь в последнее время.

Согласно *концепции универсальных функциональных блоков*, различные физиологические функции, выполняемые клетками разных тканей и органов, складываются из элементарных функций, реализуемых определенными функциональными блоками, число которых ограничено.

Функциональная специализация тканей обеспечивается благодаря различному сочетанию и количественному соотношению стандартных блоков, а изменение функциональных эффектов обусловлено их перераспределением.

Единство функциональных блоков у бионтов всех 5 царств обеспечивает как усвоение пищи (живое вещество предыдущего трофического звена), так и ресинтезы в следующем трофическом звене. Это обстоятельство делает понятным удивительное сходство важнейших характеристик пищеварительных ферментов, обеспечивающих процессы экзогенного питания, у организмов, находящихся на разных этапах филогенетического развития.

Еще более поразительным сходством характеризуются транспортные системы различных организмов, как простейших, так и высших позвоночных животных, обеспечивающие перенос через мембраны клеток молекулы аминокислот и сахаров. Поскольку биосфера существует благодаря круговороту вещества и потокам энергии, важную роль в которых играют гидролазы, разрушающие органические вещества продуцентов и консументов разного порядка, можно полагать, что жизнь на Земле сохраняется благодаря единству биосферы на уровне трофических взаимодействий в пределах биотических циклов.

Имеющиеся факты позволяют рассматривать единство механизмов экзотрофии не как результат стабилизирующего действия естественного отбора, направленного на поддержание определенного признака в определенном состоянии, а как результат сближения признаков у разных групп организмов. Эта конвергирующая функция позволяет сохранять существовавшее при формировании жизни единство и возможность взаимодействия различных звеньев трофических цепей между собой. Вышесказанное позволяет рассматривать биосферу как трофосферу, функционирующую по принципу трофостата, функции обратной связи в котором играют гидролазы, обеспечивающие деструкцию органического вещества.

Итак, благодаря важным открытиям в области физиологии, биохимии, цитологии и биологии в целом стала очевидной необходимость пересмотра ряда положений классической парадигмы, в частности теории сбалансированного питания.

Новая парадигма питания, не утрачивая точности физико-химических подходов, свойственных классической парадигме, обладает универсальностью, позволяющей анализировать все аспекты трофологии, за счет привлечения современных данных о неизвестных ранее механизмах начальных этапов ассимиляции пищи, о многообразии происходящих в пищеварительном тракте животных процессов, увеличивающих число потоков нутриентов и биологически активных веществ во внутреннюю среду организма, а также использования эволюционных и экологических подходов.

Как подчеркивалось ранее, рассмотрение в пределах одной науки микроскопических и планетарных процессов обусловлено единством механизмов экзотрофии в многоуровневой системе трофических связей. На одном полюсе этой системы стоит трофика как необходимое условие жизни, на другом – превращение и перемещение огромных масс веществ и энергии в биосфере в результате трофической иерархии и взаимосвязанности организмов в масштабах планеты. Это и позволяет воспринимать биосферу в определенном смысле как трофосферу, где пищевые связи образуют замкнутый контур. Грандиозность и различия масштабов, которыми оперирует трофология, не должны удивлять. Хотя носителями жизни служат отдельные организмы, в основе ее лежат элементарные процессы на молекулярном и клеточном уровнях, а в целом жизнь возможна лишь как планетарное явление. При этом на всех уровнях организации живых систем начальным звеном жизненного цикла является ассимиляция, служащая предметом трофологии.

6.2. ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОРМЛЕНИЯ РЫБ

6.2.1. Общий химический состав естественной пищи рыб

Натуральная пища рыб содержит большое количество белка, и это основная биохимическая особенность их питания в природе. Значение белка в питании рыб очень велико. Являясь структурной основой биомассы животного организма, белки обеспечивают рост и обновление тканей, играют важную роль и в функционировании живой материи, катализируя и регулируя физиологические процессы. Все ферменты и ряд гормонов, например, инсулин, имеют белковую природу. Известна роль белков в транспорте кислорода (гемоглобин), питательных веществ (белки сыворотки крови). Входя в иммунную систему организма (антитела), белки выполняют защитную функцию. С помощью белков и нуклеиновых кислот реализуется генетическая информация.

Количество белка в сухом веществе беспозвоночных и рыб в зависимости от их вида, условий кормления, абиотических факторов, по данным И.Н. Остроумовой (2012), колеблется в пределах 54–70 %. Исключение составляют лишь моллюски и гаммариды, у которых значительная часть сухого вещества представлена элементами раковины, панциря, жестких покровных тканей. У них белок составляет 42–50 % сухого вещества. Для гидробионтов характерно высокое содержание воды в теле, составляющее у беспозвоночных 80–90 %.

Сходные результаты по уровню белка в составе водных беспозвоночных – кормовых объектов рыб (мелкий и крупный зоопланктон, хирономиды, гаммарусы и др.) – приводятся и в публикациях последнего времени [18, 19]. Исключение составляют лишь олигохеты. Согласно данным С.В. Пономарева и Е.Н. Пономаревой, они содержали 30,5 % сырого протеина при чрезвычайно высоком уровне жира – 35,6 %. Возможно, они были взяты из олигохетника, где кормились не вполне полноценными искусственными кормами. В работе В.В. Кузьминой (2008) дается биохимический состав представителей класса Oligochaeta (сем. Tubificidae) из водоема. При пересчете на указанное сухое вещество уровень белка составил 45,8–58,4 % и липидов – 6,6–19,9 %.

Высокой концентрацией белка (в среднем 40–60 % сухого вещества) характеризуются и одноклеточные и колониальные микроводоросли, служащие пищей водным беспозвоночным, а также используемые и в питании некоторыми растительноядными видами рыб, в частности, белым толстолобиком. Определенную роль играют в начальном питании мелких личинок пресноводных и морских рыб, наряду с коловратками, микроводоросли и простейшие – инфузории, так же характеризующиеся высоким уровнем белка.

В сухом веществе одноклеточных водорослей меньший уровень протеина отмечается у диатомовых из-за наличия панциря. Зольность их достигает 40 % и более. Но в органическом веществе этих микроводорослей содержание белка превышает 60 % сухого вещества.

Белок водорослей по аминокислотному составу уступает белку водных беспозвоночных и позвоночных животных.

Сравнительно высоким уровнем белка отличаются и некоторые водные растения, например, ряска (19 %), но доступность его понижена из-за большого количества труднопереваримой клетчатки, свойственной макрофитам.

Определенное количество белка животного, растительного, бактериального происхождения содержит детрит, состоящий из отмерших водных организмов. Его химический состав существенно меняется в зависимости от происхождения и степени разложения.

Несмотря на известную пищевую ценность водных микро- и макрофитов, детрита, служащих для некоторых видов рыб основной пищей, большинство видов питается преимущественно животными организмами, белок которых отличается полноценным аминокислотным составом и высокой доступностью.

По данным разных авторов, отмечаются значительные колебания уровня жира (от 6 до 32 %) и углеводов (от 2 до 27 %) у водных организмов, в том числе связанные с использованием различных методов извлечения липидов [16].

В последнее время за рубежом наметилась тенденция вводить в состав разрабатываемых для рыб искусственных кормов очень высокое количество жира – 20–30 % и более к массе сухого корма, что существенно повышает усвояемость питательных веществ. Видимо, такое увеличение оправдано, если учесть высокое содержание липидов в естественной пище.

Поскольку содержание углеводов часто определяется расчетным путем (по разности), их процент при увеличении процента липидов снижается. При содержании липидов 26–32 % уровень углеводов у беспозвоночных обычно не превышает 2–4 %. Низкое количество углеводов является важнейшей особенностью биохимического состава естественных кормов рыб. Большие колебания зольных веществ у гидробионтов (от 3 до 44 %) связаны с наличием у ряда беспозвоночных раковины, панциря, жестких покровных тканей.

Белки, жиры, углеводы пищи обеспечивают организм животного не только пластическим материалом для роста и обмена тканей, но и энергией.

Проводится ориентировочный расчет энергетической ценности естественной пищи рыб. При расчете используются усредненные по группам организмов данные о соотношении питательных веществ у гидробионтов. Энергетическая ценность беспозвоночных приводится не в виде валовой энергии, а только в виде обменной ее части, т.е. той энергии, которую рыбы способны извлечь из пищи и использовать на жизнедеятельность и рост. При расчете применяют калорийные коэффициенты, предложенные Филлипсом для лососевых: 1 г белка – 3,9; 1 г жира – 8,0; 1 г углеводов – 1,6 ккал.

В естественной пище рыб (зоопланктон, зообентос) около 60 % всей энергии представлено энергией белка.

Биохимический состав природного рациона большинства рыб богат белком, который составляет более половины сухого вещества пищи и является преобладающим источником энергии (около 60 %). Углеводы находятся в минимальных количествах.

6.2.2. Химический состав искусственных кормов рыб

С физиологической точки зрения кормление рыб искусственными кормами должно обеспечить необходимое соответствие количества, качества, и свойства пищи с требованиями и потенциальными возможностями роста рыб.

На современном уровне развития физиологии кормления животных под сбалансированным рационом понимают такой набор кормовых средств, при котором все потребности организма удовлетворяются без избытков каких-либо питательных веществ.

Сбалансированные рационы должны обеспечивать высокий темп роста рыб при небольших затратах корма, хорошую устойчивость организма при низкой смертности, способствовать нормальному формированию воспроизводительной системы, получению продукции высокого качества, быть экономичными и т.д.

Поэтому для создания сбалансированных рационов необходимо выполнение широкого круга физиолого-биохимических исследований, направленных, с одной стороны, на изучение потребностей организма рыбы в питательных веществах, а с другой – на изучение питательной ценности кормовых средств, характеризующей их способность удовлетворять потребности организма.

Особое внимание в последний период уделяется аминокислотному питанию. Это связано с тем, что биологическая ценность белковой части корма определяется не столько абсолютным содержанием белка в рационе, сколько соотношением незаменимых и заменимых аминокислот, а также степенью их доступности организму животных.

Коллективом американских исследователей под руководством Хальвера на экспериментальных диетах, содержащих синтетические аминокислоты в пропорциях, аналогичных белку куриного яйца и икры, а также свободных эмбрионов чавычи, была последовательно определена степень незаменимости 18 основных протеиногенных аминокислот

для чавычи, нерки, кижуча, радужной форели. Показано, что в питании этих рыб незаменимы те же 10 аминокислот, что и у теплокровных животных: *аргинин, гистидин, лизин, валин, метионин, триптофан, фенилаланин, лейцин, изолейцин и треонин*. Основным симптомом недостаточности – задержка роста. Рыбы, не получавшие с пищей α -аланина, аспарагиновой и глютаминовой кислот, цистина, пролина, глицина, серина, тирозина, росли так же хорошо, как и рыбы, получавшие все 18 аминокислот.

Аналогичные результаты были получены позднее для тепловодных рыб (канальный сом, угорь, карп), а также некоторых морских рыб (камбала, морской окунь, морской язык). Показана обязательность наличия в пище тех же 10 аминокислот.

Для определения *количественной* потребности в незаменимых аминокислотах содержание каждой из них увеличивалось в линейной последовательности. Установлено, что оптимальный рост обеспечивало следующее количество и соотношение незаменимых аминокислот в диете при общем содержании белка в рационе 40 % (в процентах к белку): аргинин – 6,0, гистидин – 1,8, лизин – 5,0, валин – 3,2 метионин – 4,0, триптофан – 0,5, фенилаланин – 5,1, лейцин – 3,9, изолейцин – 2,2.

Для тепловодных рыб определение количественных потребностей в незаменимых аминокислотах оказалось методически более сложным. Первые эксперименты с молодью карпа, сома и морского леща окончились неудачей. В опытах с угрем удалось определить количественные потребности только в некоторых аминокислотах. Показано, что его потребность в триптофане и метионине была вдвое выше, чем у лососевых.

Так как прямые определения для карпа отсутствовали, М.А. Щербиной была предложена гипотетическая модель потребности в незаменимых аминокислотах. Она была построена на основе расчетного метода Уильямса, согласно которому наиболее благоприятные для анаболизма (процессы синтеза) соотношения незаменимых аминокислот близки к таковым в тотальном белке организма (или мышечной ткани). Гипотетическая потребность двухлетних карпов в незаменимых аминокислотах при общем содержании белка в рационе 20 % составила (в процентах к белку): аргинин – 6,0, гистидин – 2,5, лизин – 7,5, валин – 4,0 метионин – 2,5, фенилаланин – 7,0, лейцин – 7,0, изолейцин – 3,5.

При использовании данных о потребностях в незаменимых аминокислотах следует помнить, что они дают представление лишь о средних величинах и являются ориентировочными. Их можно применять для периода активного роста рыб.

6.2.2.1. Потребность в белке

Рыбы отличаются высокой потребностью в белке, которая существенно превышает таковую у высших позвоночных. Впервые эта особенность питания была замечена при составлении кормовых рационов в условиях искусственного разведения рыб.

