

В.Я. СКЛЯРОВ

КОРМА И КОРМЛЕНИЕ
РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Издательство ВНИРО

Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО»)

State Committee for Fisheries of the Russian Federation

Federal State Unitary Enterprise
«Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography»
(FSUE «VNIRO»)



V.YA. SKLYAROV
FEEDS AND FISH FEEDING
IN AQUACULTURE

Moscow
VNIRO Publishing
2008

В.Я. СКЛЯРОВ

**КОРМА И КОРМЛЕНИЕ РЫБ
В АКВАКУЛЬТУРЕ**

Москва
Издательство ВНИРО
2008

Редакционный совет ФГУП «ВНИРО»:

канд. геогр. наук Б.Н. Котенев, *др биол. наук* О.Ф. Гриценко,
др техн. наук Л.С. Абрамова, *канд. биол. наук* В.И. Соколов,
др биол. наук Е.В. Микодина, *др биол. наук* А.И. Глубоков,
др биол. наук Н.В. Кловач, *др биол. наук* В.М. Борисов

Рецензенты: *др биол. наук* Е.А. Гамыгин, *др с-х. наук* Ю.П. Мамонтов

Скляр В.Я.

С 42 Корма и кормление рыб в аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 150 с.

В книге содержатся сведения по физиологии пищеварения и биологии питания рыб, дана характеристика основных кормовых средств. Приведено обоснование высокой потребности рыб в протеине и аминокислотах, показаны особенности обмена веществ различных объектов аквакультуры. Предложены лучшие из типовых рационов, разработанные учеными КрасНИИРХа, ВНИИПРХа, ГосНИОРХа, АзНИИРХа. В книге приведены нормы ввода компонентов в комбикорма для разных видов рыб. Представлена методика оценки качества кормов для рыб, основанная на показателях роста и физиологического состояния выращиваемых рыб. Приведены сведения о преимуществе использования современных технологий производства комбикормов.

Для студентов, аспирантов, преподавателей по специальности зоотехния, водные биоресурсы и аквакультура, для работников и специалистов рыбного хозяйства и комбикормовой промышленности.

Reviewers: *Dr. of Biol. Sc.* E.A. Gamygin, *Dr. of Agr. Sc.* Yu.P. Mamontov

Sklyarov V.Ya.

Feeds and fish feeding in aquaculture. – М.: VNIRO Publishing, 2008. – 150 p.

The book contains information on physiology of digestion and biology of fish feeding, characteristic is given of main feeding items. High requirements of fish for protein and amino acids are proved and peculiarities of metabolism in various objects of aquaculture are shown. Best variants of standard rations developed by scientists of KrasNIIRKh, VNIIPRKh, GosNIORKh and AzNIIRKh are suggested. Norms of inputing various components into combined feeds for different fish species are given. Estimation methods for feeds quality based on growth indices and physiological state of farmed fish are shown. Information on advantages of using up-to-date technologies for combined feeds production is presented.

The book is designed for students, post-graduate students, lecturers specialized in biotechnologies, aquatic resources and aquaculture, as well as for experts and specialists in fisheries and combined feeds production.

ISBN 978-5-85382-357-0

© В.Я.Скляр, 2008
© V.Ya. Sklyarov, 2008
© Издательство ВНИРО, 2008
© VNIRO Publishing, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кормление рыб прочно заняло место в науке кормления сельскохозяйственных животных. Это объясняется целым рядом причин, к числу которых, прежде всего, относится факт активного развития аквакультуры — выращивание рыб и других гидробионтов в управляемых условиях, то есть сложные в технологическом отношении методы наивысшей интенсификации рыбоводства — индустриальные формы выращивания рыбы в садках, бассейнах, замкнутых системах, что предполагает высокую концентрацию рыб на единице площади и полноценное кормление.

Дисциплина «кормление рыб» требует знания физиологии пищеварения и ее особенностей у разных объектов аквакультуры, питательных свойств различных видов кормового сырья, принципов составления рецептур комбикормов и, безусловно, технологии их изготовления. Подготовка специалистов в этой области является насущной необходимостью.

Обязательным условием эффективного выращивания полноценного посадочного материала и товарной рыбы в индустриальном рыбоводстве является использование высококачественных сбалансированных кормов. Книга В.Я. Склярера «Корма и кормление рыб в аквакультуре» представляет собой научный труд, где собраны лучшие разработки российских и иностранных специалистов. Валентин Яковлевич Склярер известный ученый у нас в стране и за рубежом в области кормления рыб, выращиваемых в различных системах аквакультуры. Научные труды Валентина Яковлевича отличаются глубиной исследований с использованием новейших методов в изучении обмена веществ у рыб разных видов и возрастных групп. Автором на основе изучения биологии питания и пищевой адаптивной пластичности определены потребности рыб в белке, раскрыты возможности оптимизации рационов при замене дорогих белковых компонентов экономичными. В соавторстве с коллегами им разработаны технические условия (ТУ) на комбикорма для основных объектов рыбоводства (форель, карп, осетровые, каналный сом) с учетом биологических и возрастных особенностей рыб, которые также приводятся в этой книге. Эти ТУ являются базовыми документами при производстве рыбных комбикормов на специализированных комбикормовых заводах.

Книга является актуальной, поскольку поможет решить существенные вопросы Национальной программы по развитию аквакультуры в России. Она будет надежным руководством для специалистов, занятых в рыбоводной отрасли и в производстве комбикормов для рыб. Книга может быть использована при подготовке студентов по специальности водные биоресурсы и аквакультура, зоотехния, а также аспирантов, научных работников и других специалистов.

Доктор биологических наук, профессор *Е.А. Гамыгин*

Доктор сельскохозяйственных наук *Ю.П. Мамонтов*

*Моему учителю
Александру Николаевичу Канидьеву
посвящается*

ВВЕДЕНИЕ

Рыба — один из важнейших продуктов в питании человека. Недостаточное количество ценной рыбопродукции от естественных популяций рыб восполняется деятельностью рыбоводных предприятий как по воспроизводству рыбных запасов, так и по товарному рыбоводству. Современное рыбоводство имеет характер промышленного производства, которое основано на выращивании рыб в регулируемых условиях и настоятельно требует самого серьезного внимания к процессу производства и использованию полноценных и экономически выгодных кормов для всех возрастных групп объектов разведения и выращивания.

Повышение биологической продуктивности внутренних водоемов является одной из главных задач дальнейшего развития рыбного хозяйства страны. Цель товарного рыбоводства — получение максимального объема рыбной продукции с единицы площади в наиболее короткие сроки. Это значит, что необходимо иметь такие корма, которые в максимальной мере обеспечат энергетический и пластический обмен у рыб. Отечественными специалистами разработаны рецепты кормов практически для всех объектов выращивания, однако необходимо повысить их качество с учетом новейших достижений в области науки о питании рыб, сделать конкурентоспособными, в первую очередь за счет применения современных технологий производства.

Решению этой большой задачи должно способствовать наличие четких представлений как о пищевых потребностях разных объектов рыбоводства и особенностях их пищеварения, так и о технологии производства кормов, методах оценки их качества. Большую роль в повышении эффективности отечественных кормов будет играть качество их компонентов (рыбной муки, рыбьего жира и др.), которое сейчас отличается нестабильностью и часто не соответствует требованиям мировых стандартов.

Скорость роста рыб обуславливается взаимодействием двух основных факторов — генотипа и условий обитания, поэтому каждому рыбоводу следует хорошо знать биологические особенности разводимых объектов, оптимальные условия их развития, потенциал темпа роста, закономерности трансформации питательных веществ в организме. В условиях, когда рыба лишена естественной пищи, обмен веществ ее находится прак-

тически полностью под контролем человека. Наиболее важный момент — это определение потребностей рыб в разнообразных питательных веществах (белок, аминокислоты, липиды, жирные кислоты, каротин, макро- и микроэлементы, витамины) и их удовлетворение с учетом особенностей вида, возраста, этапа жизненного цикла, температуры воды и других биотических и абиотических факторов. Именно здесь заложены большие возможности для увеличения скорости роста рыб при минимальных затратах корма с наименьшим загрязнением воды. Снижение содержания продуктов жизнедеятельности рыб в воде положительно сказывается на выживании молоди, повышении качества производителей и их потомства, а в целом — увеличении эффективности всех рыбоводных процессов.

Любой организм на каждом этапе онтогенеза требует определенного соотношения полноценного белка, жира, углеводов и минеральных веществ. Пристального внимания требует проблема белкового питания. Если для мирных рыб (каarp, тиляпия) обеспечение белками в основном осуществляется за счет введения в кормовые рационы растительных компонентов и продуктов микробного синтеза, то хищным рыбам (форель, лососи) требуются дефицитные животные белки. Использование высокобелковых компонентов в виде шротов масличных культур, бобовых растений, кормовых дрожжей различной природы при сочетании с зерновыми культурами (пшеницей, овсом, ячменем) позволяет балансировать и создавать дешевые и полноценные корма для рыб разных видов.

Научно обоснованное применение витаминных, минеральных и ферментных препаратов в сочетании с другими биологически активными веществами позволяет значительно повысить эффективность кормления за счет увеличения доступности и повышения переваримости питательных веществ корма.

Залогом эффективного использования кормов является правильный выбор технологии кормления. Наряду с получением полноценных в питательном отношении и дешевых кормов большое значение имеет суточная ритмика, нормы и способы внесения корма в зависимости от возраста рыб и условий их обитания. В частности, при увеличении массы тела рыб относительная величина рациона уменьшается, а при повышении температуры воды до верхней границы оптимума — возрастает.

В книге предложено научно обоснованное нормирование питательных веществ, лучшие из типовых рационов, разработанных отечественными учеными, ряд способов и норм кормления, которые обеспечат наиболее эффективное использование корма. Выбор способа и его техническое обеспечение должны осуществляться в каждом хозяйстве с учетом объекта выращивания, типа хозяйства, температуры воды, качества корма и т. д.

Своевременный контроль качества кормов определяет эффективность всей последующей технологической цепи и делает планирование получения конечной продукции наиболее объективным. Следует помнить, что использование некачественных кормов обычно приводит к очень тяжелым последствиям, нередко вызывающим массовую гибель рыб.

В книге о кормлении рыб сложно выделить или переоценить какие-то из обозначенных моментов, только практическая реализация знаний по каждому из вопросов обеспечит высокий выход рыбоводной продукции с минимальными затратами.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТОВ РЫБОВОДСТВА



Ихтиофауна континентальных вод России чрезвычайно многообразна и насчитывает более 350 видов рыб. Большое разнообразие видов дает широкие возможности для выбора объектов культивирования в соответствии с природными условиями и потенцией адаптации к конкретным условиям региона. Перечень видов, подвидов и пород рыб – объектов отечественной аквакультуры – включает 120 представителей разных систематических групп (карповые, осетровые, лососевые, сиговые, сомовые и др.).

Разнообразные виды рыб семейства карповых (Cyprinidae) являются традиционными объектами товарного выращивания главным образом в прудах. В центральных и южных районах России в число культивируемых видов входят карп (*Cyprinus carpio*), линь (*Tinca tinca*), белый (*Ctenopharyngodon idella*) и черный (*Mylopharyngodon piceus*) амур, белый (*Hypophthalmichthys molitrix*) и пестрый (*Aristichthys nobilis*) толстолобик и другие. В северных районах, где температурный режим не благоприятен для карпа, выращивают серебряного (*Carassius auratus*) и золотого (*C. carassius*) карася. У карповых рыб нет желудка; процесс пищеварения проходит в кишечнике в слабощелочной или нейтральной среде. Для кормления рыб этого семейства применяют сравнительно недорогие низкобелковые корма с высоким содержанием компонентов растительного происхождения.

Карп (*Cyprinus carpio*) – ведущий объект товарного выращивания как у нас в стране, так и за рубежом. Это теплолюбивая, быстрорастущая и неприхотливая порода рыб, выведенная человеком (родоначальником европейского карпа является дунайский сазан). По типу питания – бентофаг с широким спектром питания и непрерывным потреблением пищи. Взрослые особи, наряду с излюбленной пищей (личинки хирономид, олигохеты, моллюски), потребляют детрит и растительность.

Благоприятный для роста диапазон температуры весьма широк — 18–30 °С. При интенсивном выращивании в садках на теплых водах продукция может достигать 200 кг/м³, в прудах карпа выращивают как в моно-, так и в поликультуре с другими видами рыб. При оптимальных условиях выращивания карп уже на первом году жизни может достигать массы 1.0–1.2 кг.

В результате селекции созданы породы карпа (чешуйчатый, зеркальный, украинский чешуйчатый, голый, украинский рамчатый, ропшинский, белорусский и др.), а также гибридные формы, обладающие высоким темпом роста и устойчивые к заболеваниям. Для всех возрастных групп карпа установлены нормы содержания основных питательных веществ в кормах, разработаны специализированные рецептуры для выращивания в хозяйствах разного типа.

Белый амур (*Ctenopharyngodon idella*) — представитель семейства карповых, акклиматизирован в европейских водоемах в результате завоза молоди из Амура и последующего искусственного воспроизводства. По типу питания — фитофаг, питается высшей водной растительностью, является биологическим мелиоратором в водоемах, заросших макрофитами. При выращивании в поликультуре с карпом потребляет искусственные корма. Белый амур неприхотлив к условиям выращивания. Благоприятные температурные условия для роста сходны с таковыми для карпа — 18–30 °С. В целях повышения рыбопродуктивности прудов при выращивании карпа белого амура используют в качестве добавочной рыбы, наряду с другими дальневосточными акклиматизантами — белым и пестрым толстолобиком и черным амуром, объединяемыми в статистическую категорию так называемых «растительноядных» рыб¹. Кроме того, все перечисленные «растительноядные» рыбы являются объектами пастбищного выращивания в водохранилищах Центрального и Южного регионов России.

Лососевые (Salmonidae) — самая многочисленная в видовом отношении группа объектов отечественной аквакультуры. Около 50 видов и подвидов лососевых рыб являются объектами искусственного воспроизводства и товарного выращивания практически во всех регионах страны. При получении товарной продукции лососевых и сиговых рыб наиболь-

¹ Белый толстолобик питается фитопланктоном, при дефиците которого потребляет детрит. В питании пестрого толстолобика наряду с растительной пищей значительную роль играет зоопланктон. При выращивании в прудах толстолобика, как и белый амур, наряду с естественной пищей, потребляют карповые комбикорма. Черный амур — почти исключительно моллюскоед; используется как биологический мелиоратор, уничтожающий моллюсков — промежуточных хозяев ряда паразитов, — в целях улучшения эпизоотической обстановки в рыбхозах. При дефиците естественной пищи легко переходит на питание форелевыми кормами.

шее развитие получило выращивание в садках, в том числе и в прибрежной зоне морей.

Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) — наиболее широко культивируемый вид лососевых. В Европу радужную форель завезли из Северной Америки в конце XIX столетия. Хищник, что обуславливает высокую потребность форели, как и других лососевых рыб, в белках. Холодолобивый и весьма требовательный к условиям содержания вид: оптимальная для выращивания температура воды 16–18 °С при содержании кислорода в воде, близком к 100%-ному насыщению. К настоящему времени созданы рецептуры сбалансированных кормов для всех возрастных групп радужной форели.

Форель выращивают в бассейнах, садках и прудах. В последние годы в качестве перспективного типа хозяйства рассматривается карпово-форелевое: в весенне-летний период при температуре 20–33 °С выращивают карпа, а в осенне-зимний период при 10–20 °С — радужную форель. За 3.5–4.0 месяца радужная форель достигает товарной массы 150–250 г. Такая технология позволяет сократить сроки выращивания форели в 1.5 раза.

Осетровые рыбы (Acipenseridae) испокон веков привлекали к себе особое внимание благодаря высоким вкусовым качествам их икры и мяса. Ни одна страна мира не обладает таким разнообразием видов этих ценных рыб, как Россия. В середине прошлого столетия были начаты работы по искусственному воспроизводству русского осетра (*Acipenser guldentadti*), севрюги (*A. stellatus*), белуги (*Huso huso*) и стерляди (*A. ruthenus*), обитающих в бассейнах Азовского и Каспийского морей. В настоящее время искусственным путем пополняются также популяции северных и сибирских рек. Последние два десятилетия отмечены стремительным развитием товарного осетроводства — одного из самых рентабельных направлений аквакультуры. Основными объектами товарного выращивания являются разнообразные высокопродуктивные гибриды осетровых, которых выращивают в хозяйствах разного типа: в прудах, садках, бассейнах, установках с замкнутым водоснабжением.

Бестер — созданная отечественными учеными группа специализированных пород осетровых (Бурцевская, Внировская, Аксайская). Основой этих пород, различающихся сроками созревания (получение пищевой икры) и темпом роста (получение мяса), послужил гибрид, полученный от скрещивания самки белуги с самцом стерляди. В бестере удачно сочетаются хозяйственно полезные свойства исходных форм: от белуги он унаследовал хищные инстинкты, высокую пластичность к условиям обитания и быстрый темп роста, от стерляди — способность к раннему половому созреванию. Бестер, как и белуга, легко адаптируется к обитанию в широком диапазоне температуры — 1–30 °С (оптимум для питания и рос-

та — 18–25 °С), переносит кратковременное снижение содержания кислорода, хорошо растет как в пресной, так и в морской воде. При этом, подобно сравнительно стенобионтной стерляди, обладает скороспелостью: получение пищевой икры от самок бестера возможно при достижении ими 3-летнего возраста. Бестер хорошо потребляет искусственные корма. Для разных возрастных групп бестера и других видов осетровых рыб разработаны рецепты пастообразных и гранулированных кормов.

Веслонос (*Polyodon spathula*) — пресноводный североамериканский вид семейства осетровых, обитающий в реках, впадающих в Мексиканский залив (в нашу страну завезен в 1974 г.). По спектру питания близок к пестрому толстолобику: питается фито- и зоопланктоном, использует в пищу детрит. Это сравнительно теплолюбивый вид (диапазон эффективной для роста температуры 16–25 °С), который за 2 года выращивания в прудах Краснодарского края (на естественной кормовой базе с дополнительным кормлением осетровыми комбикормами) достигает массы 3–4 кг.

Канальный сом, или сомик-кошка (*Ictalurus punctatus*) — представитель отряда сомообразных (Siluriformes), популярный объект культивирования в США. В 1972 г. этот вид был завезен в южные районы нашей страны. По типу питания — полифаг: питается беспозвоночными, использует в пищу также икру и мальков других рыб. Сомик-кошка весьма неприхотлив к условиям выращивания, однако это теплолюбивый объект: благоприятный для роста диапазон температуры — 22–33 °С. Поэтому выращивать его в прудах целесообразно в районах, где температура воды 22 °С удерживается не менее 4 месяцев в году. Большие перспективы имеет выращивание канального сома в условиях промышленных хозяйств; в настоящее время в нашей стране его выращивают главным образом на теплых водах энергообъектов с использованием форелевых комбикормов.

Тилапии (сем. Cichlidae) — многочисленная группа рыб (более 70 видов), обитающих в водоемах Африки и Ближнего Востока; по объему мирового производства в аквакультуре занимает второе место после карповых. Наиболее популярными объектами выращивания являются представители рода *Oreochromis* (15 видов). Впервые в нашу страну тилапия была завезена в 1961 г. Для тилапий характерна всеядность: в естественных условиях используют в пищу фито- и зоопланктон, детрит, высшую водную растительность; при товарном выращивании способны потреблять практически любые комбикорма. Тилапии способны сохранять высокий темп роста при сверхплотных посадках, что позволяет получать за 5–6 мес. выращивания до 150–200 кг/м³. При этом они весьма нетребовательны к условиям содержания и устойчивы к заболеваниям. Тилапии могут существовать в довольно широком диапазоне температуры — 8–43 °С; оптимум для воспроизводства и выращивания — 25–32 °С. Устойчивы к дефициту кислорода (пороговое содержание кислорода 0.2–0.5, оптимальное —

5–10 мг/л) и кислой реакции среды (выдерживают снижение рН до 3.8–4.0, оптимум – 6.0–8.0). Большинство видов в той или иной мере эвригалинны и могут жить как в пресной, так и в соленой воде (8–15 ‰). Раннее половое созревание (в возрасте 3–6 мес.) и способность нереститься через каждые 4–6 недель позволяют организовать полициклическое выращивание. В нашей стране тилапий можно выращивать в условиях садковых и бассейновых хозяйств на теплых сбросных водах, в установках с замкнутым циклом водоснабжения, а также в прудах, снабжаемых геотермальной водой.

Угорь (*Anquilla spp.*) – хищная рыба с широким спектром питания и сложным жизненным циклом. Посадочный материал – так называемых стеклянных угрей – отлавливают в устьях рек в зимние месяцы и высаживают в основном в небольшие пруды. Только в апреле, когда температура воды достигнет 15 °С, начинают кормление. Благоприятный для выращивания европейского угря диапазон температуры 20–28 °С. В нашей стране угря выращивают в садках и бассейнах на водоемах-охладителях при постоянном водообмене.

ПИТАНИЕ И ПИЩЕВАРЕНИЕ



Питание – это последовательная цепь процессов (захват пищи, ее заглатывание, переваривание и усвоение питательных веществ), обеспечивающих организм различными химическими соединениями, необходимыми для его роста, жизнедеятельности и воспроизводства. Пищеварение – совокупность процессов, обеспечивающих механическое измельчение и химическое преобразование потребленной пищи на компоненты, пригодные к всасыванию и участию в обмене веществ. Поступающая в организм пища переваривается под действием различных гидролитических ферментов. Основными конечными продуктами расщепления белков являются аминокислоты, отчасти мелкие пептиды, жиров – глицерин и жирные кислоты, углеводов – моносахариды. Все эти соединения подвергаются всасыванию, и из них в органах и тканях вновь синтезируются сложные, специфические для организма соединения.

Способы захвата пищи

По типу основной пищи, потребляемой взрослыми рыбами, их разделяют на три основных группы: растительноядные, плотоядные мирные и хищные. Среди растительноядных обычно выделяют рыб, питающихся детритом, водорослями и высшей водной растительностью. Среди мирных плотоядных рыб выделяют бенто- и планктофагов.

Захват пищи у большинства рыб происходит путем ее всасывания в ротовую полость. Засасывающий эффект возникает в результате быстрого расширения ротовой полости и возникающего при этом перепада давления, за счет которого пища втягивается в рот. Объем ротовой полости при этом увеличивается в несколько раз, например, у речного окуня в 6 раз, а у рыбы-клоуна в 12–14 раз. Таким способом питаются как хищники (щука, окунь, судак, жерех), так и мирные рыбы (каarp, карась, плотва).

Одним из способов захвата пищи является фильтрация. Рыба с широко открытым ртом плывет сквозь скопление пищевых частиц или орга-

низмов, которые оседают на густых и длинных жаберных тычинках, играющих роль сети. Особые движения ротовой полости сгоняют пищевые частицы в глотку (китовая акула, хамса, некоторые ставриды, толстолобики). У белого толстолобика, питающегося сестоном (водоросли, бактериопланктон, детрит), жаберные тычинки особенно длинные и часты. Более того, они сращены друг с другом и в некоторых местах образуют настоящую сеть. Пищевые частицы сползают с этой сети вместе со слизистой лентой, движущейся в глотку в результате дыхательных и глотательных движений.

Некоторые рыбы, такие, как лобан, белый амур, карп, способны отрывать питательные частицы, схватив их губами. Жевать пищу, т. е. измельчать ее до проглатывания, способны карповые рыбы, у которых имеются глоточные зубы. Карп способен перемалывать глоточными зубами даже сухое жесткое зерно и затем выплевывать шелуху. Особое значение глоточный аппарат имеет в питании растительноядных рыб, питающихся жесткой растительностью. Водоросли и трава перетираются в волокнистую массу, которая становится более доступной пищеварительным ферментам.

Количество потребляемой пищи

Величина разового приема пищи — ее насыщающее количество, которое рыба может съесть за один прием, — отличается у рыб с разным типом питания. Хищные рыбы (лососи, щука) способны заглатывать жертву размером до 25% собственной массы тела, но их питание носит нерегулярный характер. Мирные плотоядные рыбы (карп, карась, линь, лещ, плотва) питаются практически постоянно и поедают за один раз гораздо меньше пищи. Рыбы, питающиеся фитопланктоном и имеющие относительно длинный кишечник (белый амур, толстолобики), обычно потребляют количество пищи, равное 10% массы тела. В среднем за длительный промежуток времени максимальный рацион хищных рыб несколько больше, чем у растительноядных.