Относительно общего количества белка, необходимого для нормального роста и развития различных видов рыб, до настоящего времени нет строго определенных нормативов. Что касается потребности в белке, существуют различные точки зрения, аргументированные соответствующими экспериментами. Это объясняется не только специфическими особенностями источников белка (животного или растительного происхождения), количественным содержанием и соотношением аминокислот, но и сложностью взаимосвязей между аминокислотами и другими питательными веществами (углеводами, жирами, макро- и микроэлементами, витаминами и т.д.), степенью обеспеченности белковой части кормов энергией и другими факторами.

В ранних работах назывались низкие цифры потребностей лососевых в белке – 14 %. Такой уровень поддерживался в пастообразных кормах, т.е. в кормах, содержащих большое количество воды. В пересчете на сухое вещество белок составлял в них около 25 % от всей массы корма. В более поздних работах в пастообразные корма лососевым рыбам рекомендовалось вводить до 28 % белка, что по сухому веществу составляло уже более 50 %. В дальнейшем, при появлении сухих гранулированных кормов, многие исследователи подтвердили необходимость высокого уровня белка в рационах форели и лосося разного возраста – 40–60 % [14, 18, 19], что сначала связывали с хищническим питанием лососевых рыб, но затем выяснилось, что и такая мирная рыба, как карп, также требует для оптимального роста высокого уровня белка в корме – 40–50 % для сеголеток и 30–40 % – для годовиков.

Потребность рыб в высокобелковой пище сложилась исторически и связана с их питанием в природе преимущественно животными организмами. Всякие попытки кормить рыб дешевыми растительными рационами, предназначенными для сельскохозяйственных животных, терпели и терпят неудачу. Применение таких кормов в рыбоводстве не позволяет выявить истинные возможности индустриальных методов разведения рыб, резко снижает рост, истощает иммунную систему.

Согласно экспериментальным данным, полученным на полусинтетических диетах, **потребность в белке у форели** и различных групп лососевых достаточно близка и составляет в первые четыре недели около 50 % сухого вещества диеты. С возрастом и увеличением веса потребность снижается. В период 5–12 недель оптимальное количество белка составляло 40 %, а далее потребности могли удовлетворяться меньшим количеством. Сходная зависимость была обнаружена у **угря, канального сома и карпа**. Сходные цифры потребности в белке указывались для лосося, чавычи, кумжи, радужной и ручьевой форели, угря, сиговых, карпа, сазана, буффало, амура, толстолобика, канального сомика, леща и других видов рыб. При этом оптимальное содержание белка для молодежи было выше, чем для старших возрастных групп рыб.

Доказано, что потребность в протеине меняется в зависимости от:

- физиологического состояния рыб (зрелые особи нуждаются в меньшем количестве протеина, чем молодь);
- условий окружающей среды (с повышением температуры потребность возрастает, аналогичное влияние оказывает и соленость);
- увеличения общей калорийности рационов холодноводных и тепловодных рыб за счет жиров и углеводов, что оказывает азот-сберегающий эффект, в результате чего значительно сокращается количество протеина – корма, необходимого для получения единицы прироста.

В связи с тем, что большая часть исследований проводилась не с синтетическими диетами, а с кормовыми смесями, составленными из натурального сырья, соотношение и доступность питательных веществ которых существенно различались, количество белка, обеспечившее наилучший рост рыб, колебалось в широких пределах. Так, по данным И.Н. Остроумовой (1974), содержание белка в пределах 30–37 % обеспечивает быстрый рост сеголетков форели; по данным А.П. Канидзева и др., для той же возрастной группы содержание белка должно составлять 40–45 %, оптимум белка для двухлетков форели, по Вурзил – 40 %, по данным Луке – 30 %, по Дрейеру – 30 – 45 %.

В практике кормления карпа определение количества белка в корме, которое обеспечивает быстрый рост рыб, методически более сложно, так как в силу особенностей питания оно в большей степени зависит от условий выращивания и технологии кормления, чем у форели.

В прудах, где потребности рыб в незаменимых факторах питания могут в определенной степени удовлетворяться за счет естественной пищи, содержание белка в корме может колебаться от 13–15 % (зерновые) до 30–45 % (комбикорма) и определяется комплексом факторов:

естественной продуктивностью водоема, плотностью посадки рыбы на единицу площади, гидрохимическим и гидрологическим режимами, технологией приготовления кормов и техникой их скармливания.

При индустриальных методах выращивания карпа, предусматривающих исключительное питание рыб искусственными кормами, этот вид, подобно радужной форели, нуждается в более высоком содержании белка (в основном животного происхождения), что проявляется сильнее при неблагоприятных условиях среды.

По данным Акадзуки, полученным на синтетических диетах, для мальков карпа в возрасте до 3 месяцев оптимальным является содержание белка 40–45 %. При количестве белка в рационе свыше 45 % повышается смертность, при содержании ниже 20 % наблюдается ухудшение роста.

Эксперименты Дренер, выполненные в аквариумах, показали, что для сеголетков карпа лучшие результаты дали форелевые корма с 30 % белка, а для двухлетков и трехлетков – специальные карповые корма с 20–25 % протеина.

Для канального сома потребность в белке в зависимости от различных факторов (при выращивании в прудах) колеблется в пределах 28–40 %.

Для угря показана нецелесообразность повышения белка в корме свыше 40 %.

6.2.2.2. Потребность в углеводах

Углеводы являются одним из главных источников обеспечения организма энергией. Их питательная ценность тесно связана с химическим строением и соотношением отдельных групп углеводов в кормах, а также со способностью пищеварительной системы рыб осуществлять расщепление и всасывание этих соединений.

По данным Филлипс, содержание перевариваемых углеводов в рационах форели не должно превышать 9–12 % с учетом коэффициента их перевариваемости, принимаемого за 40 %, т. е. 23–30 % в сухом веществе диеты. Отмечено, что увеличение количества углеводов в корме приводит к патологическому накоплению гликогена в печени и повышенной смертности.

В то же время при соответствующей добавке витаминов высокое (порядка 50 %) содержание углеводов в корме форели не ведет к перерождению печени и торможению роста.

Необходимость введения повышенных доз витаминов в высокоуглеводные корма для форели подтверждается исследованиями Шпанхофа. Его опыты на угре показали, что этот вид обладает способностью к более полному использованию углеводов корма, чем форель. При увеличении содержания крахмала до 50 % изменений в скорости роста не наблюдали.

Карп способен утилизировать значительное количество углеводов. При выращивании его в прудах общее содержание углеводистых веществ может составлять около 70 %.

Для нормального осуществления пищеварительных процессов рыбы должны получать с пищей достаточное количество трудногидролизуемых углеводов в качестве балластных веществ, придающих объемность концентрированным кормам, усиливающим перистальтику кишечника и частично активизирующим переваривание основных питательных веществ.

6.2.2.3. Потребность в жире

Жиры в кормах играют не только первостепенную роль в энергетическом обмене рыб, но являются источником незаменимых жирных кислот, фосфатидов и других соединений, способствующих лучшему усвоению питательных веществ корма и жирорастворимых витаминов.

При окислении они освобождают в два раза больше энергии, чем белки, и в несколько раз больше, чем углеводы корма.

С понижением температуры происходит перестройка жирнокислотного состава фосфолипидов в сторону увеличения ненасыщенности, что повышает текучесть жиров в условиях низких температур. С повышением температуры наблюдается обратный процесс. Входя в состав липопротеинов – транспортной формы жиров, – фосфолипиды принимают непосредственное участие в передвижении липидов в организме рыб, в том числе из кишечника, из печени и т.д. Триацилглицерины и фосфолипиды постоянно синтезируются в клетках из образующихся там и поступающих в процессе питания веществ, среди которых к незаменимым (эссенциальным) относятся высоконепредельные (полиненасыщенные) жирные кислоты. Они не синтезируются в организме и должны поступать с пищей в соответствии с потребностями рыб.

Поскольку незаменимые жирные кислоты составляют малую величину и, кроме того, эффективно удерживаются в организме, а источником энергии помимо них могут быть белки и углеводы, потребность рыб в жирах как поставщиках энергии не имеет четких границ. Маккей и Мацуи показали,

что рыбы переносят значительные количества жира в пище. Лососи могут потреблять корма, содержащие до 57 % доброкачественного жира, а карп без видимых вредных последствий – около 40 %. При дальнейшем повышении жира в рационе карпа до 80 % рост рыб прекращался.

Точка зрения на необходимое содержание жира в рационе рыб неоднократно менялась. По данным Хигаши, мальки радужной форели могут болеть из-за отсутствия жира в пище, а взрослая рыба эффективно использует значительное его количество. При этом для годовиков считалось оптимальным содержание жира до 5 %, а для двухлетков – до 15 %.

Однако жиры обладают способностью к образованию токсичных продуктов окисления, вредное влияние которых на рыб установлено давно. Они вызывают торможение роста, анемию, жировое перерождение печени и почек, перерождение мускулатуры, а также могут являться канцерогенными веществами.

Несмотря на то, что была установлена белоксберегающая роль жира в рационах рыб, в 50–60-е гг. его предлагалось ограничивать в составе пастообразных лососевых кормов до 3–5 % [18, 19]. Это объяснялось широко распространенным в те годы заболеванием форели, потребляющей искусственные корма, – жировой дегенерацией печени, которую часто связывали с обилием липидов в пище. Вместе с тем причиной этого заболевания, как выяснилось, было употребление недоброкачественных кормов с окисленным жиром. У форели, потреблявшей такие корма, развивалось зернистое перерождение печени, которое сопровождалось анемией и массовыми отходами рыб [14]. Характерной особенностью заболевания было увеличение размера печени и ее песочная окраска.

Исследованиями, выполненными в 60-е гг. в ГосНИОРХ под руководством проф. Т.И. Привольнева, удалось установить, что включение в пастообразный рацион форели 10 % подсолнечных фосфатидов предохраняет рыб от жировой дегенерации печени и сопутствующей ей анемии. При этом рыба лучше росла, имела минимальный отход, количество жира в печени снижалось более чем в 2 раза при повышении общей жирности форели, содержание гемоглобина и эритроцитов нормализовалось. Далее было показано, что присутствие фосфатидов в корме обогащает печень форели фосфолипидами, особенно за счет лецитиновой фракции (фосфатидилхолин), отличающейся своими сильными антиоксидантными свойствами. В зависимости от уровня фосфатидов в корме содержание фосфолипидов в печени увеличивалось следующим образом.

При определении потребности рыб в жирах имеет значение их качественный состав и количественное соотношение различных фракций липидов в животных и растительных жирах. У рыб, в частности у форелей, как и у теплокровных позвоночных, обнаружены симптомы недостаточности жирных кислот, что является признаком незаменимости их в питании.

6.2.2.4. Потребность в углеводах

Углеводы – лабильные вещества, главный источник энергии в кормах теплокровных позвоночных. Основная масса углеводов содержится в растительных компонентах, в сухом веществе которых они могут достигать 80 % и выше. В животном организме углеводы резервируются в небольших (несколько процентов сухого вещества) количествах в виде гликогена, преимущественно в печени и мышцах.

Природная пища рыб не богата углеводами, и большинство видов не приспособлены к высокому содержанию их в рационе. Энергетические потребности покрываются у них в основном за счет белка и липидов. Большую роль у рыб играет процесс глюконеогенеза – образование глюкозы из неуглеводных предшественников (особенно из аминокислот), который в той или иной мере происходит у всех животных, но у низших, в том числе у беспозвоночных и рыб, его удельный вес выше, чем у более высокоорганизованных организмов.

Определенное количество углеводов пищи рыбы могут утилизировать, но эта способность неодинакова у разных видов: у теплолюбивых она выше, чем у холодолюбивых.

При разработке искусственных кормов стремятся снизить до минимума нерациональное использование белка в качестве источника энергии, сохраняя его для роста. При этом часть высокобелковых компонентов заменяют более дешевыми растительными.

Основные вопросы состоят в том, в каком количестве, при каких условиях и какие рыбы способны утилизировать растительные компоненты без потери роста и здоровья, почему эта способность различна у разных видов рыб.

Степень переваримости углеводов у рыб зависит от сложности их строения, от молекулярной массы. Простые сахара – моносахариды (глюкоза, галактоза и др.) – всасываются почти полностью у радужной форели, гольца, карпа, белого осетра и других видов рыб [18, 19].

Дисахариды, которые сначала подвергаются расщеплению, всасываются менее интенсивно, кроме мальтозы. Ее переваримость, например, у форели и осетра, одинакова с моносахаридами (свыше 99 %). Дисахариды – сахароза – перевариваются в среднем и пределах 52–73 %, лактоза у форели – 60 %, у осетра – 36 %. Слабее сахаров расщепляются и всасываются полисахариды. Переваримость крахмала выше у карпа – 19–48 % к рациону.

В практике кормления углеводы делят на две большие группы: клетчатка и безазотистые экстрактивные вещества.

Клетчатка представляет собой основу оболочек растительных клеток, выполняет защитную и опорную функцию. Она состоит преимущественно из жестких полисахаридов – целлюлозы. Клетчатка относится к трудногидролизуемым углеводам, которые в последнее время стали называть «пищевыми волокнами». Помимо целлюлозы к ним относятся гемицеллюлоза, лигнин, пектин, хитин и др. [18].

В практике кормления животных клетчатку часто отождествляют с пищевыми волокнами. Подавляющее большинство позвоночных не имеет собственных ферментов, расщепляющих жесткие структуры клетчатки. Ее частичное переваривание осуществляется ферментами микрофлоры, населяющей пищеварительный тракт.

К безазотистым экстрактивным веществам относятся легкогидролизуемые углеводы, содержащиеся преимущественно внутри растительной клетки, – крахмал (главный резервный полисахарид растений) и различные сахара.

Эффективность использования растительных ингредиентов у рыб ограничивается двумя факторами: – сравнительно низкой их переваримостью и проблемой утилизации избытка углеводов в обмене.

6.2.2.5. Потребность в минеральных элементах

Минеральное питание и потребности рыб в отдельных макро- и микроэлементах мало исследованы и в настоящее время являются предметом интенсивного изучения.

Трудности работ в этом направлении в методическом плане связаны с наличием осмотического пути проникновения элементов в организм рыб и со сложностью взаимодействия минеральных элементов в процессах обмена между собой, которое сопровождается частым возникновением антагонизма между отдельными ионами при нарушении определенных соотношений.

Известно, что потребность рыб в кальции может удовлетворяться почти полностью осмотическим путем, а в фосфоре за счет солей пищи. Изучение влияния концентрации кальция в воде и корме в условиях различного соотношения и концентраций кальция и магния в воде на рост двухлетних карпов показало, что увеличение карбонатного кальция в корме в два раза приводит к снижению его доступности организму рыб. На этот процесс оказывает действие не только абсолютное содержание кальция и магния в воде, но и их соотношение.

Известно, что на потребность рыб в минеральных элементах определенное влияние оказывает степень обеспеченности рациона витамином D, а также форма, в которой минералы присутствуют в корме. Так, фосфор многих злаковых образует с инозитолом нерастворимые соли фитиновой кислоты (фитаты), имеющие прочную связь с кальцием. Эти соединения плохо доступны не только для теплокровных позвоночных, но также для лососевых и карповых рыб.

Установлено, что в минеральном обмене костистых рыб имеются видовые отличия, которые обуславливают различия в потребностях отдельных элементов. Исследования Огино свидетельствуют о том, что у форели полное отсутствие минеральных солей в корме вызывает через 2 недели замедление роста и повышенную смертность уже при проявлении первых симптомов недостаточности (отсутствие аппетита и вялость). В то же время у карпа в аналогичных условиях явных симптомов нарушения минерального обмена не наблюдалось. Отмечено лишь небольшое снижение темпа весового роста.

Определенное внимание уделяется и вопросам потребности различных объектов рыбоводства в микроэлементах, так как большая часть из них входит в состав групп ферментов и участвует в регуляции обмена веществ.

Качественные и количественные потребности рыб в макро- и микроэлементах зависят от следующих факторов:

- концентрации и соотношения солей в воде;
- качественного состава ингредиентов рациона;
- формы солей, в которых они присутствуют в кормах;
- их доступности организму рыбы;
- степени обеспеченности рациона другими питательными веществами, необходимыми для нормального течения метаболизма.

6.2.2.6. Потребность в витаминах

Витамины представляют собой низкомолекулярные биологически активные органические соединения, которые в очень малых количествах абсолютно необходимы для жизнедеятельности организма. Витамины участвуют в обмене веществ, играя роль стимуляторов и регуляторов физиолого-биохимических процессов. Входя в коферменты и простетические группы белков, они выступают как постоянные биологические катализаторы химических реакций. От присутствия витаминов зависят нормальное развитие и рост рыб, воспроизводительная функция, устойчивость к стрессам и болезням.

По растворимости в разных средах витамины делятся на две группы: жирорастворимые (витамины *A, E, D, K*) и водорастворимые (витамины *C* и группы *B*).

Большинство витаминов не синтезируются в организме рыб и должны поступать с пищей. Естественная пища рыб богата витаминами. У наземных жвачных животных источником витаминов группы *B* и *K* служит микрофлора пищеварительного тракта. Среди рыб микробный синтез витаминов играет особенно заметную роль у видов, обитающих в условиях высоких температур и имеющих сравнительно длинный объемистый кишечник (растительноядные). У рыб витамин *A* поступает как в готовом виде с животной пищей, так и производится из предшественников – каротиноидов, получаемых с кормом. Другие же, в том числе лососевые, сиговые, осетровые, если и обладают этой способностью, то не в такой степени, чтобы покрыть потребности. Именно поэтому форель, в отличие от карпа, очень чувствительна к дефициту аскорбиновой кислоты в корме.

Витамин *C* некоторые рыбы, например карпы, караси, способны синтезировать. Японские ученые Икеда С. и Сато М. считают, что карп может синтезировать определенное количество аскорбиновой кислоты, но оно недостаточно для обеспечения нормального роста молоди. По мнению Хасимото Х., потребность карпа в витамине B_{12} обеспечивается при помощи его кишечной микрофлоры.

Благодаря серии исследований американских и японских ученых на экспериментальных диетах была установлена потребность в водорастворимых витаминах для таких объектов холодноводного рыбоводства, как радужная форель, чавыча, кижуч, нерка, сима, голец, кумжа. При этом было показано, что специфические синдромы недостаточности витаминов одинаковы для большинства видов рыб. Признаки гиповитаминозов изложены в сводной таблице, составленной [14] по данным Филлипс.

В общем виде в начале 80-х гг. потребность форели в водорастворимых витаминах выражалась в следующих величинах (мг/кг веса рыбы в сутки):

- тиамин (В₁) – 0,13–2,0;
- рибофлавин (В₂) – 0,75–1,0;
- пиридоксин (В₆) – 0,38–0,43;
- пантотеновая кислота – (В₃) 1,3–2,0;
- холин (В₄) – 50–70;
- никотиновая кислота – (В₅, РР) 5–7;
- цианкобаламин (В₁₂) – 0,0002–0,0003;
- фолиевая кислота (В₉) – 0,10–0,15;
- биотин (Н) – 0,03–0,04;
- инозитол – 18–20;
- аскорбиновая кислота (С) 2–3.

Величина потребностей в витаминах у рыб и симптомы их недостаточности являются предметом пристального изучения на протяжении всего активного периода развития интенсивных форм рыбоводства, т.е. начиная с 50–60-х гг. Вплоть до последнего времени они постоянно рассматриваются и корректируются. Обращают на себя внимание значительно более низкие уровни потребностей для форели, по данным NRC (Национальный научный совет США, 1993), особенно среди водорастворимых витаминов группы В, по сравнению со сведениями, приведенными в обобщениях начала 80-х гг. Хальвером и Штеффенсом, и последующими данными.

Сложность изучения потребностей в витаминах у рыб состоит в том, что они зависят от многих факторов: – вида и возраста рыб, этапа жизненного цикла (личинки, молодь, производители в период созревания гонад и нереста и т.д.), физиологического состояния, стресса, температуры воды, содержания витаминов в кормовых компонентах.

Количественные потребности в различных витаминах имеют видовые отличия даже среди лососевых (см. табл. 6.1).

При отсутствии того или иного витамина в корме у рыб возникают авитаминозы; при недостаточном поступлении, что в практике встречается чаще, – гиповитаминозы.

Длительное поступление значительных (во много раз превышающих норму) количеств витаминов приводит к гипervитаминозам. Последние случаи отмечены в основном для жирорастворимых витаминов, которые удерживаются в организме более продолжительное время, чем быстро вовлекаемые в обмен и выводимые водорастворимые.

Симптомы отсутствия или недостатка витаминов у тепловодных видов рыб аналогичны таковым у холодноводных видов. Как показали исследования, в количественном отношении карп менее чувствителен к недостатку витаминов, и симптомы гиповитаминоза у него проявляются значительно позднее, чем у форели и других лососевых.

О различиях в потребности в витаминах у отдельных видов рыб свидетельствуют также данные Л. Шпанхофа, согласно которым речной угорь менее чувствителен к недостатку витамина В₄, чем радужная форель.

Известно, что при недостатке белка в пище тормозится усвоение некоторых витаминов (А, В₂, В₅). При повышении уровня белка увеличивается потребность в витаминах В₁; В₆, С, а при избытке жира – в витамине Е. Обмен аминокислот тесно связан с обменом отдельных витаминов. При недостатке метионина повышается потребность в витамине В₁₂. При дефиците никотиновой кислоты её можно синтезировать из триптофана и тем самым снижать резервы этой незаменимой аминокислоты, что отражается на белковом росте (табл. 6.1).

Недостаток жира в корме приводит к снижению всасывания и нарушает обмен жирорастворимых витаминов. С другой стороны, при высоком содержании жира дефицит витаминов-антиоксидантов (Е, А, С и др.) приводит к развитию перекисного свободнорадикального окисления липидов.

Таблица 6.1

Количественные потребности в витаминах у рыб

Витамины	Единицы ИЕ/кг и мг/кг сухого корма	Лосось	Форель	Карп	Канальный сом	Молодь осетровых	Потребности молоди форели в витаминах, NRC, 1993
А(ретинол)	ИЕ	2500	5000–20000	4000–20000	1000–2000	7500	2500
D ₃ (холекальциферол)	ИЕ	2400	2000–3000	1000–2000	500–1000	3000	2400
Е (α-токоферол)	мг	30	100–500	50–500	50	20, 100	50
K ₃ (викасол)	мг	10	10–20	3–10	–	2,5	+
С (аскорбиновая кислота)	мг	100	200–500	30–100	50–200	1000	50
В ₁ (тиамин)	мг	10	10–20	10–20	1	15, 30	1
В ₂ (рибофлавин)	мг	20	10–20 40	5–20	10	30	4
В ₃ (пантотеновая кислота)	мг	40	50–100	30–90	30	50	20
В ₄ (холин)	мг	3000	500–1000	550–2200	–	500	1000
В ₅ (никотиновая кислота)	мг	150	50–150 188	30–100	20	175	10
В ₆ (пиридоксин)	мг	10	10–20	5–20	2–3	8	3
В ₇ (Н, биотин)	мг	1	1–2	1–1,2	1	3	0,15
В ₈ (мионозит, инозитол)	мг	400	100–500	100–500	–	–	300
В ₉ (В _с , фолиевая кислота)	мг	5	5–10	5	–	5	1
В ₁₂ (цианкобаламин)	мг	0,02	0,02–0,05	0,02	–	–	0,01

Отметим еще способность витаминов к взаимодействию и взаимозаменяемости. Наибольшей заменяющей потенцией, установленной на теплокровных животных, обладает аскорбиновая кислота, которая иногда может полностью снять симптомы дефицита других витаминов. Удивительные свойства этого витамина хорошо известны и в практике форелеводства, а теперь уже и осетроводства.

В отношении жирорастворимых витаминов вопрос оказался более сложным. В результате большой серии экспериментов показано, что витамины А (ретинол), D (кальциферол), Е (токоферол) и К (викасол) необходимы для поддержания функциональной активности и обеспечения процессов роста рыб так же, как и теплокровных животных.

Данные о количественных потребностях в витаминах этой группы менее определены, и существующие разработки свидетельствуют, что при введении синтетических витаминов этой группы чаще возникает гипервитаминоз, который вызывает торможение роста рыб.

Проведенные исследования послужили основой для составления витаминных премиксов, которые применяются в нашей стране и за рубежом.

6.3. СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ КОРМОВ

Рыбоводные хозяйства нашей страны используют для выращивания рыбы стартовые и продукционные комбикорма, полученные путем:

- 1) прессования комбикормов, увлажненных сухим паром;
- 2) прессования комбикормов, увлажненных водой;
- 3) центробежного гранулирования;
- 4) микрокапсулирования (нанесение водозащитного покрытия на поверхность);
- 5) прессования предварительно экструдированных компонентов с последующим измельчением и увлажнением сухим паром;
- 6) экструдирования.

При изготовлении питания связующими элементами являются также отдельные компоненты рыбных кормов, такие как пшеничная, водорослевая и кровяная мука, сухой обрат.

Стартовые комбикорма получают первыми четырьмя способами. Отечественные стартовые комбикорма:

- для лососевых
 - РГМ-8М (для р. *Salmo*);
 - ЛС-НТ (низкотемпературного оптимума действия для тихоокеанских лососей);
 - МКС-1-86 и СГК-88 (для р. *Oncorhynchus*);

для сиговых

- РГМ-СС (стартовый сиговый – для личинок и ранних мальков);
- РГМ-ПС (производственный сиговый – для мальков и сеголетков);
- РГМ-ЛБ (для личинок белорыбицы);
- ЛС-81;
- МС-84;

для осетровых

- ОСТ-4, ОСТ-6.

Производственные комбикорма получают всеми способами, кроме третьего и четвертого.

Влажное прессование 19–22 % снижает кормовые затраты по сравнению с комбикормами сухого прессования и на 28 % по сравнению с тестообразными комбикормами. По сравнению с последними рыбководный эффект гранулированных комбикормов с водозащитным покрытием повышается на 15 %, гранулированных комбикормов из тонко измельченных компонентов – на 16,7 %, брикетированных – на 18 %.