Объем единовременного приема пищи меняется с возрастом. Разовая вместимость пищеварительного тракта личинок не превышает 10% массы их тела, а высокая интенсивность питания оказывается возможной благодаря быстрому прохождению пищи сквозь пищеварительный тракт. Насыщающее количество сухого корма по мере роста карпа от 5 до 100 г понижается более чем вдвое — с 1.2 до 0.5%.

Интенсивность питания рыб зависит от температуры. Карп начинает потреблять значительное количество корма при температуре выше 10 °С, форель — выше 2 °С. Рыбы умеренного климата, как правило, продолжают питаться в течение всей зимы, что делает возможным подледный

крючковой лов. При содержании сеголеток карпа зимой при температуре 12–14 °С они растут, хотя и медленно, и за зиму их масса может увеличиться вдвое. Интенсивность потребления пищи начинает снижаться при подъеме температуры за пределы благоприятного диапазона. Для карпа верхней границей этой температурной зоны является 32 °С, для форели — около 20 °С. Аппетит рыб понижается при других неблагоприятных условиях окружающей среды, в частности, при низком содержании кислорода. Большинство рыб прекращают питаться также в период нереста и ухода за потомством.

Продолжительность пребывания пищи в пищеварительном тракте

Согласно терминологии, введенной Г. Клустом, различают: время прохождения пищи по пищеварительному тракту — от момента принятия пищи до появления первых фекалий — и время пребывания пищи в кишечнике — до полного освобождения кишечника от остатков съеденной порции корма.

Непереваренные остатки одной порции пищи, принятой в течение короткого промежутка времени, выводятся из кишечника довольно долго. Причем не вся порция корма находится в пищеварительном тракте одинаковое время. Пропускная способность кишечника несравнимо меньше, чем пропускная способность глотательного аппарата. Из передней накопительной части пищеварительного тракта первично обработанная и разжиженная пища (химус) проходит в более узкую дистальную часть постепенно, небольшими порциями. Чем больше проглочено пищи, тем больше интервал между выходом первых фекалий и их последних порций. Быстрее всего опорожняется кишечник у личинок. Опорожнение кишечника мелких личинок морских тепловодных рыб происходит за 1–3 ч; у личинок холодноводных рыб, например у форели, пищеварительный тракт опорожняется гораздо медленнее — приблизительно за 2 сут. Скорость опорожнения пищеварительного тракта у растительноядных рыб (белого и пестрого толстолобиков) выше, чем у карпа или канального сомика. Растительноядные рыбы приспособлены пропускать сквозь кишечник огромное количество пищи, из которой они получают только легкоусвояемые вещества. Плохо переваримые вещества, например, хлопчатая вата, полиэтилен, могут закупоривать кишечник рыбы. У форели корм, содержащий 50% крахмала, вызывает расстройство пищеварения, сопровождающееся катастрофическим падением усвояемости корма и сокращением времени пребывания пищи в пищеварительном тракте.

Строение пищеварительной системы

Пищеварительная система рыб представлена ротовой полостью, глоткой, пищеводом, желудком, кишечником и системой пищеварительных желез. От пищеварительной системы, типичной для высших позвоночных, она отличается следующим: отсутствие слюнных желез, слабая дифференциация кишечника, отсутствие на нем ворсинок, диффузное расположение поджелудочной железы, образующей с печенью единую структуру — гепатопанкреас. Специфические особенности структуры пищеварительного аппарата у рыб с разным типом питания обусловлены адаптацией к усвоению потребляемой ими пищи. Например, у таких бентосоядных рыб с широким спектром питания и непрерывным потреблением пищи, как карповые (Cyprinidae) и губановые (Labridae), отсутствует желудок (так называемые безжелудочные рыбы). У многих рыб (хищных, детритофагов и др.), имеющих хорошо развитый желудок и короткий кишечник, всасывающая поверхность пищеварительного тракта увеличивается за счет слепых выростов кишечника (пилорических придатков), отходящих от него в непосредственной близости от желудка. Их число может быть различно — от 2–3 у речного окуня до 400 у некоторых лососей. У радужной форели, в частности, пилорические придатки составляют $\frac{2}{3}$ всей поверхности кишечника. У планктоноядных рыб к пищеварительным органам относится жаберный аппарат, жаберные тычинки которого выполняют функцию фильтрации пищи.

Хищные рыбы заглатывают пищу, не пережевывая. В глотке жертва обволакивается слизью, выделяемой многочисленными железистыми клетками, и через широкий и короткий пищевод поступает в хорошо развитый мускулистый желудок, который весьма эластичен и растяжим. Его величина непосредственно зависит от размеров потребляемых жертв. В желудке съеденная пища накапливается, благодаря сокращению мышц желудка измельчается и под воздействием желудочного сока, содержащего соляную кислоту и ферменты, переваривается и превращается в химус. Периодически порции химуса эвакуируются в кишечник, отделенный от желудка сфинктером. Кишечник хищных рыб представляет собой короткую трубку, его длина, как правило, не превышает длину тела. Непосредственно за желудком открывается гепатопанкреатический проток, по которому в кишечник и в отходящие от него пилорические придатки поступают ферменты, вырабатываемые печенью и поджелудочной железой. По мере прохождения химуса по кишечнику происходит переваривание биополимеров и всасывание продуктов их расщепления.

Безжелудочные рыбы, многократно захватывая и выплевывая пищу, измельчают ее с помощью глоточных зубов. Через глотку и пищевод пища поступает в кишечник, представляющий собой длинную, в передней

части заметно расширенную, а затем постепенно суживающуюся трубку. Длина кишечника у карпа превышает длину тела в 2–3 раза. Передний отдел кишечника у карповых и других безжелудочных рыб играет роль накопителя и способен сильно растягиваться. Однако в связи с отсутствием сфинктеров пища непрерывно поступает в последующие участки кишечника. Гепатопанкреатический проток открывается в самом начале переднего отдела кишечника сразу за пищеводом. Кроме того, на всем протяжении кишки в нее впадают мелкие протоки поджелудочной железы. Проглоченная пища быстро вступает в контакт с желчью и пищеварительными соками, превращаясь в химус. Отделение поджелудочного и кишечных соков происходит непрерывно, вне зависимости от присутствия или отсутствия пищи; желчь при ограничении или отсутствии пищи концентрируется в желчном пузыре.

У осетровых рыб кишечник короткий, но сложно устроенный: трубка с толстыми стенками, внутри которой расположена складка в виде спирали (так называемый спиральный клапан), увеличивающий поверхность кишечника. Спиральная складка имеется у некоторых лососевых и сиговых рыб; число витков может достигать 40.

Высокий однослойный цилиндрический каемчатый эпителий, выстилающий внутреннюю поверхность всех отделов кишечника, состоит из энтероцитов и многочисленных железистых бокаловидных клеток. Энтероциты рыб продуцируют ферменты, которые выделяются в полость кишечника и по своему строению сходны с энтероцитами высших позвоночных. Железистые клетки вырабатывают слизь, способствующую прохождению пищевого комка по кишечнику.

Пищеварительные ферменты и железы

Пищеварительные ферменты относятся к классу гидролаз, катализирующих реакции гидролиза – расщепления органических веществ с присоединением элементов молекулы воды к месту разрыва. Гидролазы носят названия по тем веществам, на которые воздействуют. Протеины (белки) расщепляются протеазами, липиды (жиры) – липазами, углеводы – амилазами. Ферменты синтезируются в форме неактивных предшественников – проферментов, что предотвращает самопереваривание тканей. В пищеварительном тракте рыб обнаружено около двух десятков различных ферментов.

Протеазы подразделяют на экзо- и эндопептидазы. Экзопептидазы катализируют отщепление аминокислотной части молекулы белка или пептида, эндопептидазы гидролизуют преимущественно внутренние пептидные связи. Пепсин – протеолитический фермент желудочного сока – вырабатывается клетками слизистой желудка в виде неактивного предше-

ственника пепсиногена; его превращение в пепсин происходит автокаталитически в присутствии соляной кислоты желудочного сока, а также под влиянием активного пепсина. Каталитическая активность пепсина проявляется в кислой среде (оптимум действия при рН 2–4). При переходе химуса из солянокислой среды желудка в нейтральную или слабощелочную среду кишечника пепсин теряет активность. При кишечном пищеварении пепсин подвергается деградации и усвоению вместе с другими пищевыми белками. У безжелудочных рыб пепсин отсутствует.

Кишечные протеазы (трипсин, химотрипсин, карбоксипептидазы) синтезируются клетками поджелудочной железы и выделяются в кишечник в неактивной форме в виде трипсина, химотрипсина и прокарбоксипептидаз, активируются трипсином. Оптимум каталитической активности кишечных протеаз при рН 7–9.

К протеазам относятся также ферменты, расщепляющие соединительнотканые белки: коллагеназа расщепляет коллаген кожи, чешуи, плавников, костей; эластаза расщепляет эластин связок.

Амилазы катализируют гидролиз полисахаридов до глюкозы. Процесс последовательного расщепления полисахаридов (гликогена, крахмала и др.) до олигосахаридов и свободных сахаров осуществляется в присутствии высокоспецифичных амилаз. Дисахариды мальтоза и сахароза разлагаются ферментом мальтазой на две молекулы глюкозы (сахараза обнаружена у рыб в очень малых количествах). Хитиназа расщепляет полимер аминоксахара хитин; муказы – муцин слизевых желез; лизоцим – полимеры бактериальных оболочек. Крахмал, целлюлоза, лигнин, хитин и другие структурные полисахариды плохо усваиваются рыбами; у многих видов отсутствуют соответствующие ферменты. Их расщепление идет в основном с помощью ферментов, синтезируемых микрофлорой, которая населяет кишечник, и лишь частично под действием панкреатических и кишечных ферментов. Хитиназа обнаружена у многих видов рыб, но ее активность сравнительно не высока, о чем можно судить по наличию в их фекалиях остатков хитиновых покровов насекомых и ракообразных.

Липазы катализируют гидролитическое отщепление жирных кислот от нейтральных липидов (глицеридов) и полярных липидов (фосфолипидов, эфиров стероидов и др.). Эфиры холестерина расщепляет специфический фермент холестеринэстераза. Ферменты, расщепляющие эфиры низших, растворимых в воде жирных кислот, называют эстеразами.

Главный источник кишечных ферментов – поджелудочная железа, или панкреас, которая выделяет три группы высокоактивных ферментов: протеазы (трипсин, химотрипсин, различные пептидазы), амилазу, липазу.

Большую роль в пищеварении играет печень. Ее секрет – желчь – вырабатывается клетками печени – гепатоцитами – непрерывно, но при

недостатке или отсутствии пищи она концентрируется в желчном пузыре. Желчь облегчает всасывание жиров, одновременно стимулирует секреторную функцию поджелудочной железы, а также тонус и моторику переднего отдела кишечника и препятствует развитию гнилостной микрофлоры. Более половины сухого вещества желчи приходится на желчные кислоты. Натриевые соли желчных кислот — хорошие эмульгаторы: эмульгируя жиры, они способствуют их всасыванию и перевариванию в кишечнике; аналогично ускоряется усвоение жирорастворимых витаминов. В кишечнике основная часть желчных кислот вновь всасывается и возвращается в печень. Помимо желчных кислот секрет печени содержит желчные пигменты, холестерин и неорганические соли. В желчи обнаруживается амилазная, липазная и протеазная активность.

Следует отметить, что на ферментативную активность оказывает влияние качественный состав пищи. Например, у форели при потреблении корма с высоким содержанием крахмала сокращается секреция амилаз и соответственно понижается степень усвоения крахмала; при этом за счет выделения воды в просвет кишечника усиливается перистальтика, что ускоряет эвакуацию пищи. У плотвы при уменьшении количества крахмала в пище амилазная активность кишечника увеличивается. При кормлении карпа кормом, содержащим богатые крахмалом компоненты, повышается амилолитическая активность панкреатической ткани, но этого не наблюдается в слизистой и химусе, что, возможно, связано с понижением секреции.