Использование **экструдированных (плавающих) кормов** позволяет уменьшить кормовые расходы на единицу прироста рыбы до 1,3–1,5. Экструдаты в течение одних суток могут находиться на плаву. Экстракция питательных веществ из экструдатов вдвое меньше, чем из гранул.

Экструдированные комбикорма (экструдаты) производятся с помощью экструдера (например, отечественный КМЗ-2). В данном процессе компоненты комбикорма под одновременным воздействием возрастающих значений температуры (80–100–120 °С), влажности (17–20–25 %) и давления (0,56–0,32 МПа) приобретают свойства текучести и выпрессовываются под действием шнека через отверстия головки экструдера. Вследствие резкого перепада давления аккумулированная комбикормом энергия освобождается с мгновенной скоростью, в результате чего происходит эффект взрыва, приводящего к резкому выходу пара из структуры материала. Этот эффект вызывает образование пористой структуры экструдата с объемной массой 180–320 г/л.

Химический состав экструдатов такой же, как и гранулированных кормов. Экструдаты в зависимости от диаметра (в мм) делятся на следующие группы:

- 1) 1,7–2,5;
- 2) 2,5–3,7;
- 3) 3,7–5,0;
- 4) 5,0–7,0;
- 5) 7,0–9,0.

Экструдаты должны плавать на поверхности воды не менее 30 мин.

В настоящее время функционируют четыре специализированных завода по воспроизводству специальных комбикормов, предназначенных для выращивания рыбы в замкнутых системах, садках и бассейнах. Два из них в России (Ростовский на Дону и Белгородский), по одному на Украине (Днепропетровский) и в Узбекистане (Чиназский). Стартовые и производственные комбикорма вырабатывают на всех заводах. На Днепропетровском предусмотрено производство экструдированных комбикормов, на Белгородском – *микрокапсулированных*.

Основная цель микрокапсулирования – предотвратить или свести до минимума потери питательных веществ из комбикорма в период нахождения его в воде. Водозащитное покрытие на поверхность стартовых комбикормов наносится во взвешенном состоянии, которое обеспечивается сжатым воздухом. В качестве пленкообразующих материалов используются связующие материалы (крахмал картофельный, гулат натрия, пектин) и прилипатели (стеариновая кислота, стеарин кальция, парафин, различные масла, изобутелен, желатин, клей и др.).

Эффективность питания рыбы оценивают по кормовому коэффициенту, темпу роста, выживаемости, физиологическому состоянию рыбы, стоимости корма.

Кормовой коэффициент (КК) – это количество корма, которое необходимо затратить, чтобы получить единицу весового прироста. Например, для молоди осетровых кормовой коэффициент дафний равен 6, олигохет – 2, артемии – 4; для лососевых КК дафний – 6–7, олигохет – 3–4. Другими словами, КК выражает отношение съеденного к приросту.

Различают также **истинный кормовой коэффициент** (ИКК) и **рабочий кормовой коэффициент** (РКК), или **коэффициент оплаты корма** (КОК).

ИКК – это отношение количества корма, непосредственно съеденного рыбой, к приросту ее массы. Определяют его экспериментальным путем, применяя физиологические методы или прямые наблюдения за потреблением корма.

РКК отражает отношение количества заданного корма к приросту рыбы. РКК всегда больше ИКК, так как часть корма теряется. Даже для одного и того же корма и одного и того же вида рыбы эти коэффициенты не остаются постоянными.

Затраты корма на единицу прироста зависят от качества корма, вида рыбы, ее возраста, физиологического состояния, температуры воды, газового режима, гидрохимических условий, техники кормления, освещенности. У молодых рыб кормовые коэффициенты всегда меньше, чем у более старших. У здоровой рыбы эти показатели меньше,

чем у больной и ослабленной. Если корм задается рыбе несколько раз в сутки мелкими порциями, то показатели ИКК и РКК будут ниже, чем при одновременном скармливании больших количеств той же пищи.

При питаний рыб большое значение имеет суточная ритмика и нормы внесения корма в зависимости от возраста и условий выращивания. В частности, при увеличении индивидуальной массы рыбы относительная величина рациона уменьшается, а при повышении температуры воды до оптимума – возрастает. Серьезное внимание необходимо уделять способам внесения корма, механизации и автоматизации этого процесса.

Контрольные вопросы

1. Как развивались представления о процессе питания?
2. Охарактеризуйте теорию сбалансированного питания.
3. Опишите теорию адекватного питания.
4. Что понимается под балластными веществами и как менялось представление об их роли в процессе питания?
5. Почему особь рыбы может рассматриваться как надорганизменная система?
6. Какова роль микрофлоры в процессе пищеварения рыб?
7. В каких случаях организм переходит к эндотрофии?
8. Опишите концепцию универсальных функциональных блоков в биосфере.
9. Охарактеризуйте химический состав естественной пищи рыб.
10. Что понимают под сбалансированным рационом рыб?
11. Охарактеризуйте потребности рыб в белках, жирах и углеводах.
12. У каких видов рыб отмечаются высокие потребности в белках?
13. Почему высокое потребление жира приводило к заболеваниям печени у форели в середине XX столетия?
14. Охарактеризуйте потребность рыб в витаминах.
15. Какие способы приготовления искусственных кормов Вы знаете?
16. Какие корма называются стартовыми?
17. Какие корма называются продукционными?
18. В чем разница экструдированных и микрокапсулированных кормов рыб?
19. Что понимают под кормовым коэффициентом и чем он отличается от рабочего кормового коэффициента и коэффициента оплаты корма?

ГЛАВА 7

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫБ В СВЯЗИ С ИХ СКОРОСТЬЮ РОСТА

Важной биологической основой рыбоводства является способность рыб к росту, а у ряда видов – к высокой скорости массонакопления, что является основой производства ихтиомассы в рыбоводстве. Зависимость скорости роста от интенсивности питания имеет асимптотический характер (рис. 7.1).

Логарифмическая фаза роста заканчивается перед первым нерестом, а предельная масса рыб в 2,5–6 раз больше, чем при первом нересте [20].

Некоторые рыбы: дальневосточные лососи, голомянки, угри и др. – гибнут после первого нереста и, таким образом, как бы растут всю жизнь. Многие долгоживущие и испытывающие значительный пресс хищников и промысла рыбы практически никогда не доживают до предельного возраста и тоже как бы растут всю жизнь. Рациональное рыболовство и товарное рыбоводство основаны на эксплуатации достаточно молодых, все еще быстро растущих рыб.

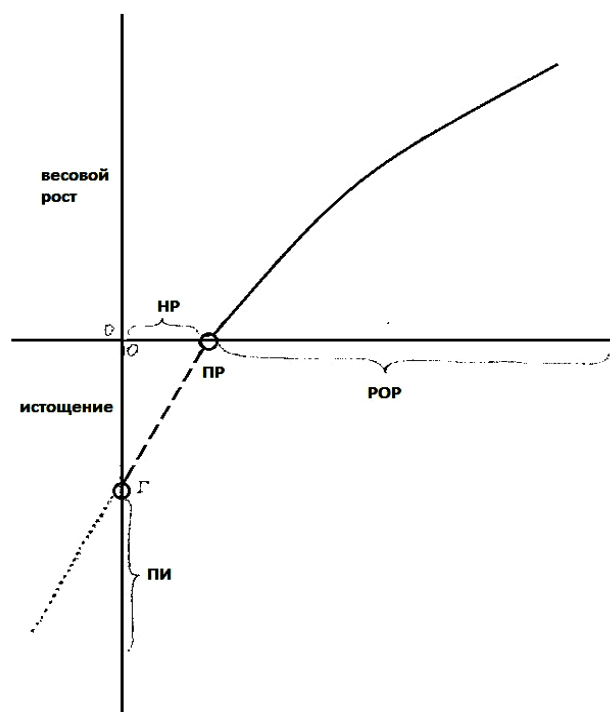


Рис. 7.1. Изменения массы тела (рост и истощение):

Г – голодание, НР – недостаточный рацион, ПР – поддерживающий рацион, РОР – рационобеспечивающий рост, ПИ – потери при икреметании, эякуляции, кровопотерях, слизиотделении

Рост рыб может иметь место, только если рацион превышает потребности в пище, обеспечивающие покрытие расходов организма. Потенциальная способность к росту (максимальный возможный прирост) генетически обусловлен, т.е. величине прироста определён некоторый предел: есть быстрорастущие рыбы и тугорослые. Никакими условиями питания невозможно заставить организм превзойти потенциальную способность к росту. Максимальный прирост возможен при максимальной интенсивности питания в оптимальных условиях обитания. При понижении интенсивности питания рост замедляется.

При поддерживающем питании масса остаётся постоянной, при превышении рациона прирост сначала возрастает пропорционально интенсивности питания (величине рациона), а затем увеличение рациона всё в меньшей степени ускоряет рост. При превышении некоторой величины рациона скорость роста перестаёт увеличиваться. Это происходит потому, что при дальнейшем увеличении рациона понижается усвоение пищи. Наибольшее использование пищи на рост (30–50 %) наблюдается при небольшом рационе – 20–30 % от максимального. При максимальном рационе на рост используется приблизительно 1/10 часть питательных веществ пищи.

Питание компенсирует затраты веществ, производящиеся при жизнедеятельности: – энергетические траты при окислении веществ, при анаэробном распаде веществ, потери отработанных веществ – витаминов, нуклеотидов, низкомолекулярных органических соединений, минеральных компонентов тела – соединений макроэлементов и микроэлементов. При полном отсутствии питания (голодании) происходит потеря массы тела и истощение резервов. При недостаточном питании истощение происходит медленнее, чем при полном голодании, но также может наблюдаться потеря массы или замедленный рост. При неполноценном питании возникают болезненные явления, подобные авитаминозам.

Прирост массы тела рыбы – накопление его питательной части – (белков, жиров, витаминов, минеральных биогенов) – связан с потреблением кормов и происходит «по остаточному принципу»: поступление веществ в организм сначала должно компенсировать постоянно происходящие в живом организме потери, вызванные метаболизмом, и только превышение поступлений над потерями ведет к приросту. Для роста тела необходим положительный баланс потребляемых и расходуемых соединений. Этот процесс рассматривается как *биологические ресурсы роста*. Основную часть сухого вещества тела составляют органические вещества – протеин, жир, нуклеиновые кислоты, углеводы, общее количество которых

может быть выражено в виде калорийного эквивалента, или эквивалентного количества, кислорода, необходимого для окисления. Это дало возможность Г.Г. Винбергу (1956) выразить основные постулаты баланса органики и энергии у рыб. В настоящий период достижения биохимии и физиологии рыб позволили по-новому раскрыть суммарные балансовые расчеты массонакопления. Органические вещества представляются в настоящее время в виде незаменимых и заменяемых, дефицитных и ограниченных к потреблению. Значительное освещение получили баланс минеральных биогенов, механизм формирования потребностей в них и пути их удовлетворения. Выяснены принципы количественного учета в реальном балансе вещества и энергии расходов на двигательную активность рыб, анаболические процессы, обусловленные питанием. Для количественных расчетов достаточно известно о количественном выражении пищеварительных процессов, биосорбции из воды растворенных веществ.

При изучении процесса прироста массы важно знание усвоения веществ при кормлении. Абсолютным показателем является количество вещества, усваиваемое в единицу времени в расчете на единицу массы тела (мг/кг массы тела). Относительным показателем скорости усвоения является показатель доли вещества, переваривающегося в единицу времени, или время усвоения определенной части вещества, например только его половины. Итоговым показателем является полнота усвоения.

Для изучения пищеварительных процессов (рис. 7.2) применительно к своим интересам и возможностям после ряда попыток в разных направлениях был разработан *метод принудительного кормления карпа* с последующим промыванием кишечника [21].

Количественные показатели ассимиляции и диссимиляции вещества являются основой для научного подхода к решению задач рационального рыбного хозяйства. Ассимиляция как приходная часть баланса включает в себя питание, потребление кислорода и биосорбцию веществ из воды.

Диссимиляция как расходная часть баланса – это траты вещества в катаболических процессах, активная экскреция, пассивная потеря веществ и выделение половых продуктов. Эти явления определяют эффективность питания, обеспеченность ресурсами в естественной среде и в условиях рыбоводного хозяйства. Кроме того, знание закономерностей абсорбции, усвоения и экскреции веществ весьма важно для токсикологии – одной из главных отраслей настоящего и будущего обитателей гидросферы.

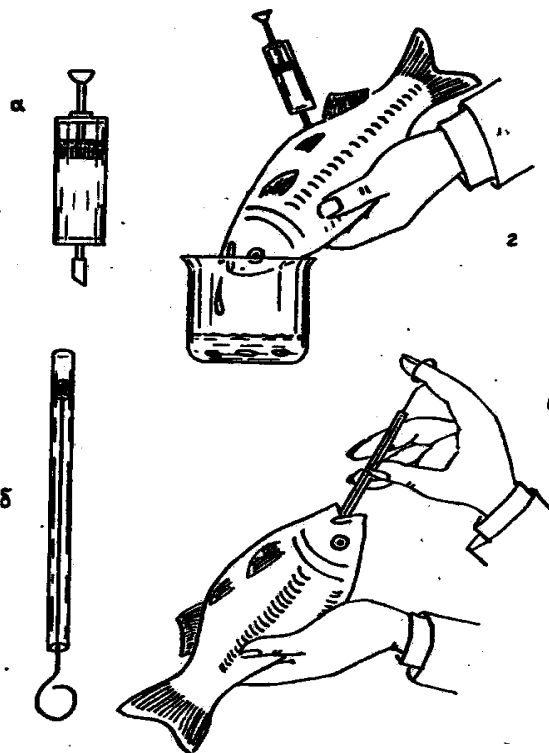


Рис. 7.2. Приемы изучения пищеварения карпа с принудительным кормлением: *а* – шприц с мягкой насадкой для промывания кишечника; *б* – трубка с поршнем для введения вещества в кишечник; *в* – введение вещества в кишечник; *г* – промывание кишечника и получение его содержимого

Сложность балансовых процессов обусловлена, с одной стороны, многокомпонентностью ресурсов роста, а с другой – множественностью влияний внешних и внутренних факторов: видовые особенности рыб, различие размеров тела, температуры, мышечной работы, питания и др. (рис. 7.3).

Отрицательный баланс возникает в случае превышения диссимиляции над ассимиляцией во время голодовок, зимовок, миграций и нереста. Однако отрицательный баланс одних веществ может сопровождаться положительным балансом других. И наоборот – питание и рост могут сопровождаться постепенным истощением запасов какого-либо важного вещества, пока его недостаток не станет патологическим.

$$\text{Баланс} = \text{Приход} - \text{Диссимиляция} \quad (\text{Б} = \text{П} - \text{Д});$$

$$\text{Приход} = \text{Рацион} \cdot \text{Коэффициент усвоения}$$

$$(\text{П} = \text{Р} \cdot K_y = \text{Р} \cdot e^{-1,397/P_{\max}});$$

$$\text{Д}_{\text{общ}} = \text{Д}_{\text{рутин}} + \text{Д}_{\text{диссимиляцияй пищи}} + \text{Д}_{\text{генеративная}}$$

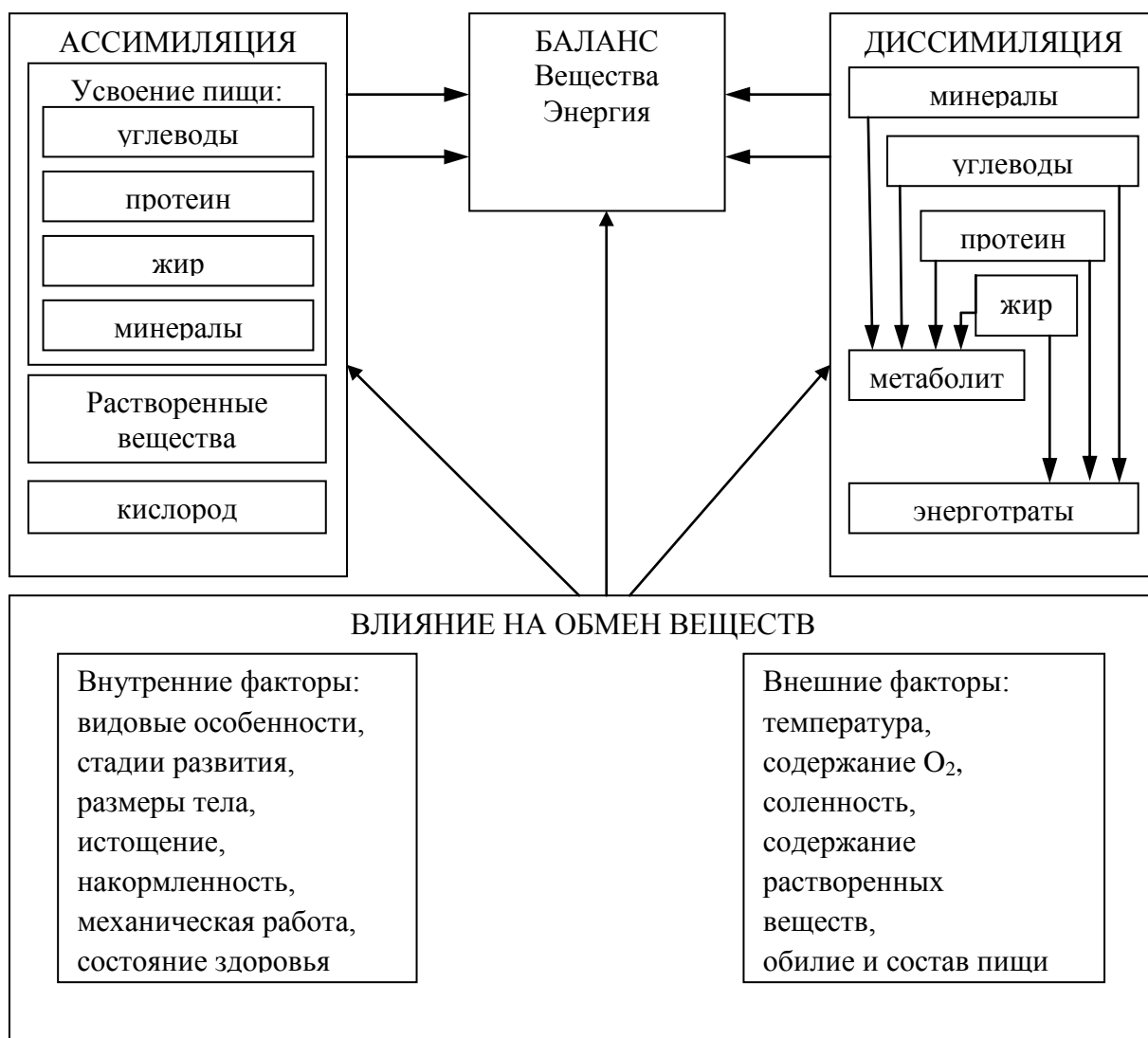


Рис. 7.3. Схема баланса процесса массонакопления у рыб

Потенциальная способность к росту у рыб до полового созревания может быть выражена в виде обратной пропорциональности от кубического корня массы тела, что является отражением так называемого закона поверхности. Максимальный суточный прирост является видовым признаком. В разных систематических группах рыб имеются быстро- и медленно растущие виды. Например, среди изученных в этом отношении карповых потенциальная способность к росту (максимально возможный суточный прирост массы) отличается более чем вчетверо – от $0,006 M^{-1/3}$ для плотвы до $0,26 M^{-1/3}$ для сазана, а среди лососевидных – от $0,07 M^{-1/3}$ для семги до $0,14 M^{-1/3}$ для омуля, для осетровых – от $0,13 M^{-1/3}$ для сибирского осетра до $0,29 M^{-1/3}$ для белуги [11].

Потенциальная способность к росту рыб ограничивается температурой. Снижение температуры от оптимума для роста на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ уменьшает скорость роста в 2–3 раза. Превышение оптимальной для роста

температуры резко снижает его скорость. При низких зимних температурах рыбы зоны умеренного климата не растут, а даже худеют. У карпа при температуре 6 °С и ниже не наблюдается прироста массы даже при наличии лучших кормов, а радужная форель растет и при 2 °С.

Реализация потенциальной способности к росту и массонакоплению требует адекватного притока питательных веществ. Недостаток любого незаменимого элемента потребностей останавливает рост при посредстве механизма потери аппетита и более тяжелых симптомов алиментарной недостаточности, например, авитаминозов. Несбалансированное питание также замедляет и останавливает рост в соответствии с наиболее узким местом удовлетворения потребностей, а в ряде случаев через расстройство пищеварения. Избыток некоторых необходимых нутриентов превращает их в токсиканты. Это относится, прежде всего, к ряду минеральных микроэлементов: медь, цинк, марганец, йод, селен, но имеет место быть также для некоторых витаминов.

Главнейшей рыбоводной задачей является количественное определение главных компонент баланса органических и минеральных веществ в организме рыбы. Ассимилятивные и диссимилятивные процессы происходят в организме одновременно, они взаимосвязаны и даже влияют друг на друга. Расходная часть баланса представляет уровень трат, который зависит от деятельности различных систем: двигательной, метаболической, генеративной. Приходная часть баланса определяется питанием, пищеварением, всасыванием, а также биосорбцией через внешние структуры.

Биосорбция в отношении веществ, кроме молекулярного кислорода, является особенностью гидробионтов и мало известна общей физиологии.

Для технологии товарного рыбоводства основной является способность рыб к накоплению массы тела. Практически весь технологический процесс выращивания ихтиомассы построен на управлении скоростью массонакопления. При этом используются зависимости накопления массы от начальной массы рыб, генетических особенностей вида и экологических условий.

Зависимость скорости массонакопления от начальной массы рыб проявляется в самозамедлении роста: чем выше индивидуальная масса рыбы, тем больше время её удвоения. Эта закономерность нашла отражение в нормативной документации по выращиванию карпа. Так, личинки карпа удваивают массу в среднем ежедневно, мальки – каждые 4–5 суток, сеголетки – каждые 10–15 суток, двухлетки – каждые 20–30 суток.

Под влиянием генетических особенностей на скорость роста понимают в рыбоводстве не только быстрый рост или тугорослость, но и различия внутри видовых форм, например, связанных со сроками и местами размножения или типами питания, а иногда и теплолюбивостью,

закрепленной генетически у породы, как это наблюдается у украинских пород карпа.

Влияют на скорость роста и экологические факторы среды, которые чем полнее удовлетворяют оптимуму вида, тем лучше могут обеспечить максимальные весовые приросты рыб. В связи с этим любой фактор среды может быть оценен по его продуктивному действию, т. е. по способности влиять на результат рыбоводного процесса. Так, температуру в диапазоне 25–30 °С для роста карпа считают оптимальной, а 36 °С – пороговой.

Для характеристики каждого фактора среды рыбоводы пользуются двумя шкалами – качественной экологической и количественной физической. Качественная экологическая шкала включает такие оценки: благоприятные, неблагоприятные, оптимальные, субоптимальные, запороговые, подпороговые, пороговые условия. При этом каждый параметр среды может быть охарактеризован величиной: так, температура – в °С, содержание кислорода в воде и других химических веществ – в мг/л, мл/л, концентрация организмов пищи в естественной кормовой базе – в г/м², г/м³ и т.д.

Классическим примером влияния факторов на рост рыб является резкое изменение темпа роста атлантического лосося, или семги, в связи с изменением условий обитания. В первые годы жизни семги в реке при питании личинками насекомых она растет очень медленно. После скатывания в море в 3–4-летнем возрасте и перехода на питание рыбой ее скорость роста значительно увеличивается: если к 4 году средняя масса достигала 1370 г (по данным Берга), то к 8 годам – 9150 г.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте кривую роста массы рыб и выделите на ней периоды голодания и интенсивного роста.
2. Как связаны весовой рост рыб и питание?
3. В каких исследованиях используют метод принудительного кормления карпа?
4. Какие экологические факторы влияют на рост рыб?
5. Как связан рост рыб с генетическими факторами?
6. В каком диапазоне изменяется величина максимально возможного суточного прироста массы у карповых рыб?
7. В каком диапазоне изменяется величина максимально возможного суточного прироста массы у лососевидных рыб?
8. В каком диапазоне изменяется величина максимально возможного суточного прироста массы у осетровых рыб?
9. Как зависит скорость массонакопления от температуры?

ГЛАВА 8

АККЛИМАТИЗАЦИЯ РЫБ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ ГИДРОБИОНТОВ

Важнейшим методом повышения рыбохозяйственной ценности водоемов является акклиматизация рыб, кормовых и пищевых беспозвоночных. В России работу по акклиматизации осуществляют четыре зональные производственно-акклиматизационные станции (ПАС). Координирует эту работу ЦУРЭН – Центральное Управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по охране, воспроизводству рыбных запасов и акклиматизации.

В 1986–1990 гг. в водоемах бывшего СССР осуществлялось ежегодно 250–300 вселений 30 видов рыб, значительная часть которых приходилась на водоемы России. В последние годы в водоемах России выполняется в год около 100 перевозок 16 видов рыб.

Во внутренних водоемах России уже освоены промыслом десятки видов вселенцев. В естественных водоемах наибольший промысловый возврат дают лещ, судак, толстолобик, сазан, сиг, пелядь, серебряный карась. На долю акклиматизированных рыб приходится значительная часть уловов в озерах, реках и водохранилищах (от 10 до 15 %).

Суммарный улов акклиматизированных рыб, включая промысловый эффект от натурализации, пастбищного рыбоводства и выращивания растительноядных рыб, составил в 1990 г. более 20 % общих уловов во внутренних водоемах (озерах, реках и водохранилищах).

Успешно акклиматизированы:

- в Каспийском море – черноморская кефаль,
- в водоемах европейской части России, юга Сибири – растительноядные рыбы;
- в бассейне Черного моря – дальневосточная кефаль – пиленгас (*Mugil soiuu* Basilewsky);
- в бассейне Азовского моря – дальневосточная кефаль – пиленгас (*Mugil soiuu* Basilewsky) из Японского моря;
- в Баренцевом море – камчатский краб и др.