В целом, у имеющих желудок хищных рыб, по сравнению с безжелудочными рыбами, шире набор протеолитических ферментов, амилолитических, наоборот, меньше, и их каталитическая активность ниже. Переваривание белков у хищных рыб начинается в кислой среде желудка при участии пепсина, а у безжелудочных весь процесс расщепления белков происходит в нейтральной или щелочной среде кишечника.

Активность всех пищеварительных ферментов с повышением температуры увеличивается, достигая максимума при 37–42 °С, дальнейшее повышение температуры ведет к резкому падению ферментативной активности. Однако термоустойчивость ферментов находится в прямой зависимости от температурных условий обитания вида: у теплолюбивых видов этот показатель выше, чем у холодолюбивых.

Переваривание и усвоение пищи

Даже подвергнутая ферментной обработке пища является только объектом усвоения. Усвоить вещество, сделать его своим — значит ввести его в состав клеток и внутренней среды организма. Существует несколько путей усвоения веществ в пищеварительном тракте: фагоцитоз, пиноцитоз,

активное всасывание низкомолекулярных веществ, пассивное всасывание веществ по градиенту концентрации. Скорость всасывания характеризуется временем, которое требуется для усвоения в кишечнике половины вещества: чем короче этот период, тем лучше усвоение вещества.

Пища под воздействием пищеварительных соков желудочно-кишечного тракта расщепляется на мономеры, которые, достигнув поверхности слизистой оболочки кишечника, начинают всасываться. Этот процесс называется полостным пищеварением. На внешней оболочке энтероцитов имеются выросты (микроворсинки), за счет которых многократно увеличивается поверхность контакта частиц пищи с всасывающими клетками. Часть ферментов адсорбируется на микроворсинках. Здесь, на границе внеклеточной и внутриклеточной сред, завершается расщепление пищевых частиц до мономеров и начинается их перенос через мембрану во внутреннюю среду клетки путем пассивного (диффузия) или активного (с участием транспортных систем и затратой энергии АТФ) всасывания. Этот процесс получил название пристеночного, или мембранного пищеварения.

Переваривание и всасывание нутриентов происходит на всем протяжении кишечника; у желудочных рыб всасывание начинается в желудке. По мере продвижения химуса по пищеварительному тракту в его составе снижается содержание азотсодержащих веществ и липидов, но увеличивается концентрация углеводов и минеральных элементов. В конечных участках кишечника рыбы завершаются процессы расщепления и всасывания питательных веществ. Здесь происходит всасывание воды и пищевой химус превращается в экскременты, представляющие собой остатки непереваренной пищи, бактериальную массу и эндогенные вещества. Обезвоживание фекалий у рыб происходит в меньшей степени, чем у теплокровных животных: влажность экскрементов обычно не менее 90%. В сухом веществе содержится 7–17% сырого протеина, 50% и более углеводов, 15% и более минеральных веществ. Экскременты обволакиваются большим количеством слизи и удаляются из организма в виде нитей или комочков в результате перистальтических движений кишечника.

Естественная животная пища переваривается и усваивается рыбами вполне удовлетворительно (на 80% и более). Однако при питании несбалансированными искусственными кормами усвояемость химических соединений, которые организм получил в избытке, понижается. Кроме того, усвоение одного и того же корма ухудшается по мере увеличения интенсивности его поедания.

При оптимальной величине рациона белок искусственных кормов усваивается карпом на 70–90%, крахмал – на 16–83 (в среднем 50)%. Усвоение питательных веществ зерен, проглоченных карпом целиком, незначительно – всего 15–30%. Зерна проса, пшеницы и других злаков выхо-

дят из кишечника карпа целыми, хотя и несколько размягченными и набухшими. Однако карп редко проглатывает зерна целиком, обычно он их хорошо перетирает глоточными зубами. Усваиваются даже белки чешуи и костей рыб. Значительно менее доступны пищеварительным ферментам водоросли, жесткая растительность, детрит, бактериальная масса. Только часть бактериальных клеток теряют целостность, и их содержимое становится доступным ферментам. Часть водорослей после пребывания в кишечнике молодки растительноядных рыб остается жизнеспособной.

В кишечнике усваиваются не только питательные, но и содержащиеся в пище вредные для организма вещества — соли свинца, ртути, кадмия, ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве, ядовитые и дурно пахнущие вещества кормовых компонентов. При выращивании товарной рыбы следует иметь в виду, что все эти вещества могут аккумулироваться в рыбе.

Много проблем возникает в связи с усвоением сухих комбикормов. Белки и жиры сухих кормов усваиваются хорошо, если агрегатное состояние корма позволяет пищеварительным сокам проникать в пищевые частицы. При изготовлении кормов сухие ингредиенты подвергаются помолу, а затем влажному или сухому прессованию; проникновение соков в частицы зависит от их свойств и тонины помола. Более тонкий помол способствует увеличению поверхности контакта частиц с молекулами ферментов. Сырьем для приготовления кормов для рыб служат различные отходы пищевого производства — жмыхи и шроты, зерновые отходы, мука из рыбных отходов и отходов бойни, подвергнутые сушке для большей сохранности. Некоторые вещества спекаются при тепловой обработке в плотную, плохо набухающую массу. Так бывает с кровяной мукой, дрожжевой и бактериальной массой.

Тепловая обработка в ряде случаев изменяет доступность отдельных ценных элементов питания, например, аминокислоты лизин. При сушке естественного сырья, являющегося сложной смесью различных веществ, к свободной аминокислоте лизина, входящей в белок, могут присоединяться молекулы сахаров и некоторых других веществ. Это затрудняет гидролиз лизина в пищеварительном тракте рыб, в результате чего его усвоение может сократиться вдвое. Такое явление сильно ухудшает питательность корма, так как в растительных ингредиентах кормов лизин и без того является дефицитным элементом.

Доступность крахмала действию пищеварительных ферментов также зависит от его обработки. Структурными элементами крахмала являются амилоза и амилопектин. Амилоза легко ферментируется и быстро расщепляется на мономеры. В молекуле пектина имеется труднодоступная сердцевина, доля которой может достигать 40%. Усвоение крахмала

существенно улучшается после растворения, варки, желатинизации (обработка в автоклаве).

— Усвояемость рыбами пищевых жиров, как правило, хорошая. При ферментной обработке (мацерации) пищевых организмов в желудке или переднем отделе кишечника жировые вещества подвергаются действию липаз, еще будучи диспергированы в клеточных структурах жертв. При приготовлении сухих кормов обычно используют легко доступные липазам пищеварительного тракта рыб жидкие жиры и масла, которые смешивают с сухими ингредиентами корма. Хуже расщепляются этими ферментами твердые жиры, содержащие соединения пальмитиновой и стеариновой жирных кислот, поэтому их применение ограничено.

ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ РЫБ



Для нормального развития и роста рыбы, как и другие животные, нуждаются в определенном наборе питательных веществ. В процессе эволюции у разных видов рыб выработались адаптационные механизмы к питанию (отысканию, захвату, перевариванию, усвоению) тем или иным типом кормов. При этом рыбам свойственна определенная пластичность в выборе кормов в связи с этапами индивидуального развития, сезонными изменениями кормовой базы, обилием того или иного вида корма и его доступностью в разных местообитаниях. Однако эта приспособляемость рыб не беспредельна, поэтому при составлении пищевых рационов необходимо учитывать пищевые потребности конкретного объекта выращивания и его физиологические особенности к усвоению компонентов, входящих в состав искусственных диет.

Кроме того, рыбы не могут синтезировать некоторые вещества и обязательно должны получать их с пищей. Короткий пищеварительный тракт рыб и низкая температура обитания препятствуют развитию обильной микрофлоры, которая у теплокровных животных в значительной мере обеспечивает организм витаминами. Необходимый для нормальной жизнедеятельности витаминный комплекс, в том числе и витамин С, имеющий большое значение для роста и развития, рыбы получают с пищей.

В то же время, в отличие от наземных животных макро- и микроэлементы попадают в организм рыб не только с пищей, но и непосредственно из воды, главным образом через жабры. В частности, содержание кальция в воде обычно достаточно для удовлетворения рыб в этом элементе. Фосфор находится в воде в минимальных количествах и поступает в основном с пищей.

Принципы нормирования кормления

Потребности рыб в питательных веществах регулируются генетически обусловленным уровнем обмена веществ. Потребление же корма в необходимом количестве регулируется целым комплексом условных рефлекторных связей, которые по терминологии животноводов могут быть обобщены термином аппетит. Аппетит возбуждает секрецию пищеварительных ферментов, способствует перевариванию и усвоению питательных веществ корма. В то же время аппетит зависит от содержания в крови продуктов промежуточного обмена, уровня усвоения их клетками, цвета и запаха корма, температуры воды и газового режима, а также других абиотических и биотических факторов. Поэтому для достижения высоких рыбоводно-экономических показателей нельзя полагаться только на аппетит рыб. Следует организовывать кормление рыб по научно обоснованным нормам. Нормирование кормления рыб приобретает особую важность в условиях их интенсивного выращивания. Кормление по нормам позволяет планировать производство кормов и рыбной продукции, способствует повышению ее качества, улучшению экономических показателей работы хозяйств.

Нормой кормления называется количество питательных веществ и энергии пищи, удовлетворяющее потребности рыб, которые обусловлены физиологическим состоянием организма. Кормление, отвечающее норме, называют нормированным. При описании нормированного кормления рыб используется следующая терминология: уровень общего питания, уровень протеинового, аминокислотного и витаминного питания, кормовой рацион.

Уровень общего питания (выражается в процентах) — это фактическое количество кормовых или энергетических единиц, получаемых организмом в сутки. В рыбоводстве такой показатель почти не применяется, но при правильном кормлении рыб в промышленных комплексах использовать его весьма целесообразно.

Уровень протеинового питания показывает содержание сырого протеина в сухом веществе корма; его величина также выражается в процентах.

Уровень аминокислотного питания отражает отношение количества аминокислот к сырому протеину или сухому веществу корма, а также сбалансированность аминокислот относительно потребности рыб.

Уровень витаминного питания показывает относительное содержание витаминов в единице корма.

Кормовой рацион — это состав и количество кормов, питательность которых соответствует установленным нормам кормления. Рацион нельзя рассматривать как простую сумму питательных веществ отдельных

кормов, так как это комплекс, обладающий новыми качествами и свойствами. Если рацион полностью соответствует потребностям рыб по энергетической емкости, протеину, жирам и всем другим элементам питания, то он называется сбалансированным (полноценным).

Полноценность кормления — весьма широкое понятие, включающее в себя качество кормов, их диетические свойства, соотношение веществ и другие характеристики. В связи с этим большое значение имеет структура рациона, которая выражается процентным соотношением кормовых компонентов. Структура рациона имеет решающее значение для обеспечения нормального пищеварения и необходимого соотношения питательных веществ. Состав и свойства кормов обычно характеризуют их качество — питательность, поедаемость и переваримость.

Суточный рацион показывает количество корма, необходимое рыбе в течение суток. Он выражается в весовых единицах или в процентах массы рыб. Суточный рацион распределяется на разовые дозы и задается рыбам с учетом их физиологических потребностей и условий содержания.

Энергетическая ценность корма — общее количество содержащейся в нем энергии. Энергетическая ценность кормов измеряется по международной системе единиц (СИ) в джоулях (Дж); 1 кал = 4.19 Дж. Нехватка корма приводит к дефициту энергии, что, в свою очередь, тормозит процессы пластического и функционального обмена. Если корма значительно различаются по количеству и качеству протеина и жира, то их сухое вещество содержит примерно одинаковое количество энергии.

Валовая энергия (энергия потребленной пищи) характеризует всю энергию, поступающую в организм вместе со всеми питательными веществами корма.

Перевариваемая энергия (энергия ассимилированной части пищи) определяется как валовая энергия минус энергия фекалий.

Обменная энергия (метаболизируемая, или физиологически полезная) — разность между перевариваемой энергией и энергией нефекальных выделений через жабры, почки, поверхность тела.

Чистая энергия — обменная энергия минус энергия, затрачиваемая на переваривание и усвоение пищи. Используется на поддержание жизни, двигательную активность и процессы роста.

Энергия роста (энергия пластического обмена) определяется как разность между чистой энергией и энергией, расходуемой на поддержание жизни и двигательную активность.

Энергия генеративного обмена — величина энергии, используемой организмом для формирования половой системы и созревания половых продуктов.