В результате акклиматизации в ряде водоемов создана новая промысловая ихтиофауна. В ряде озер и водохранилищ уловы акклиматизированных рыб составляют 80 % и более от общей добычи.

Акклиматизация кормовых беспозвоночных в естественных водоемах и водохранилищах повышает рыбопродуктивность в среднем на 20–30 %, а в некоторых водохранилищах Волжского каскада – на 50 % и более.

В Куйбышевском водохранилище широко представлены виды-акклиматизанты различного происхождения. Среди них – понтийские реликты: различные виды амфипод, кумовые раки, мизиды, дрейссена, монодакна, многощетинковые черви.

В Черном и Азовском морях темп роста пиленгаса в сравнении с Японским морем в 1,5–3 раза больше. С 1993 г. разрешен промысел этого вида. В настоящее время вылавливают уже более 4 тыс. т. Общие запасы камчатского краба в Баренцевом море составляют 6 млн шт., а промысловые – 1,5 млн. шт. (1 кг краба стоит 20 \$ США, а средняя масса краба – около 4 кг).

Впервые теоретические основы акклиматизации гидробионтов были изложены в 1940 г. Л.А. Зенкевичем.

В 1940–1941 годах В.И. Жадиным в связи с волжским гидростроительством была высказана мысль о ненасыщенности фауны создаваемых водохранилищ и возможности ее обогащения путем акклиматизации беспозвоночных из других водоемов. Ф.Д. Мордухай-Болтовской (1947) подчеркнул, что обитающая в Азово-Черноморском бассейне каспийская фауна в целом может рассматриваться как богатый фонд для акклиматизации гидробионтов во многих внутренних водоемах.

Возможность использования каспийских видов беспозвоночных для акклиматизации во внутренних водоемах отмечалась многими исследователями [9]. Целесообразность акклиматизации каспийских видов определялась следующими положениями:

- каспийская фауна обладает высокой жизнестойкостью и склонностью к массовому развитию. Многие каспийские виды развиваются в больших количествах, достигая высокой численности и биомассы. Ряд фактов свидетельствует о том, что эта фауна по жизнестойкости и жизненной активности не уступает средиземноморской и пресноводной, видимо даже превосходит последнюю;

- потенциальный ареал большинства каспийских видов чрезвычайно велик и охватывает большинство речных систем и озер умеренных зон;

- все каспийские виды живут на поверхности грунта и относятся к эпифауне или зарываются только в самые верхние его слои. В этом отношении они представляют интерес с позиций большей доступности рыбам, в отличие от пресноводной фауны, среди которой важную роль играют зарывающиеся глубоко в ил пелофилы (личинки хирономид и олигохеты).

Значительный вклад в разработку вопросов теории акклиматизации гидробионтов внесли А.Ф. Карпевич, Е.В. Бурмакин, Л.Н. Гербильский, Г.В. Никольский, Т.С. Расс.

Акклиматизация (от лат. *acl* – к, для и греч. *klima* – климат) – в большом биологическом словаре – приспособление организмов к новым или изменившимся условиям существования, в которых они проходят все стадии развития и дают жизнестойкое потомство. Акклиматизация происходит как при переселении организмов в совершенно новые для них места, так и в области, где они ранее жили, но по разным причинам исчезли (реакклиматизация).

При акклиматизации растений большое значение имеют климатические факторы (температура и влажность воздуха, количество и распределение осадков, световой режим и пр.), тип почв, состав населяющей её микрофлоры и др.

При акклиматизации животных, кроме климатических, важны такие факторы, как наличие врагов, конкурентов по кормам, сезонным убежищам и др.

Акклиматизироваться могут как дикие виды при случайном переселении в новые местообитания, например, при миграции животных, переносе семян водными течениями (естественная акклиматизация), так и домашние животные или культурные растения (искусственная акклиматизация).

Акклиматизацию можно считать завершённой, когда популяция обретает способность поддерживать свою численность в новых условиях среды и восстанавливать её после периодов угнетения.

Вселение нового вида обычно нарушает экологическое равновесие, изменяет сложившиеся цепи питания, ведёт к вытеснению местных видов. Не исключено образование новых видов и поглощение местных форм в результате гибридизации. Поэтому вселение видов в новые для них местообитания с целью акклиматизации требует чрезвычайной осторожности, учёта возможных последствий не только для акклиматизируемых видов, но и для обновленной природной среды.

Акклиматизация гидробионтов – это, в первую очередь, эколого-фаунистическая проблема, и если акклиматизацию понимать как приспособление в широком смысле, то критерием ее должно быть появление приспособительных изменений у вселяемых организмов, а не местонахождение водоема.

В соответствии с современными представлениями под акклиматизацией беспозвоночных понимается процесс приспособления организмов к новым или изменившимся условиям существования, в которых они

проходят все стадии развития и дают жизнестойкое потомство. Высокую степень акклиматизации, когда переселенный вид образует популяцию и становится одним из основных компонентов соответствующего биоценоза, Ц.И. Иоффе (1974) называет натурализацией. Натурализация имеет большое рыбохозяйственное значение, так как вселенные виды при этом широко используются в пище рыбами.

Акклиматизация – это процесс приспособления вселенных в водоемы рыб и других гидробионтов и их потомства к изменившимся условиям среды и формирование в результате этого новой популяции вида под действием естественного отбора. Гидробионты, приспособившись к новым условиям, существуют за счет естественного воспроизводства.

Акклиматизация начинается с **интродукции** – переноса организма в новую для него область, водоем. Однако не всегда этот перенос заканчивается акклиматизацией.

Акклиматизация может быть либо пассивной, когда гидробионтов выпускают в заселяемый водоем при минимальном вмешательстве человека, либо активной, если вселению предшествует работа по выращиванию рыбопосадочного материала.

Вселение – перенос особей того или иного вида в новый водоем, мало отличающийся по своим условиям от старого. В этом случае у вселенцев отсутствует изменчивость.

Зарыбление – регулярный выпуск молоди одного и того же вида рыб, не имеющего или утратившего нерестилища, для нагула в конкретном ранее изученном водоеме.

Рекруты – формы, намечаемые для переселения.

8.1. АДАПТАЦИИ ОСОБЕЙ, ПОПУЛЯЦИЙ, ВИДОВ В ПРОЦЕССЕ АККЛИМАТИЗАЦИИ

8.1.1. Пластичность и адаптивность

Экологическая пластичность живых организмов и их приспособляемость к изменениям условий жизни являются основой акклиматизационного процесса видов.

Пластичность – это свойство живой материи, способствующее благоприятному перенесению изменений внешней среды. Экологическая пластичность в той или иной степени присуща любой живой материи и исчезает только при отмирании.

Особи каждого вида обладают способностью переносить в некоторых пределах изменения среды обитания, приспосабливаться (адаптироваться)

к ним. Степень приспособляемости (адаптивности) особей обусловлена пластичностью и ограничена в основном наследственными свойствами вида, а реакция особей ограничена их физиологической пластичностью, а также качеством и дозой реагента.

Следовательно, адаптивность особей зависит, в первую очередь, от их происхождения и наследственности, физиологической пластичности, стадии их развития, характера реагента.

Прямое действие факторов среды вызывает непосредственный ответ – реакцию организма. Реакция зависит от физиологической пластичности особи, дозы реагента, внезапности и длительности его действия. Например, слишком резкие изменения в среде могут вызвать отрицательную реакцию организма и даже гибель.

В то же время медленное и постепенное изменение дозы реагента позволяет организму привыкнуть к его преобразованию и выживать некоторое время в критических условиях. В связи с этим возник *метод физиологического приучения особей к изменению в среде обитания – метод акклимации*, или *метод физиологической адаптации*. При переносе партии рекрутов, как правило, особи проходят этап акклимации, так как они часто встречаются с измененными условиями среды в заселяемом водоеме.

От возможности своевременного проявления адаптивности зависит выживание интродуцентов и первый этап, или фаза акклиматизации. Так, например, рекруты могут попасть в воду с более низкой температурой в транспортной таре или в водоеме. Резкая смена температуры может погубить всю партию, а при постепенном ее изменении действие температурной разницы смягчается и особи выживают безболезненно. То же самое относится к действию солевых, газовых и других реагентов.

Что же следует понимать под акклимацией?

Под *акклимацией* физиологи понимают процесс физиологического приучения особей к какому-либо одному изменяющемуся фактору среды при прочих благоприятных условиях, что обычно создается в лабораторном эксперименте.

Экологи придают несколько иной смысл этому понятию:

Акклимация – это временное привыкание организма к изменению факторов естественной среды, когда проявляется максимальная пластичность организма, позволяющая некоторое время переносить сублетальные (экстремальные) условия. Акклимация помогает организму проявить адаптационные возможности полностью, но не всегда переходит в адаптацию, направленную на поддержание популяции.

Таким образом, существует различие между понятиями физиологической приспособляемости – (акклимацией организмов) и их наследственными адаптациями.

Краб камчатский – один из наиболее крупных видов крабов Дальнего Востока. Половой зрелости самцы достигают на 8–10 году. На 9–10 году жизни панцирь достигает ширины 11–13 см, а к 16–17 годам – 19–20 см.

Камчатский краб может жить до 20 лет, причем к этому времени ширина панциря достигает 20–25 см. На обработку (по существующим правилам) направляется при ширине панциря не менее 15 см. Средний размер панциря самцов–15–16 см, при размахе ног 1 м. Средний вес самцов–1,5–2,5 кг. Окраска панциря камчатского краба – коричневая с фиолетовыми пятнами по бокам, снизу – желто-белая. Брюшко у самцов имеет форму симметричного треугольника. У самок оно более широкое, полукруглой формы. Под брюшком самки почти в течение всего года идет развитие икры.

Ареал обитания камчатского краба велик. Он встречается в Японском, Охотском и Беринговом морях. Однако наибольшие скопления камчатский краб образует у западного побережья Камчатки, где и сосредоточен основной крабовый промысел.

Зимует камчатский краб на глубинах 200–270 м. Весной в начале апреля начинается миграция краба на мелководье. Температурный режим придонных вод в период весеннего хода колеблется 0 до +2 °С. Краб движется к берегу косяками, причем самки и самцы держатся отдельно. В конце апреля – начале мая самки крабов, достигнув глубин 25–30 м, начинают выметку личинок, нерест протекает при температуре воды у дна от +2 до +4 °С и заканчивается в конце мая – начале июня. Самцы, державшиеся до этого отдельно от самок, смешиваются с ними. Сразу же после спаривания производят смену панциря, при этом они отходят с промысловых полей в места с каменистыми грунтами, где легче укрыться от врагов. Основными рабочими глубинами являются изобаты 30–85 м.

Во второй половине сентября – октябре, в связи с похолоданием вод на мелководье, камчатский краб начинает отходить на большие глубины к местам зимовки. Перемещается краб со скоростью 1,5–2 мили в сутки.

Промысел камчатского краба разрешен в Охотском море, в меньших объемах его добывают у острова Сахалин, Южных Курил, Восточной Камчатки и в Приморье. В прибрежной зоне Приморья промысловые скопления камчатского краба отмечаются на свалах глубин 250–350 м. В заливе Петра Великого промысел камчатского краба запрещен.

Первые попытки разрешить вопрос о вселении камчатского краба в Баренцево море были предприняты в 1932 г., однако после анализа ситуации работы были заморожены из-за отсутствия надёжного способа доставки особей краба с Дальнего Востока.

После войны, в 1951 г., были возобновлены работы по акклиматизации краба в Баренцевом море, однако они снова были прекращены из-за невозможности доставки живьём краба: отловленные животные жили в транспортных резервуарах с водой не более двух суток.

Первая удачная перевозка взрослых особей произошла в 1960 г. Несмотря на длительную, в несколько месяцев, акклиматизацию, погибло порядка 90 % икры, вынашиваемой самками. После этого было принято решение завозить только взрослых особей.

Основной завоз краба проходил в 1961–1969 гг., причём большую часть из них доставили авиатранспортом. В 1977–1978 гг. по железной дороге было доставлено ещё 1200 крабов. Данная операция не являлась необходимой, так как первого камчатского краба выловили в 1974 г. В 1977 г. были пойманы первые крабы у берегов Норвегии.

В настоящее время численность краба в Баренцевом море быстро растёт, к 2006 г. она достигала не менее 100 млн особей. Камчатский краб быстро распространяется к юго-западу вдоль побережья Норвегии и к северу, где уже достиг Шпицбергена. Будучи всеядным хищником, камчатский краб уничтожает местные виды ракообразных, иглокожих (морских ежей) и моллюсков, что вызывает тревогу природоохранных организаций. Коммерческий промысел краба начат Норвегией в 2002 г., Россией – в 2004 г. Квоты на добычу краба Россия и Норвегия определяют самостоятельно, хотя их обсуждает российско-норвежская комиссия по рыболовству. Российская квота на 2008 г. составила около 11,5 тыс. т.

Понто-каспийская группа полихет, представленная видами *Hurania invalida*, *Huraniola kowalewskii*, по мнению Л.А. Зенкевича (1963), может считаться реликтами морской фауны Тетиса. При уменьшении солёности бассейнов – остатков Тетиса (Сарматское море, Понтическое море) – постепенно формировалась их фауна, которая имела солоноватоводный характер.

Кавказские горы в плиоцене разделили Понтическое море на два бассейна: восточный – (Каспийское море) и западный – (Чёрное море).

Западный бассейн, первоначально населённый фауной, сходной с каспийской (Древнеэвксинское море), соединился со Средиземным морем и осолонился, в него проникла средиземноморская фауна, каспийская же отошла в прибрежные части с пониженной солёностью

(Узунларское море). В следующий период, когда бассейн снова потерял связь со Средиземным морем и стал почти пресным, средиземноморская фауна в нем исчезла (Новоэвксинское море) и отсутствовала до тех пор, пока около 10 тыс. лет назад бассейн, снова осолонившись, не превратился в современное Черное море.

Аналогичную историю имеет и восточный (Каспийский) бассейн. Многократное исчезновение и восстановление его связи с западным бассейном оказало исключительное влияние на формирование состава фауны обоих водоемов. В ходе медленного, но непрерывного понижения солености фауна сильно изменялась, в результате уцелели её эвригалинные представители. Вместе с тем, в различные периоды истории в эти бассейны проникали представители пресных вод, и фауна обоих бассейнов приобрела солоноватоводный характер.

В самом полном виде солоноватоводная фауна сохранилась в Каспийском бассейне, в западном же – она вымерла в один из периодов ее истории. А затем при образовании новой связи между ними часть фауны восточного бассейна мигрировала на запад и вновь заселила западный (Черноморский) бассейн. Она и теперь существует в Черном море и называется каспийской. Она известна еще как автохтонная, т.е. имеющая местное происхождение или реликтовая. Около 80 % реликтовой фауны имеет морское происхождение.

Считается, что она появилась и процессе эволюции фауны Тетиса. В Каспийском море, соленость которого составляет примерно 12,5 ‰, автохтонная фауна распределена сравнительно равномерно.

Особенно хорошие условия для существования нашли каспийские виды животных в устьях черноморских рек.

В дельте Дуная обнаружено 96 каспийских видов, причем хипания и дрейссена достигли даже верхнего течения реки (Черное море, 1983). Каспийский комплекс – важная составная часть населения рек Дунай, Днестр, Днепр, Дон, а в последнее время и Волги.

Формы каспийского происхождения для вселения брались главным образом в дельте Дона и Днепра. Для заселения водохранилищ Волги посадочный материал брался из дельты Дона. Каспийские виды в дельте Дона проявляют себя как более реофильные и оксифильные организмы, заселяющие преимущественно песчаные и илисто-песчаные грунты.

Для вселения в водохранилища были использованы 52 вида беспозвоночных. В зоогеографическом отношении подавляющее большинство вселяемых беспозвоночных (более 70 %) относятся к автохтонной фауне каспийского типа.

В водохранилища волжского бассейна вселялись:

- в Рыбинское – мизиды (4 вида), дальневосточная креветка;
- в Горьковское – гаммариды и мизиды;
- в Куйбышевское – мизиды, монодакна;
- в Кутулукское – мизиды;
- в Волгоградское – полихеты (2 вида), мизиды.

Для вселения в Волгоградское водохранилище использовались 2 вида полихет: *Hupania invalida* Grube и *Hipaniola kowalewskii* (Grimm).

Вселение гидробионтов в Куйбышевское водохранилище было начато в 1957 г. и продолжалось до 1968 г. Вселялись 4 вида мизид и моллюск монодакна. Полихеты по этим данным в Куйбышевское водохранилище не вселялись.

Первые результаты акклиматизации мизид и монодакны в Куйбышевском водохранилище приводятся в работах И.В. Егеревой (1975) и других авторов.

Акклиматизация мизид проводилась Центральной акклиматизационной станцией ГосНИОРХ и Главрыбводоом. Мизид завозили из дельты Дона (1957–1963, 1965 и 1967 гг.) и Цимлянского водохранилища (1964, 1965–1966 гг.). В период с 1957 по 1963 годы это происходило осенью, а в последующем – весной. За 1957–1967 гг. в Куйбышевское водохранилище было выпущено 22102 тыс. экземпляров мизид. В основном это были *Paramysis intermedia* и *P. lacustris*. Мизиды *P. ullskyi* и *P. baeri*.

Черноморская кефаль вырастает небольшого размера – до 1 кг, а особи кефали пиленгас – встречаются до 15 кг, внешне эти виды похожи. Кефаль – рыба пелагическая. Пиленгас был завезен в Черное море во второй половине прошлого столетия с Дальнего Востока. На новом месте обитания этот вид быстро прижился и акклиматизировался. Длина тела пиленгаса может достигать 1 м, а вес – 10 кг. Интересно, что на заднем крае каждой чешуйки имеется темное пятнышко, вместе они создают оригинальную окраску, крапчатую продольную полосатость рыбы. Двенадцать буроватых полос расположены продольно по бокам тела. Чешуя покрывает всю голову и ближе к рту уменьшается. Лоб широкий. На грудных плавниках имеется по темному пятну.

Все виды кефалей – стайные рыбы, заходящие в пресную воду лиманов и лагун. Очень чувствительны к понижению температуры воды. Зимуют в открытом море, нагуливают жир весной, начиная с мая, летом и в начале осени обитают на подводных пляжах в прибрежной зоне и мелководных лагунах. Питаются обрастаниями, детритом, червями, рачками, мелкими моллюсками, мотылем. Нерест проходит в открытом море. Кефаль имеет серебристую или серовато – серебристую окраску тела с более темной спиной.

8.2. ОСНОВЫ ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТИ ОРГАНИЗМОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РАБОТ ПО АККЛИМАТИЗАЦИИ ГИДРОБИОНТОВ

С.Н. Скадовский (1955) основой приспособляемости организмов считал обмен веществ и различал два её вида:

пассивная – приспособляемость, при которой преобразование среды приводит к изменению уровня обмена; при этом задерживается рост и развитие организма, но он продолжает жить в течение определенного времени, после чего наступает необратимая фаза и смерть. Это и есть физиологическая адаптация – акклимация;

активная – приспособляемость несмотря на изменения обмена веществ, организм сохраняет жизнеспособность и способность к воспроизводству. Это и есть тип эколого-физиологических и биологических адаптации особей, которые лежат в основе акклиматизации.

Иными словами, при акклиматизации у особей всегда сохраняется некоторый запас «физиологической прочности» (на базе пластичности), а при акклимации он исчерпывается.

8.2.1. Адаптивность и адаптация

Адаптивность, или приспособляемость – это свойство целых систем (организма, популяции, вида, биоценоза) осваивать измененные условия среды, сохраняя при этом видовую специфику. Степень адаптивности ограничивается наследственной консервативностью вида.

Адаптация – это положительный для вида результат проявленных особью адаптивных свойств при ее взаимодействии с измененной средой.

Адаптации – это изменения, возникающие в результате взаимодействия особей (популяций) с измененной средой, но способствующие сохранению целостности вида. Адаптации заметнее всего проявляются в уровне протекания физиологических процессов, в морфологических количественных характеристиках (длина, масса, соотношение частей тела особей и т.д.) и являются основой для внутривидовой изменчивости.

На разных стадиях развития особей их экологическая пластичность меняется. У карповых, окуневых и других генеративно пресноводных рыб наиболее важные процессы, поддерживающие численность популяций, протекают только в пресной воде и в относительно узком температурном диапазоне. Их ранние личинки хорошо переносят соленость от 0 до 3 ‰, температуру 12–18 °С, слабую щелочность и требуют высокой концентрации кормовых организмов (не менее 250–300 экз/л науплий копепод и т.д.). В силу этого личинки рыб наименее жизнестойки.

Хорошо сформированная молодь переносит более высокую соленость (до 10–11 ‰), температуру до 25 °С, пищевой спектр расширяется, она становится менее требовательной и к другим условиям среды, легче избегает хищников, более стойка к болезням и т.д. Поэтому она жизнеспособнее, чем личинки. Взрослые особи большинства рыб еще выносливее. Большая пластичность взрослых особей к изменению факторов внешней среды лежит в основе образования проходных и полупроходных биологических групп генеративно пресноводных рыб и позволяет морским рыбам осваивать пастбища солоноватоводных бассейнов.

Это свойство рыб, а также беспозвоночных животных, является основой для поэтапной акклиматизации.

8.2.2. Приспособления и изменчивость популяций в процессе акклиматизации

Адаптации особей обеспечивают только начальный этап акклиматизации (1-ю фазу). Последующие этапы (фазы) зависят от формирования популяций, их адаптации к новой среде, изменчивости и стойкости изменений, приобретенных в новых условиях. Чем короче биологический цикл вида, тем выше темп приспособления (или вымирания) переселенцев в новых условиях, темп изменчивости и формирования популяции, а следовательно, и темп их акклиматизации и натурализации.

Например, мизиды, которые созревают на 45 сутки, переселенные весной, к осени того же года образуют полноценную популяцию, состоящую из нескольких пометов интродуцированных особей и нескольких (до шести) поколений местного рождения. Влияние элиминации (гибели организмов вследствие различных абиотических и биотических факторов внешней среды) и отбор могут произойти в течение 1–2 лет.

И наоборот, формирование популяции длинноциклового вида протекает долго, их адаптации даже в онтогенезе формируются очень медленно, а изменчивость популяционного характера проявляется через ряд поколений. У белуги, например, не ранее чем через 20–40 лет. В связи с этим процесс акклиматизации можно считать завершенным только при регулярном размножении особей новой популяции, особенно если она благополучно перенесла крайние отклонения в среде обитания.

При увеличении численности особей от повторных нерестов или последующих поколений начинает сказываться и постепенно усиливается

действие биотического окружения: появляются враги, конкуренты, заболевания и, в первую очередь, уничтожаются ослабленные или неприспособленные особи. В результате из поколения в поколение отбираются жизнеспособные особи, и, следовательно, при формировании новой популяции вступает в действие естественный отбор, который и является ведущей силой, направляющей процессы адаптации и изменчивости у акклиматизанта.

Под давлением среды и отбора изменения, возникающие у переселенных особей и их потомства, постепенно усиливаются и становятся нормой физиологических процессов, а также нормой их морфологического статуса. Возникают и закрепляются в ряде поколений морфофизиологические отклонения, способствующие приспособлению и выживанию новой популяции.

Адаптации и изменчивость новой популяции могут привести к повышению интенсивности физиологических процессов, что способствует ускорению темпов роста и созревания, увеличению упитанности особей. Популяция процветает не только в зоологическом, но и в промысловом отношении. Примером подобного явления могут служить сиги в уральских озерах, оз. Севан и др. Улучшение промысловых качеств происходит в результате их воздействия благоприятных температуры, солености, снижения зараженности, появления новых кормовых объектов или их обилия.

В других случаях морфофизиологических изменений у переселенцев не наблюдается, и популяция формируется по типу исходной. Это свидетельствует об отсутствии или незначительном отличии физико-химических и биотических условий в заселяемом и материнском водоемах.

В третьих случаях наблюдается снижение интенсивности физиологических процессов или их перенапряжение, в результате чего уменьшаются темпы развития и роста, снижается или чрезмерно увеличивается плодовитость, что приводит к измельчению особей, ухудшению их упитанности или уменьшению численности и другим неблагоприятным последствиям. Такие популяции нельзя считать процветающими, и они часто теряют промысловое значение. Подобные изменения возникают при переселении рыб и беспозвоночных в сублетальные условия водной среды (температура, соленость, газовый режим и др.), а также водоемы, перегруженные конкурентами и не обеспечивающие нормальное питание растущей популяции.

Для периода формирования популяции переселенных рыб и других организмов характерно появление новых черт в их биологии. Под влиянием биотических отношений часто изменяется характер питания у переселенцев. Особенно легко переходят на питание другими кормами взрослые особи. Например, сиги-планктофаги при переселении в оз. Севан перешли на донное питание – на потребление гаммарид, что привело к увеличению скорости роста и упитанности рыб. Изменяется характер миграций – проходные рыбы становятся полупроходными (рыбец) или туводными (лещ), сдвигается время нереста (лососи, лещ, кефаль) и места нереста (кефаль Каспия).

8.3. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ВЫБОРА ФОРМ ДЛЯ АККЛИМАТИЗАЦИИ

Для повышения эффективности мероприятий по акклиматизации первостепенное значение имеет выбор рекрута, а также стадии посадочного материала для интродукции. Выбор вида является первым этапом теоретической подготовки акклиматизационного мероприятия, а выбор посадочного материала – первым этапом его практического осуществления.

Подход к выбору интродуцентов определяется взглядами на сущность интродукции и хозяйственными целями. Выбор рекрута разный и зависит от того, осуществляется ли интродукция с целью поэтапной акклиматизации, одомашнивания (культивирования) рекрута или с целью его натурализации.