Состав кормов должен включать полный набор питательных веществ,

необходимых для жизнедеятельности и роста рыб: белки, жиры, углеводы, минеральные вещества и витамины. При составлении диет отправной точкой служат данные о пищевых потребностях рыб в основных питательных веществах, информация о качественном и количественном содержании в сырье этих веществ, а также знания об их взаимодействии в организме рыб.

Белки

Значение белка как основного незаменимого компонента питания животных общеизвестно. Являясь структурной основой тканей живого организма, белки обеспечивают рост и обновление тканей. Они играют первостепенную роль и в функционировании живой материи, катализируя и регулируя физиологические процессы. Все ферменты и ряд гормонов, например инсулин, имеют белковую природу. Велика 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.

Рыбы отличаются высокой потребностью в белке, которая существенно превышает таковую у высших позвоночных. Впервые эта особенность питания рыб была замечена при составлении кормовых рационов для их разведения и выращивания в искусственных условиях. При испытании сухих гранулированных кормов многие исследователи подтвердили необходимость высокого уровня белка (40–60%) в рационах форели и лосося разного возраста, что сначала связывали с хищническим питанием лососевых рыб. Но затем выяснилось, что и такой мирной рыбе, как карп, для реализации потенции роста также требуется высокий уровень белка в корме: для сеголеток – 40–50%, для годовиков – 30–40%.

Стало очевидным, что потребность в высокобелковой пище свойственна не только данным конкретным объектам рыбоводства, но является характерной чертой большинства видов рыб. Поскольку рост рыб зависит прежде всего от удовлетворения потребностей в белке, мы подробнее остановимся на этой важнейшей стороне питания, обратив особое внимание на морфофизиологическую и биохимическую приспособленность рыб к высокобелковому корму. Об адаптированности к легкоусвояемой животной пище свидетельствуют перечисленные ниже биологические, морфофизиологические и биохимические особенности.

1. Высокая скорость роста, требующая обеспеченности достаточным количеством белка. Рыбы переходят на внешнее питание при очень малых размерах и растут чрезвычайно интенсивно, достигая в сравнительно короткий период дефинитивной массы. Например, при суточном приросте в первые дни питания у личинок форели 15–20%, а у личинок кар-

повых рыб 80–100% массы тела к моменту достижения взрослого состояния размеры этих видов рыб увеличиваются соответственно — в 5 тыс. и в 1.5 млн. раз. Для сравнения: жеребятam и телятам после молочного периода остается увеличить свои размеры за счет внешней пищи лишь в 5 раз, цыплятам — в 30–40 раз.

2. Короткий пищеварительный тракт, приспособленный для утилизации легкоусвояемой белковой пищи. Так, относительная длина кишечника большинства рыб-хищников, зоопланктофагов, бентофагов и всеядных рыб обычно превышает длину тела не более чем в 2 раза, равна длине тела или меньше ее. Лишь растительноядные рыбы имеют относительно длинный кишечник, превышающий длину тела в 4–10 раз (у наземных животных — в 10–30 раз).

3. Удобная форма выведения конечных продуктов азотистого обмена. Этой важной с позиции высокобелкового питания физиологической особенностью рыбы обладают благодаря специфическим условиям водной среды обитания. Пресноводные и многие морские рыбы относятся к аммонотелическим животным. В отличие от наземных позвоночных, у которых обезвреживание аммиака идет в основном путем синтеза мочевины, мочевой кислоты и выведения их с мочой через почки, у рыб легко растворимые в воде азотистые продукты — аммиак (в виде иона аммония) и мочевина — удаляются преимущественно внепочечным путем. Почти весь аммоний у рыб (90% и более) выводится через жабры.

4. Высокая доля участия белка в энергетическом обмене. В основной природной пище рыб более половины всей энергии составляет энергия белка (свыше 60%). В то время как у сельскохозяйственных животных большая часть энергии растительной пищи представлена углеводами (70%) и лишь 20% — энергией белка. Роль белка в энергетическом обмене находится в зависимости от подвижности рыб. У малоподвижных рыб доля белка в энергетическом обмене выше, чем у активных пловцов (70 против 30–44%), у которых основным источником энергии являются жиры. Использование белка в качестве источника энергии увеличивается при низкой температуре воды. Большую роль играют белки в качестве источников энергии и при голодании рыб — физиологическом и вынужденном.

Усвоение рыбами белков зависит от их видовой принадлежности, возраста, температуры и солености воды, происхождения белков и их концентрации в пище. Эффективность утилизации белков находится в тесной связи с энергетической обеспеченностью пищи. Наиболее эффективными считаются комбикорма с общим содержанием 40–65% калорий за счет белка. Оптимальный уровень белка в корме зависит от вида основного источника энергии. Если это жиры, то концентрация белка, обеспечивающая максимальный рост рыбы, меньше, а если источником

энергии являются углеводы, то соответственно больше. Кроме того, утилизация белка повышается по мере возрастания уровня жира в корме в пределах оптимальных значений. Уровень белка в составе корма рыб, необходимый для их оптимального роста и развития, в 2–3 раза превышает его содержание в рационах сельскохозяйственных животных: в кормах крупного рогатого скота, свиней, овец, кур, уток полноценный белок должен составлять 10–17%, а в пище для раннего молодняка – 16–22%.

Пойкилотермные (холоднокровные) животные, в том числе рыбы, питательные вещества пищи расходуют на рост, обновление тканей и осуществление физиологических процессов, связанных с жизнедеятельностью. Теплокровные позвоночные, помимо этого, производят затраты энергии на выработку тепла для поддержания постоянной температуры тела. Эти затраты составляют более трети всей энергии, поступающей с пищей.

Количество переваримого белка, необходимого для прироста 1 кг живой массы у разных животных примерно одинаково – 550–650 г. Однако по количеству необходимой энергии в рационе между рыбами и теплокровными животными имеется различие: рыбы на 1 кг прироста используют около 20–30 МДж энергии корма, а гомойотермные животные – 35–40 МДж и выше; при этом кормовые затраты на единицу прироста (по сухому веществу) составляют соответственно 1.0–1.8 и 3–4. То есть, сельскохозяйственные животные для обеспечения сходной потребности в количестве белка на прирост должны потреблять в 2–3 раза больше низкобелкового корма, чем рыбы высокобелкового. Поэтому высокая потребность рыб в белке является лишь относительной.

Следует также отметить, что у сельскохозяйственных животных расход белка и энергии на единицу прироста массы с возрастом значительно увеличивается, что объясняется быстрым затуханием темпа роста и относительным повышением использования питательных веществ корма на обмен. В то время как рыбы сохраняют высокий уровень утилизации белка на рост в течение значительно более длительного периода жизни.

В пищеварительном тракте протеин, входящий в состав кормов, под действием гидролитических ферментов протеиназ (пепсина, трипсина, химотрипсина и др.) и полипептидаз кишечного сока расщепляется до пептидов и аминокислот, которые через слизистую оболочку кишечника поступают в кровь.

Протеин, содержащийся в кормах, включает белковую и небелковую формы азота, различающиеся по качеству. Протеин, содержащий небелковые формы азота, обладает меньшим биологическим эффектом, чем протеин с белковыми формами азота. Среди небелковых форм наиболее ценным является азот аминной формы, за ним идет аммиачный азот и наименее ценным является амидный азот.

Протеины (или белки), усвоенные в пищеварительном тракте, в виде аминокислот используются организмом следующим образом:

$$B = B_1 + B_2 + B_3,$$

где B — усвоенный белок; B_1 — белок, необходимый для восполнения запаса белков организма; B_2 — белок, необходимый для роста; B_3 — белок, используемый на энергетические нужды.

Величина B_1 соответствует количеству выделенного аутогенного азота и изменяется в зависимости от температуры воды и размера рыбы. При определенных условиях эта величина постоянна для всех видов рыб. Величина B_2 изменяется в зависимости от возраста рыб: у молодежи она выше, чем у взрослых особей. Абсолютная же величина B_1 по мере роста рыбы увеличивается, однако поскольку она значительно меньше величины B_2 , то необходимое количество белка на единицу массы рыбы уменьшается. Так как при определенных условиях выращивания величина B_1 постоянна, то составлять корма нужно с учетом увеличения доли B_2 . Соотношение B_2 и B_3 зависит от состава корма и биологической ценности белка. В кормах с белками низкой биологической ценности величина B_3 значительно превышает величину B_2 .

Если рацион для рыб имеет достаточное количество жиров и углеводов, то белки обычно используются на прирост массы тела. При недостатке в корме жиров и углеводов белки могут использоваться в качестве источника энергии в функциональном обмене. Это неэкономно, поскольку белок — наиболее дорогая составная часть корма.

Для оценки эффективности потребления белка рассчитывают коэффициент использования протеина (КИП) в процентах от потребленного протеина корма, который рассчитывают по методике А. Бендера и Д. Миллера (1953):

$$\text{КИП} = \frac{P_{\text{ко}} - P_{\text{но}}}{P_{\text{к}}} \cdot 100,$$

где $P_{\text{ко}}$ — азот в целой тушке рыб в конце откорма, $P_{\text{но}}$ — азот в целой тушке рыб в начале откорма, $P_{\text{к}}$ — расход азота кормов на синтез белка в теле рыб.

Коэффициент конверсии протеина (ККП) кормов в пищевой белок (белок съедобных частей тела) определяют по формуле:

$$\text{ККП} = \text{ВВ} / \text{РП} \cdot 100,$$

где ВВ — выход пищевого белка на 1 кг съемной массы рыб, г; РП — расход протеина кормов на 1 кг прироста живой массы за весь период выращивания, г.

При оптимальных условиях выращивания коэффициенты использования протеина корма (КИП и ККП) у рыб значительно выше, чем у теплокровных животных и соответствуют их уровню у цыплят-бройлеров лучших линий и кроссов (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность использования протеина корма, %

Виды животных	КИП	ККП
Бройлеры	22	16
Свиньи	18	9
КРС	12	6
Карп	30	15
Форель	23	16

Примечание. КИП – расход протеина кормов на синтез белка в теле животных; ККП – расход протеина кормов на синтез белка съедобных частей тела (выход мяса) животных.

Незаменимые аминокислоты

О пищевой ценности белков судят по их аминокислотному составу. Общими для всех белков являются 24 аминокислоты; 10 из них (аргинин, гистидин, изолейцин, лейцин, метионин, лизин, фенилаланин, треонин, триптофан и валин) объединяются в группу незаменимых аминокислот. Незаменимые (эссенциальные) аминокислоты не синтезируются в организме, поэтому они должны поступать с пищей. Две аминокислоты (цистин и тирозин) из числа заменимых называют условно незаменимыми, поскольку при недостатке цистина на его синтез расходуется незаменимый метионин, а тирозина – фенилаланин.

Недостаток незаменимых аминокислот в рационе ведет к повышенному потреблению белка и, следовательно, к значительному увеличению затрат корма на единицу прироста. Причем дефицит лишь одной из незаменимых аминокислот ограничивает эффективность использования всех других аминокислот и белка в целом. В отличие от углеводов и жиров аминокислоты не резервируются в организме, но могут принимать участие в синтезе других соединений и в энергетическом обмене. При потреблении рыбами кормов, несбалансированных по аминокислотному составу, темп их роста снижается, а избыточные аминокислоты используются на энергетический обмен, превращаются в жиры или выделяются из организма с конечными продуктами азотистого обмена. В связи с этим при составлении рационов особое внимание следует уделять нормированию незаменимых аминокислот (общее содержание и соотношение) в соответствии с потребностями рыб для обеспечения пластического и функционально обмена. В табл. 2 представлены данные о содержании протеина и аминокислот в сырье животного происхождения, в табл. 3 – потребности рыб в незаменимых аминокислотах в зависимости от уровня белка в корме.

Таблица 2. Содержание протеина и незаменимых аминокислот в компонентах животного происхождения, %

Компоненты	Мука							Молоко сухое обезжиренное	Яичный порошок	Сухой белок яйца	
	рыбная	мясокостная	мясная	кровая	крылевая	перьевая					
Сырой протеин	63	68	50	44	54	82	53	80	33	46	82
Лизин	5.6	5.4	3.2	2.4	3.4	6.7	3.3	1.6	2.9	2.4	5.0
Метионин	1.8	2.0	0.8	0.6	0.9	1.0	1.0	0.4	0.9	1.2	3.2
Триптофан	0.7	0.8	0.5	0.4	0.4	1.2	0.5	0.4	0.5	0.7	1.3
Аргинин	3.8	4.0	3.4	3.1	3.4	3.6	2.3	6.4	1.2	2.5	4.7
Гистидин	1.7	1.6	0.8	0.6	0.9	5.3	0.4	0.4	1.0	0.9	1.8
Фенилаланин	2.7	2.8	1.7	1.3	1.5	5.8	1.7	4.0	1.7	2.2	5.1
Треонин	2.7	2.8	1.6	1.2	1.6	3.4	1.7	3.9	1.5	2.6	3.7
Валин	3.4	3.3	2.3	1.8	2.2	7.4	1.9	7.4	1.2	2.6	5.5
Лейцин	4.8	5.1	2.9	2.3	2.8	10	2.5	1.1	3.4	3.8	7.0
Изолейцин	3.0	3.0	1.4	1.1	1.4	1.1	1.8	4.6	1.9	1.8	4.9

Таблица 3. Потребность рыб в незаменимых аминокислотах при разных уровнях протеина в кормах, % к протеину

Аминокислоты	Уровень протеина, %		
	50	40	30
Лизин	4.0	5.3	5.7
Метионин	1.4	1.6	1.8
Триптофан	0.6	0.6	1.3
Аргинин	3.3	3.8	4.2
Гистидин	1.2	1.4	1.7
Фенилаланин + тирозин	1.0	1.2	1.5
Треонин	1.3	1.3	1.4
Валин	2.8	3.1	3.6
Лейцин	1.4	1.8	2.0
Изолейцин	0.7	1.0	1.2

Жиры и жирные кислоты

Жиры, или липиды, входят в состав всех живых клеток и играют важную роль в жизненных процессах. Будучи одним из основных компонентов биологических мембран, липиды влияют на проницаемость клеток и активность многих ферментов, участвуют в передаче нервного импульса, мышечном сокращении. В качестве питательных веществ липиды являются высококонцентрированными источниками энергии, содержат в своем составе жизненно важные соединения — незаменимые жирные кислоты, жирорастворимые витамины и др. В организме процессы синтеза и распада жиров происходят непрерывно: синтез — в цитоплазме клеток, распад — в митохондриях с освобождением энергии.

Жиры подразделяют на простые (липиды) и сложные (липоиды). Простые жиры включают вещества, молекулы которых состоят только из остатков жирных кислот (альдегидов) и спиртов: триглицериды, воски и стериды. Это запасные липиды, они являются подвижной составной частью тканей, уровень их накопления прямо зависит от упитанности, а состав определяется в основном особенностями пищевых жиров. Триглицериды являются главным энергетическим запасом организма. Липоиды представляют собой комплексы липидов: с белками (липопротеиды), ортофосфорной кислотой (фосфолипиды), сахарами (гликолипиды) и др. Это структурные и плазматические липиды, они входят в состав оболочек и протоплазмы всех организмов, имеют видовую специфичность, их содержание относительно постоянно и не зависит от упитанности. Фосфолипиды играют важную физиологическую роль в регулировании проницаемости клеточных оболочек, процессе фосфорилирования в митохондриях; поддерживая постоянство внутренней среды и межклеточный обмен, способствуют адаптации организма к изменяющимся условиям.

Химические и физиологические свойства различных липидов во многом определяются типом и количественным содержанием входящих в их состав жирных кислот. Жирные кислоты, в свою очередь, делят на насыщенные (все атомы углерода соединены между собой одной связью) и ненасыщенные (1–6 двойных, реже тройных связей). По положению первой двойной связи ненасыщенные жирные кислоты делятся на типы: линоленовый ($\omega 3$), линолевый ($\omega 6$), пальмитолеиновый ($\omega 7$) и олеиновый ($\omega 9$). Чем больше углеродных атомов и двойных связей в молекуле жирной кислоты, тем ниже температура ее плавления.

Насыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты могут синтезироваться в организме рыб из углеводородных остатков углеводов и белков. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) в организме рыб не синтезируются и должны поступать с пищей. Этим кислотам принадлежит исключительно важная структурная и функциональная роль в соста-

ве полярных липидов — фосфолипидов, образующих вместе с белками основу клеточных мембран. Важной особенностью жирных кислот является способность быстро реагировать на изменяющиеся условия и участвовать в перестройке клеточных мембран путем увеличения или уменьшения насыщенности их липидов. Входя в состав фосфолипидов клеточных оболочек, жирные кислоты обеспечивают им соответствующую проницаемость и пластичность при разных условиях среды.

У рыб, по сравнению с теплокровными животными, доля ненасыщенных жирных кислот в составе липидов значительно выше, что связано с относительно низкой температурой обитания. Рыбы, обитающие в разных условиях температуры и солености, отличаются разным соотношением полиеновых кислот $\omega 3$: $\omega 6$. Содержание жирных кислот линоленового ряда ($\omega 3$) с 5–6 двойными связями у морских рыб выше, чем у рыб, обитающих в пресных водах; у пресноводных холодолюбивых видов выше, чем у теплолюбивых.

Мягкие жиры (с высоким содержанием ПНЖК) усваиваются рыбами на 90–95%. Твердые жиры обладают невысоким биологическим эффектом и усваиваются значительно хуже — на 60–70% (при обогащении корма комплексом полиненасыщенных жирных кислот усвояемость твердых жиров повышается).

Общими для всех видов рыб признаками дефицита полиненасыщенных жирных кислот являются: снижение темпа роста, повышение смертности, расстройство физиологических функций, снижение иммунитета. Нарушения липидного обмена проявляются в повышенном отложении жира в печени и на внутренних органах. У радужной форели, в частности, при недостатке жирных кислот линоленового ряда особенно часто отмечают избыточное накопление жира в печени и ее цирроидное перерождение, эрозию хвостового плавника, шокосый синдром. Наблюдаются также уменьшение числа эритроцитов крови, снижение гемоглобина и гематокрита, отклонения в сердечной мышце, почках, поджелудочной железе. С дисбалансом жирных кислот пищи и недостатком линоленовой кислоты связан некроз спинного и грудных плавников у заводской молоди лосося, иногда это заболевание поражает 95% выпускаемых с завода рыб.

Важную роль играют полиненасыщенные жирные кислоты в репродуктивных процессах рыб. При дефиците $\omega 3$ кислот в корме снижается плодовитость, ухудшается качество икры: снижается процент вылупления, увеличивается число уродливых личинок и их гибель.

Следует отметить, что патологическое накопление жира в печени у рыб может являться и следствием недостатка метионина — незаменимой аминокислоты. При этом обогащение рациона форели подсолнечными фосфатидами с высоким содержанием фосфолипидов, в том числе леци-

тинов, отличающихся своими сильными антиоксидантными свойствами, предохраняет рыб от жировой дегенерации печени и сопутствующей ей анемии. Механизм благотворного влияния подсолнечных фосфатидов на жировой обмен печени форели можно объяснить следующими факторами:

- в качестве естественных антиоксидантов фосфолипиды сдерживают процессы перекисного окисления липидов;
- входя в структуру липопротеинов крови, фосфолипиды осуществляют липотропную функцию, т. е. выводят избыточные жиры из печени;
- присутствие в составе фосфолипидов холина — соединения, богатого метальными группами, — оказывает сберегающее действие по отношению к метионину. Известно, что при недостатке холина для его синтеза используются метильные группы метионина и таким образом дефицитная аминокислота теряется для белкового синтеза. Сбережение метионина — одна из причин стимуляции белкового роста рыб, получающих добавку фосфатидов к кормам. Кроме того, включение фосфатидов в рацион форели повышает степень переваримости и усвоения белка.

В связи с этим в качестве источников жира (главным образом для лососевых) рекомендуется использовать фосфатиды, растительные масла, рыбий жир. Нельзя применять хлопковое масло, поскольку в нем содержатся циклопропеновые жирные кислоты, замедляющие рост и оказывающие канцерогенное действие.

Потребности организма в жире и белке взаимосвязаны. Известно, что жиры как источник энергии обладают белоксберегающим действием, поэтому при составлении рецептов искусственных кормов стремятся свести до минимума использование белка для энергии, сохраняя его для роста и обновления тканей. Очевидно, что степень использования белка и жира в энергетическом и пластическом обмене зависит от физиологических и абиотических факторов. Накопление большого количества жира в тканях при дефиците белка свойственно разнообразным в систематическом отношении организмам, например, у дрожжей недостаток азота в питательной среде приводит к «ожирению» клетки, т. е. к избыточному накоплению липидов.

Белоксберегающая роль липидов установлена для разных видов рыб, в том числе для канального сомика, карпа, камбалы, морского карася, атлантического палтуса и др. При этом липиды проявляют более значительный белоксберегающий эффект, чем углеводы, особенно в рационах холодолюбивых рыб. При промышленном выращивании форели более половины азота корма выводится в воду в виде аммония, следовательно, более половины поступившего протеина теряется для роста и расходуется в качестве источника энергии.

Потребность в белке можно регулировать путем включения разных ко-

личеств жира. При низком уровне жира в рационах форели должно содержаться не менее 40–50% белка, но этот показатель можно понизить до 35% без изменения скорости роста рыб, если главным источником энергии будут липиды. Современные производители кормов для форели вводят до 30% жира в продукционные комбикорма, сохраняя достаточно высокий уровень белка, что приводит к лучшей усвояемости питательных веществ. При этом происходит снижение кормовых затрат на прирост, уменьшается загрязнение воды экскрементами. Например, при увеличении жира с 22 до 30% в рационах атлантического лосося экскреция аммония сократилась на 35, фосфора — на 22, органических соединений — на 23%. Несмотря на снижение уровня белка в рационе с 44.2 до 38.2%, интенсивность роста рыб повысилась, а кормовые затраты сократились.

Однако необходимо отметить, что высокое содержание жира не всегда оправдано с точки зрения физиологии питания рыб, в особенности это касается ремонта и производителей. Оптимальным для интенсивно растущей молодежи, не откладывающей большого количества жира в теле, являются рационы, в которых на 1 г белка приходится около 7 ккал энергии. Для интенсивного роста двухлеток форели 1 г белка должен сопровождаться 10–11 ккал энергии, а возможно, и выше. В этом случае можно ожидать высокого темпа роста и хорошей жирности рыбы. Доля энергии, представленная белком, может быть понижена в рационах рыб старших возрастов до 36–40%, в то время как для сеголеток не должна быть ниже 55%.

С увеличением температуры в пределах оптимума у рыб повышается интенсивность энергетического и пластического обмена; при этом скорость увеличения пластического обмена опережает скорость нарастания энергетического, поэтому при повышении температуры увеличивается потребность в белке и, в меньшей мере, в энергии. Если форель при повышении температуры с 12 до 16 °С продолжает получать низкожировую диету, то у рыб возрастает расход белка на энергетические нужды, о чем свидетельствует увеличение экскреции азота в воду. Жир оказывает белоксберегающую роль, азот удерживается в организме — и скорость роста повышается. При снижении температуры повышенного содержания жира не требуется.

Преимущественное использование жира, а не углеводов, в качестве энергии у форели и лосося часто объясняют их хищническим типом питания и ограниченными возможностями утилизировать углеводы. Но и такие в основном мирные рыбы, как сиговые, обладают теми же свойствами. Общим для этих видов рыб является их низкая температура обитания. Они относятся к холодолюбивым видам, и именно этим объясняется, что основными источниками энергии в кормах у этих рыб являются белки и жиры.

Для сравнения рассмотрим теплолюбивых рыб, среди которых также есть как мирные (каarp), так и хищники (канальный сом и др.).

В отличие от форели, карп может существовать поразительно долго (несколько месяцев) на рационах вообще без жиров и при этом лишь немного отставать в скорости роста. У форели в таких случаях довольно быстро возникает шоковое состояние.

Для карпа эффект от прибавления жира к рациону проявляется, только начиная с температуры 22 °С и выше. Включение разных видов жира в корма карпа вызывает лишь небольшое (по сравнению с лососевыми) ускорение роста и часто не дает четкой корреляции с нарастанием массы. В условиях тепловодного рыбоводства для интенсивного роста карпа массой 40–350 г достаточно около 5% жира при уровне белка 30–35%. Для более крупного карпа оптимальный уровень жира в рационе, при том же содержании белка, составляет 6–7%.