Первыми возникли географические методы выбора интродуцентов (метод аналогов, метод палеоареалов, метод потенциальных ареалов), которые учитывали климатические условия, бывшие ареалы распространения видов. Они не дали необходимого эффекта, поскольку были приблизительными и не учитывали экологические условия, конкретные требования видов к среде.

После неудач в акклиматизации с использованием географических методов более прочные позиции начал завоевывать взгляд на преимущественное значение наследственности и свойств видов, их адаптивных возможностей.

Возникли биоэкологические методы:

- жизненных форм;
- потенциальных свойств видов.

В 1953 г. было выдвинуто учение «о жизненных формах» как основе при выборе рекрутов для интродукции.

Жизненная форма – это исторически сложившаяся структура животных или растений, приспособленная к данным условиям и возникшая под их влиянием.

Под влиянием среды виды способны изменять свои требования в относительно короткий срок, а поэтому и возможна их акклиматизация в условиях, отклоняющихся от исходных, соответствующих пройденному историческому пути.

8.3.1. Метод потенциальных свойств видов

Исходя из происхождения видов, исторического пути, или пройденного, и учитывая современные условия жизни, А.Ф. Карпевич считает, что у особей любой популяции имеются скрытые эколого-физиологические свойства, которые не проявляются в современном местообитании. При изменении среды (или условий жизни) возможно проявление этих скрытых особенностей, вследствие чего увеличивается жизнестойкость вида и расширяются его адаптивные и акклиматизационные возможности. Из этого вытекают следующие выводы:

1) у намечаемых к интродукции видов необходимо изучать (или учитывать) не только характерные для данной расы, подвида черты биологии, экологии и морфологии, но и черты, которые могут появиться в новой среде;

2) при хорошем знании потенциальных свойств популяций, избранных для интродукции, можно предвидеть характер адаптации и направление изменчивости переселенцев, следовательно, можно подобрать им новую среду в большем соответствии с их адаптивными возможностями, но не обязательно аналогичную материнской;

3) эколого-физиологический подход к выбору интродуцентов позволяет использовать адаптивные возможности особей на разных стадиях их развития и выявлять наиболее узкие зоны адаптации в разные периоды формирования рекрутов.

8.3.2. Методы проверки рекрутов

Намеченная в первом приближении к переселению форма должна пройти «экологическую проверку», для чего более углубленно изучают ее требования к среде, используя разные методы и приемы.

Наиболее надежным при проверке пригодности выбранных гидробионтов для акклиматизации является *метод биоэкологического анализа свойств видов*. Однако отдельные черты видовых свойств

не проявляются полностью у популяций в природной обстановке и при полевых наблюдениях могут быть не замечены. Даже при многолетних наблюдениях не может быть полной уверенности, что в этот период встретились все вариации изменений среды, определяющие действительную выносливость вида (или данной популяции) на разных этапах развития особей. Поэтому для проверки экологической выносливости рекрута необходимы широкие экспериментальные исследования в лабораторных или природных условиях. Таким способом были выяснены требования многих видов, предназначенных для акклиматизации.

Как правило, хорошо поставленный эксперимент помогает повысить результативность интродукции, а также помогает предвидеть результаты первых двух этапов (фаз) акклиматизации гидробионтов.

8.3.3. Метод отбора рекрутов по их биологической стоимости и хозяйственной ценности

При выборе объекта для интродукции в целях повышения продуктивности водоема мало учитывать эколого-физиологическую выносливость рекрута и его способность преодолеть особенности среды, необходимо учесть его хозяйственную ценность, биологическую продуктивность и место в трофической цепи и, таким образом, определить его биологическую стоимость.

При направленной акклиматизации всегда нужно учитывать хозяйственную ценность рекрута: его пищевые и вкусовые качества. Одни виды ценятся за вкусовые качества, другие за высокую жирность или отсутствие жира (диетические рыбы), ценность третьих определяется традиционными вкусами местного населения (например, на Каспии сом считается несъедобным, а вобла – ценной рыбой).

При выборе форм для акклиматизации важно учитывать наследственную характеристику роста, общую его потенцию, а изменчивость роста, зависящую от условий среды, можно использовать в полезном направлении в новом местообитании.

Важно, в какую пищевую цепь вводится акклиматизант, ускорит или замедлит его появление круговорот веществ в пищевых цепях и в водоеме. Наиболее рентабельными с точки зрения биологической стоимости и товарной ценности являются мирные виды со средней продолжительностью жизненного цикла (3–6 лет) и высоким весовым ростом. Это бентофаги: сазан, усач, осетровые, краб и др.

Стоимость их пищевых цепей дороже, чем планктофагов, в 2–3 раза, и период созревания удлинен (что увеличивает период оплаты съеденной в водоеме пищи), но эти рыбы имеют большой темп роста и более ценны в пищевом отношении.

Интересным является вопрос вселения хищных рыб. Быстрорастущие хищники, часто и быстро созревающие, обладают наиболее высоким сравнительным коэффициентом продуктивности (СКП), например лососевые. Они вводят в круговорот дополнительные ресурсы (малоценных и сорных рыб), способствуют ускорению их оборота и, как правило, улучшают качество промысловой продукции.

Напротив, вселение мелких тугорослых, короткоциклических хищников почти всегда приводит к снижению качества и количества промысловой продукции. Они выедают мелкие, нужные другим рыбам корма, икру, личинок, молодь рыб, быстро наращивают численность, а сами слабо используются как корм и в промысле.

Осетровые занимают особое место по ценности и биологическим свойствам. Они обладают огромной потенциальной способностью к росту, но из-за чрезвычайно длинного периода созревания их сравнительный коэффициент продуктивности понижен. Они оплачивают корма через десятки лет и замедляют оборачиваемость органического вещества в водоемах. К тому же для хорошего роста им требуются обширные пастбища с высокой плотностью кормовых организмов.

Средне- и длинноточечные виды не в состоянии быстро адаптироваться к новым условиям и увеличивать численность популяции. Они менее конкурентоспособны и часто уступают свой жизненный плацдарм скороспелым видам. Они испытывают и наибольший пресс промысла с самого начала появления в водоеме, и поэтому эти вселенцы требуют к себе более пристального внимания.

Среди осетровых перспективным объектом для акклиматизации является сибирский осетр, который в европейской части России очень хорошо реализует свои потенциальные возможности роста. По средней массе трехлетки, четырехлетки и пятилетки, выращенные в бассейнах, превосходят рыб из естественного водоема в 7–9 раз.

Контрольные вопросы

1. Что называется акклиматизацией рыб и гидробионтов?
2. Приведите примеры успешной акклиматизации гидробионтов.
3. Кем и почему каспийские виды были предложены для акклиматизации во внутренних водоемах России?
4. Объясните термины «интродукция», «рекруты».
5. Какие свойства организмов являются основой для акклиматизации видов?
6. В чем заключается метод физиологической адаптации?
7. Что понимают под акклимацией?
8. Охарактеризуйте методы выбора форм для акклиматизации.
9. Назовите особенности метода потенциальных свойств вида.
10. Какие методы проверки рекрутов Вы знаете?
11. Назовите перспективный объект для акклиматизации в водоемах европейской части России из осетровых рыб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Винберг Г.Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб / Г.Г. Винберг. – Минск: Изд-во БГУ, 1956. – 253 с.
2. Винберг Г.Г. Формирование представлений о продукции / Г.Г. Винберг // Общие основы изучения водных экосистем. – Л.: Наука, 1979. – С. 114–119.
3. Власов В.А. Разведение пресноводных рыб и раков / В.А. Власов. – М.: ООО «Изд-во Астрель», 2004. – 256 с.
4. Грезе Б.С. Определение возможной рыбопродукции / Б.С. Грезе // Рыбные богатства Ленинградской области. – М.; Л.: Пищепромиздат, 1941. – С. 85–89.
5. Козлов В.И. Аквакультура / В.И. Козлов, А.Л. Никифоров-Никишин, А.Л. Бородин. – М.: КолосС, 2006. – 445 с.
6. Серпунин Г.Г. Биологические основы рыбоводства: учеб. пособие / Г.Г. Серпунин. – 3-изд., доп. и перераб. – Калининград: ФГО ВПО «КГТУ», 2006. – 168 с.
7. Толчинский Г.И. Технологические расчеты в карповодстве с помощью рыбоводных планшетов / Г.И. Толчинский, С.А. Баранов, В.Ф. Резников, Е.А. Стариков. – М.: ВНИИПРХ, 1980. – 33 с.
8. Тюрин П.В. Биологические обоснования регулирования рыболовства / П.В. Тюрин. – Изв. ГосНИОРХ, 1973. – Т. 86. – С. 7–24.
9. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. – М.: Пищевая пром-сть, 1975. – 404 с.
10. Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. – М.: Наука, 1984. – 207 с.
11. Купинский С.Б. Взаимосвязь температуры и роста рыб / С.Б. Купинский, С.А. Баранов // Сборник научных трудов ВНИИПРХ. – 1987. – Вып.51. – С. 105–112.
12. Лапицкий И.И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище / И.И. Лапицкий. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1970. – 281 с.
13. Моисеев П.А. Ихтиология / П.А. Моисеев, Н.А. Азизова, И.И. Куранова. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 384 с.
14. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
15. Сабодаш В.М. Разведение рыбы / В.М. Сабодаш. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2006. – 140 с.

16. Уголев А.М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб / А.М. Уголев, В.В. Кузьмина. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 238 с.

17. Шилов И.А. Экология: учеб. для биол. и мед. спец. вузов / И.А. Шилов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 512 с.

18. Щербина М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. – М.: ВНИРО, 2006. – 360 с.

19. Щербина М.А. Практика кормления карповых и осетровых рыб в хозяйствах различных типов / М.А. Щербина, И.Н. Остроумова, Н.В. Судакова. – М.: ВНИРО, 2008. – 161 с.

20. Яржомбек А.А. Биологические ресурсы роста рыб / А.А. Яржомбек. – М.: Изд-во ВНИРО, 1996. – 168 с.

21. Яржомбек А.А. Экология рыб / А.А. Яржомбек, А.В. Козлов. – Калуга: Изд-во науч. лит-ры «ЭЙДОС», 2010. – 146 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА КАК НАУКА	4
1.1. Предмет, методы, задачи рыбоводства	4
1.2. Краткая история рыбоводства	11
1.3. В.П. Врасский – инициатор и организатор первых работ по искусственному воспроизводству рыб в России	13
1.4. Значение рыбоводства в сохранении и увеличении рыбных запасов в условиях антропогенного воздействия на природу	22
ГЛАВА 2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫБ В СВЯЗИ С ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ	29
2.1. Теория экологических групп рыб и ее значение для рыбоводства ..	29
2.2. Теория этапности развития рыб и ее значение для рыбоводства ...	33
2.3. Внутривидовая биологическая дифференциация и ее значение для воспроизводства ценных видов рыб	34
2.4. Реакция популяций рыб на нарушение условий их миграции и размножения	38
2.5. Теория критических периодов	41
ГЛАВА 3. ЕСТЕСТВЕННАЯ РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕЕ ФАКТОРЫ	42
3.1. Методы определения возможной рыбопродукции	42
3.2. Гидробиологический метод определения рыбопродукции	44
ГЛАВА 4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РЫБОВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	50
4.1. Системы прудового хозяйства	50
4.2. Понятие об оборотах в прудовом хозяйстве	52
4.3. Отбор производителей карпа и проведение нереста	54
4.4. Техника вылова, счета и пересадки мальков из нерестовых прудов в выростные	59
4.5. Понятие о гипофизарных инъекциях. Инкубация икры в заводских условиях	63
4.6. Выращивание рыбы в прудах	71
4.7. Выращивание рыбы в поликультуре	73
4.8. Рыбоводные особенности прудов различных категорий	75
ГЛАВА 5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ И НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ ХОЗЯЙСТВ	81
5.1. Характеристика рыбоводных заводов	81
5.2. Характеристика нерестово-выростных хозяйств	85
ГЛАВА 6. КОРМЛЕНИЕ И ПИТАНИЕ РЫБ	88
6.1. Теоретические основы питания рыб	88
6.2. Физиолого-биохимические основы кормления рыб	101
6.3. Способы приготовления искусственных кормов	118

ГЛАВА 7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫБ В СВЯЗИ С ИХ СКОРОСТЬЮ РОСТА	122
ГЛАВА 8. АККЛИМАТИЗАЦИЯ РЫБ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АККЛИМАТИЗАЦИИ ГИДРОБИОНТОВ	130
8.1. Адаптации особей, популяций, видов в процессе акклиматизации .	133
8.2. Основы приспособляемости организмов и их значение для работ по акклиматизации гидробионтов	139
8.3. Принципы и методы выбора форм для акклиматизации	142
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	147

Учебное издание

Калайда Марина Львовна

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА

Учебное пособие

Кафедра водных биоресурсов и аквакультуры

Редактор издательского отдела *М.С. Беркутова*
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать 22.03.2017

Формат 60 × 84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ. Бумага ВХИ.
Усл. печ. л. 8,66. Уч.-изд. л. 9,61. Тираж 500 экз. Заказ № 118/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,
420066, Казань, Красносельская, 51