В оптимальных для теплолюбивого канального сома температурных условиях (27–30 °С) очень высокий темп роста обеспечивается при содержании жира до 10%.

В условиях высокой температуры источником энергии для теплолюбивых рыб служат углеводы, которые также проявляют белоксберегающую функцию. Обычно в состав рационов теплолюбивых рыб (как с хищным, так и мирным типом питания) вводят значительно больше растительных компонентов, чем для холодолюбивых.

Жиры достаточно легко окисляются при хранении кормов и становятся токсичными для рыб. Отравление лососевых рыб окисленными жирами вызывает снижение концентрации гемоглобина и количества эритроцитов при увеличении числа ювенольных форм, сокращение количества гликогена и увеличение уровня холестерина, а также побеление и циррозидное перерождение печени, дегенеративные изменения в почечных канальцах. Окисленные жиры кормов разрушают витамины и могут оказывать канцерогенное действие, особенно у молоди лососевых рыб. Одним из внешних проявлений отравления рыб является побеление жабр. Характерно, что симптомы отравления окисленным жиром имеют много общего с симптомами комплексного авитаминоза. У карпа окислившиеся жиры вызывают симптом «усыхание спины», при котором наблюдаются деформация мышц, их разрушение, а также изменение морфологии клеток печени.

Для предотвращения окисления жиров в корм при его изготовлении добавляют антиокислители, среди которых наиболее широкое применение нашли сантохин, дилудин и ионол. Корма должны храниться в прохладном, проветриваемом помещении.

Углеводы

Природная пища рыб не богата углеводами, и большинство рыб не приспособлены к высокому содержанию их в рационе. Энергетические потребности покрываются в основном за счет белка и липидов. Определенное количество углеводов пищи рыбы могут утилизировать, но эта способность неодинакова у разных видов. Углеводы, исходя из питательной ценности, делят на две большие группы: трудно- и легкогидролизуемые соединения.

К первой группе относятся углеводы, входящие в состав клеточных оболочек растений и тканей животных и выполняющие защитную и опорную функции. Это различные сложные комплексы, содержащие поли- и гетеросахариды, среди которых у растений основным соединением является клетчатка, у животных (насекомых и ракообразных) — хитин. Подавляющее большинство животных не имеют собственных ферментов, расщепляющих жесткие структуры клетчатки. Ее расщепление осуществляется ферментами микрофлоры, населяющей пищеварительный тракт животного, что особенно выражено у жвачных.

В группу легкогидролизуемых углеводов входят вещества, содержащиеся преимущественно внутри клеток. Это различные сахара, а также полисахариды: крахмал у растений и гликоген у животных. Конечные продукты этих углеводов — моносахариды — делят на две подгруппы в зависимости от числа атомов углерода в молекуле: пентозы (арабиноза, ксилоза, рибоза) и гексозы (глюкоза, галактоза, манноза, фруктоза). Основная роль в углеводном обмене рыб принадлежит глюкозе. Все поступившие в организм сахара гидролизуются в кишечнике до моносахаридов и кровью доставляются в печень, где превращаются в глюкозу или частично откладываются в ней и других тканях в виде гликогена. Глюкоза и гликоген легко подвергаются распаду в тканях с освобождением энергии.

Степень переваримости углеводов у рыб зависит от их строения. Простые сахара — моносахариды (глюкоза, галактоза и др.) — усваиваются у форели, гольца, карпа, белого осетра и других рыб до 99%. Для дисахаридов (сахарозы и фруктозы) этот показатель варьирует у разных видов в пределах 52–73%, лактоза усваивается форелью на 60%, осетрами на 36%. Полисахариды расщепляются и всасываются слабее сахаров.

Крахмал, являясь запасным веществом, составляет часто основную массу углеводов растительных компонентов, и от интенсивности его расщепления и всасывания сильно зависит степень использования этих ингредиентов в кормах. Переваримость крахмала может сильно варьировать; например, у белого осетра переваримость крахмала не превышает 36%, у форели утилизация картофельного крахмала не превышает 5%, в то время как пшеничного достигает 60%, при обработке его высокой

температурой (110–120 °С) повышается до 86–90%, а при экструзии – до 96%.

Клетчатка, в частности ее основной полисахарид – целлюлоза, расщепляется у рыб только в присутствии микрофлоры. В кишечнике растительных рыб (белый амур) обнаружены специфические виды микроорганизмов – *Bacillus aurantius*, – интенсивно разлагающих клетчатку. Бактерии, обитающие на поверхности растений и детрита, выявлены в кишечниках карпа и линя. Наибольшее количество микроорганизмов обнаружено в кишечниках рыб, обитающих при высокой температуре.

Карп, особенно при выращивании на теплых водах, постоянно использует углеводы пищи в качестве источников энергии и откладывает их избыток в виде резервных липидов. Многократно отмечалось активное жиронакопление в теле (в том числе в гепатопанкреасе) карпов, выращиваемых на растительных кормах при температуре 25–30 °С и выше. Темп роста карпа на этих кормах был низким, но аккумуляция жира в теле всегда высокая.

О температурной зависимости превращения углеводов в жиры свидетельствуют колебания в связи с сезонными изменениями температуры. В зимнее время на теплых водах при температуре 8–10 °С содержание полостного жира у карпа незначительно на всех рационах, включая растительные, а с повышением температуры его количество на углеводных кормах резко возрастает. Высокая температура способствует лучшей утилизации углеводов и превращению их избытка в липиды, а при падении температуры эта способность ослабевает.

При расчете отношения количества отложенного жира в теле рыб к количеству потребленного с кормом (коэффициент О/П) была установлена его зависимость от массы рыбы: у карпа массой до 200 г этот коэффициент незначительно превышает единицу, для рыб массой 200–600 г он достигает 1.5, а для рыб массой 900 г – 3. У форели и сиговых это отношение возрастает, как и у карпа, с увеличением массы рыбы, однако его величина всегда <1. При снижении углеводов в корме коэффициент О/П уменьшается.

Ограниченность утилизации углеводов у форели обычно объясняют ее хищническим характером питания в природе. Но, как видим, и мирные сиговые рыбы – планктонофаги, бентофаги – так же плохо утилизируют углеводы. В то время как хищные канальные сомы и угри отличаются высокой степенью утилизации углеводов и использования их в качестве источников энергии. Однако при чрезмерном обогащении кормов углеводами у карпа, угря и канального сома отмечено избыточное накопление гликогена в печени и поджелудочной железе, угнетение роста, повышение общей жирности тела при снижении доли нейтральных жиров.

Таким образом, температурный фактор определяет изменения в ха-

рактуре обмена углеводов и жиров у рыб. При температуре выше 10–15 °С углеводы пищи хорошо усваиваются и утилизируются, принимая участие в энергетическом обмене, а избыточное их количество трансформируется в липиды и аккумулируется в тканях, в том числе в печени. При более низкой температуре особую значимость в энергетическом обмене у рыб приобретают белки, из которых путем глюконеогенеза образуется гликоген. Процесс этот достаточно активен, о чем свидетельствует накопление гликогена в печени, но превращение его в липиды при низкой температуре тормозится.

Высокая температура создает условия теплолюбивым рыбам для более эффективного усвоения углеводов, в отличие от форели, сига, лосося, для которых верхняя граница температурного оптимума не превышает 12–16 °С. Даже длительное потребление большого количества углеводов с кормом не вызывает адаптации к ним у этих видов.

Избыточное количество крахмала в рационах лососевых повышает уровень сахара в крови. При этом ускоряется прохождение пищи по короткому пищеварительному тракту, что негативно отражается на всасывании питательных веществ. Ранее это объясняли слабой секрецией инсулина и как следствие неспособностью регулировать уровень глюкозы в крови, а также отсутствием у лососевых рыб фермента глюкокиназы. Впоследствии эта гипотеза была опровергнута. Наряду с обнаружением ферментов, катализирующих превращение углеводов в печени, было доказано, что способность форели переваривать и усваивать полисахариды зависит от степени их разрушения: подвергнутый сильной декстринизации крахмал хорошо переваривают все виды рыб.

Максимальное содержание углеводов в стартовых комбикормах для молоди лососевых рыб составляет 20–25%, в продукционных для взрослых особей — 30–35% (клетчатки не более 5–6%). В кормах для карпа и канального сомика допускается большее количество углеводов. Принято считать, что углеводы корма усваиваются лососевыми рыбами в среднем на 40%. Переваримость гидролизуемых углеводов карпом колеблется от 17 до 84%, причем лучше всего перевариваются углеводы злаковых. Комплекс сырой клетчатки лососевыми рыбами практически не переваривается, тогда как переваримость клетчатки жмыхов и шротов карпом составляет 26–52%.

Минеральные элементы

Минеральные элементы входят в состав опорных и покровных тканей рыб — скелета, чешуи, кожи, а также биологически активных соединений — ферментов, гормонов, витаминов. Они играют важную роль в регуляции осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия; в составе раз-

личных соединений участвуют в процессах переваривания и всасывания, обеззараживания ядовитых веществ и выделения.

Особенность минерального питания рыб состоит в том, что макро- и микроэлементы поступают в их организм не только с пищей, но и непосредственно из воды (осмотическим путем) через жабры, слизистые покровы ротовой полости и кожу. В связи с этим солевой состав воды существенно влияет на минеральный обмен рыб. В зависимости от степени минерализации среды выращивания (пресная или морская вода, мягкая или жесткая) рыбы постоянно либо адсорбируют из воды определенные элементы до требуемого уровня, либо экскретируют их избыток. Однако элементы, концентрация которых в воде обычно невелика, должны поступать в организм с пищей.

Долгое время считалось, что рыбная мука, входящая в состав кормов, обеспечивает потребности рыб необходимыми минеральными веществами. Кроме того, считалось, что они могут поступать и с другими ингредиентами кормов. Поэтому данному аспекту питания уделялось недостаточное внимание. В дальнейшем выяснилось, что минеральные элементы в ряде компонентов не только растительного, но и животного происхождения находятся в малодоступной для рыб форме и плохо усваиваются. Несоответствие количества минералов, поступающих в организм рыб, физиологическим потребностям влечет за собой появление разнообразных патологий.

Минеральные вещества по количественному содержанию в живой материи делятся на макро- и микроэлементы — соответственно более и менее 100 мг/кг. К макроэлементам относятся: кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор, сера; к микроэлементам — железо, медь, марганец, цинк, кобальт, селен, йод, хром и др. В среднем общая сумма минеральных элементов в теле рыб составляет 2.5–8.0%, из них доля макроэлементов составляет более 95.5%. В табл. 4 приведены признаки дефицита макро- и микроэлементов у рыб.

Макроэлементы

Кальций и фосфор играют ведущую роль в минеральном обмене. Количество их в организме в несколько раз превышает содержание других макроэлементов. У рыб основная масса кальция и фосфора сосредоточена в скелете в виде нерастворимых соединений гидроксиапатитов при соотношении 5 : 3. Помимо костных образований значительная доля кальция и фосфора содержится в чешуе.

Кальций участвует в процессах регуляции проницаемости клеточных мембран, проведении нервного импульса, сокращении мышц, свертывании крови, активизирует работу многих ферментов.

Таблица 4. Признаки дефицита макро- и микроэлементов у рыб

Нарушение	Дефицит элементов
Искривление и деформация позвоночника, ребер, укорочение тела, слабая минерализация костей	P, Ca, Mg, Zn, Mn
Нарушение кроветворения, снижение содержания гемоглобина, эритроцитов, уменьшение гематокрита	Fe, Co, Se, Cu
Повышение отложения жира в теле	P
Жировое перерождение печени, анемия, мышечная дистрофия, экссудативный диатез	Mn, Se, Zn, Cu
Катаракта, некроз плавников	Zn, Mg
Зоб	J
Кальциноз почек	Ng при избытке Ca
Нарушение устойчивости к глюкозе	Cr

Фосфор входит в состав разнообразных органических соединений — нуклеопротеидов, ферментов, коферментов, АТФ, АДФ; участвует во всех синтетических и биоэнергетических процессах. В составе нуклеиновых кислот принимает участие в передаче наследственной информации. Важная роль принадлежит фосфору, являющемуся частью фосфолипидов, в функционировании мембран клеток, транспорте жиров, работе антиоксидантной системы и др.

Потребности рыб в кальции в значительной степени удовлетворяются осмотическим путем, фосфор поступает в организм рыб главным образом с пищей. Для эффективного усвоения кальция и фосфора соотношение этих элементов в зависимости от вида рыб варьирует от 1 : 1 до 1 : 2; при этом фосфор должен находиться в доступной для организма рыб форме. При недостатке кальция в корме и достаточном содержании в нем фосфора дефицит кальция может компенсироваться за счет осмотического поступления из воды. При концентрации кальция в воде 40–60 мг/л потребность карпа практически полностью удовлетворяется. Избыток поступившего в организм рыбы кальция быстро выводится через кишечник. Однако следует отметить, что при выращивании карпа в воде с концентрацией кальция выше 40 мг/л дополнительное введение в корм минеральных добавок, содержащих этот элемент, вызывает снижение темпа роста рыб.

Наиболее высоки требования рыб к содержанию кальция в воде на ранних этапах онтогенеза: при дефиците кальция замедляется минерализация скелета личинок и рост сеголеток. Максимальная потребность в кальции у молоди форели отмечена при достижении массы 1 г, что сов-

падает с периодом усиленного окостенения скелета и развития чешуи. Низкое содержание кальция в воде ухудшает адаптивные способности рыб: снижается их устойчивость к высокой температуре, изменению рН, интоксикации.

Дефицит фосфора вызывает снижение скорости развития и роста рыб, повышение кормовых затрат. При этом отмечаются деформация и укорочение позвоночника, искривление ребер, нарушение кальцификации костей, недоразвитие чешуи, аномалии черепа (у молоди) и т.д. У рыб, питавшихся комбикормами с недостаточным содержанием фосфора, наряду с низким уровнем фосфора в теле, наблюдается сокращение уровней кальция и магния. Причем, если рыб перевести на сбалансированный по фосфору корм, уровень минеральных веществ в их теле через некоторое время вернется к норме, но аномалии в развитии сохранятся.

Одним из характерных признаков дефицита фосфора является повышение содержания жира в теле рыб, причина этого: снижение окислительного фосфорилирования, затруднение использования липидов в качестве источника энергии и как следствие — активизация глюконеогенеза и синтез жирных кислот из аминокислот. Обратная корреляция между фосфором и липидами отражает универсальную общебиологическую закономерность. Даже у микроорганизмов дефицит фосфора вызывает повышенное образование липидов, а избыток фосфора повышает синтез белка. Таким образом, влияние фосфора аналогично действию белка, который стимулирует интенсивность роста, а дефицит его в присутствии других источников энергии усиливает отложение жира.

Как отмечалось выше, фосфор поступает в организм рыб преимущественно из пищи. Карпу, атлантическому лососю, кете, радужной форели необходимо вводить в корм 6–9 г доступного фосфора (на 1 кг сухого вещества), эффективная норма введения для канального сома ниже — 3.0–4.5 г/кг, что можно объяснить отсутствием чешуи у данного вида.

Расчет фосфора в рационах рыб часто проводится по его абсолютному содержанию в компонентах без учета усвояемости. Между тем, доступность фосфора из компонентов рыбных кормов колеблется в очень широких пределах и может быть крайне низкой, что отражается на его общей утилизации рыбами.

Степень усвоения рыбами фосфора из кормов не превышает 15%, это объясняется тем, что он находится в малодоступной форме в ингредиентах, которые широко используются в кормовых рационах рыб. Практически весь фосфор рыбной муки входит в состав трудно растворимых гидроксипатитов скелетных тканей. До 60–70% фосфора зерна и семян злаковых и масличных культур, в том числе бобовых, содержится в малодоступных солях фитиновой кислоты (фитатах). Причиной низкой усво-

яемости фосфора из фитатов является отсутствие как у желудочных, так и безжелудочных рыб фермента фитазы, расщепляющей фитаты с освобождением фосфора. При включении фитазы в рацион рыбы лучше растут, снижаются затраты корма на прирост, улучшается минерализация костей, чешуи. Обработка фитазой растительных компонентов кормов или ее введение в состав рационов открывает возможность частичной замены рыбной муки на высокобелковые растительные компоненты. При этом исключается необходимость дополнительно вводить доступный фосфор. Особый интерес такая технология представляет для теплолюбивого карпа, в рационы которого включается большое количество растительных компонентов.

Наиболее эффективно рыбы утилизируют фосфор из неорганических соединений. Содержание чистого элемента в наиболее часто применяемых фосфатах составляет около 20%. Очень хорошо усваивают рыбы фосфор, особенно при тонком помоле, из растворимых однозамещенных фосфатов натрия, кальция, калия — NaH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{P}_0_4)_2$, KH_2PO_4 .

Неусвоенный фосфор выводится с фекалиями в окружающую среду, что в условиях интенсивной аквакультуры представляет угрозу загрязнения водоемов. Поэтому стратегия кормления рыб предусматривает как обеспеченность необходимым уровнем фосфора, так и максимальную степень усвоения его из корма. Исключительная роль фосфора в жизнедеятельности рыб, его влияние на рост, кормовые затраты, а следовательно, на эффективность рыбоводных процессов, с одной стороны, и опасность его избыточного поступления в водоемы, с другой, требуют пристального внимания к поиску путей повышения усвоения фосфора рыбами.

Магний наряду с кальцием и фосфором (в виде фосфорнокислого магния) входит в состав костных и покровных тканей, способствуя повышению прочности скелета и чешуи. В других тканях он содержится преимущественно в ионном состоянии и является внутриклеточным катионом: катализирует процессы окислительного фосфорилирования в митохондриях, стимулирует нуклеиновый обмен, активизирует образование антител. Общее содержание магния в организме рыб — около 0.3%.

Магний может поступать в организм рыб путем осмоса из воды, однако при содержании в воде ниже 5 мг/л рыбы должны получать его с пищей. Эффективность поступления магния из воды зависит от содержания в ней кальция, оптимальное соотношение $\text{Ca} : \text{Mg} = 3.7 : 1.0$. Избыток кальция и фосфора подавляет всасываемость магния. Снижают всасывание магния и фитиновые кислоты, жирные кислоты, избыточные фосфаты. Потребности в магнии в пресной воде колеблются для разных видов рыб от 330 до 800 мг/кг.

Основные признаки дефицита магния — потеря аппетита, снижение

скорости роста, появление вялости, судорог, высокая смертность. Среди патологий отмечаются кальциноз почек, деформация позвоночника, дегенерация мышечных волокон, эпителиальных клеток пилорических придатков и жаберных лепестков. При недостатке магния наблюдается снижение уровня кальция.

Источниками магния в кормах могут быть компоненты как животного, так и растительного происхождения. Следует учитывать, что в костях магний находится в форме трудно усваиваемых гидроксиапатитов, поэтому его доступность из рыбной муки зависит от содержания костей. В растительных компонентах магний может находиться в форме слабо доступных фитатов.

Натрий, хлор, калий играют важную роль в функционировании разнообразных органов, систем, тканей, жидкостей. Если натрий составляет основу катионов плазмы и внеклеточной жидкости, то калий сконцентрирован в клетках. Эти три элемента объединяет участие в осмотической регуляции. Пресноводные рыбы, находясь в гипотонической среде, постоянно выводят через почки излишки воды, с которой, несмотря на реабсорбционный механизм почек и разбавленную мочу, выводится и часть хорошо растворимого NaCl. Для сохранения солевого гомеостаза пресноводные рыбы должны извлекать из внешней среды необходимое количество ионов при малой их концентрации в воде.

Морские рыбы активно пьют морскую соленую воду, обеспечивая необходимый уровень воды для нормальной жизнедеятельности, а лишние соли удаляют из организма. Обмен ионами хлора, натрия, калия между организмом и средой как у пресноводных, так и у морских рыб происходит через специальные хлоридные клетки, расположенные в жабрах, но у пресноводных они служат для извлечения ионов из воды, а у морских — для удаления их из организма. Этот процесс сопряжен с затратами энергии, так как происходит против градиента. Энергия обеспечивается участием натрия и калия. «Жаберный насос», создающий возможность постоянного восполнения солей у пресноводных рыб, обладает высокой эффективностью и способен извлекать ионы натрия и хлора из воды с миллимолярной и даже более низкой концентрацией. Поваренную соль с давних времен использовали в кормах рыб в качестве консерванта, для повышения аппетита рыб, улучшения всасываемости, стимуляции роста, а у молоди проходных рыб — для подготовки к морскому периоду жизни. Благодаря активному обмену натрия и хлора со средой, постоянному их поступлению в организм рыб и удалению вместе с большим объемом жидкости рыбы не боятся высокого содержания хлористого натрия в корме.

Усвоение калия значительно выше, чем других макро- и микроэлементов из разных кормовых продуктов. Несмотря на высокое содержание и

доступность калия из используемых обычно в рыбных кормах компонентов, добавление калия к корму в количестве 1.6 г/кг улучшает темп роста.

Сера входит в состав серосодержащих аминокислот метионина и цистина, которые принимают участие в образовании белка и других необходимых для жизни соединений (глутатион, инсулин и др.). Входя в состав белковых аминокислот, сера распространена практически повсеместно в тканях и органах рыб. Основное поступление серы в организм происходит с белками, небольшое количество ее поступает с некоторыми серосодержащими витаминами — тиамином, биотином.

Сера может поглощаться из воды, но из пищи она поступает в значительно большем количестве — в 100 раз больше, чем из воды. Поскольку она входит в состав незаменимой аминокислоты метионина и некоторых витаминов, поступление серы зависит от содержания этих питательных веществ в кормах. Специальной добавки серы в рацион рыб не требуется. Во время обмена веществ много серы выводится в воду.

Микроэлементы

Необходимыми микроэлементами для рыб являются железо, медь, марганец, цинк, кобальт, селен, йод, хром. Имеются отдельные сведения о положительном влиянии на рыб микродоз молибдена, никеля, ванадия. К высокотоксичным микроэлементам для животных и человека относят ртуть, кадмий, свинец, мышьяк.

Железо входит в состав дыхательного пигмента гемоглобина, который связывает и переносит кислород. В составе гемосодержащих ферментов, катализирующих тканевое дыхание, железо принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах. По сравнению с млекопитающими рыбы обладают очень малым количеством железа, что объясняется небольшим объемом крови. В 1 г рыбы содержится в 2–3 раза меньше этого элемента, чем у млекопитающих. Являясь неотъемлемой частью молекулы гемоглобина, заключенного в эритроцитах, железо расходуется очень экономно, совершая кругооборот в организме. При разрушении эритроцитов $\frac{9}{10}$ железа вновь используется для синтеза гемоглобина.

Потребности в железе у разных видов рыб колеблются в широких пределах — от 30 мг/кг сухого корма у канального сома до 200–300 мг/кг у карпа и форели. Доступность железа для рыб из кормов и отдельных компонентов очень низкая, так как его значительная часть входит в состав фитатов. При введении в состав корма разных солей железа надо иметь в виду, что хлориды наиболее эффективны для предотвращения анемии.

В составе кормов железо может играть и негативную роль, способствуя перекисному окислению липидов. Оно катализирует образование ги-

дроперекисей и пероксидов. Добавление сернокислого железа в корма может значительно повысить интенсивность окисления жиров, особенно при высоком содержании полиненасыщенных жирных кислот в корме, и вызвать разрушение аскорбиновой кислоты. При избытке железа в организме животных ухудшается усвояемость фосфора, меди, снижаются резервы витамина А в печени. В результате промышленной и бытовой деятельности человека, а также вследствие атмосферных переносов загрязненность почвы и воды тяжелыми металлами в современных условиях приобрела глобальный характер. Содержание железа в водоемах часто в десятки и сотни раз превышает установленные нормы — предельно допустимая концентрация (ПДК) железа для рыбохозяйственных водоемов 0.005 мг/л. Высокие дозы железа токсичны.

Медь принимает активное участие в обмене веществ, регулируя многие реакции клеточного дыхания. В больших количествах медь находят у рыб в органах и тканях с активным метаболизмом — в глазах, печени, мозгу, сердце.

В организм рыб медь поступает как из воды, так и из пищи и обладает способностью накапливаться в тканях. Печень — депо для меди и может служить индикатором обеспеченности этим микроэлементом. В период нереста уровень меди в печени рыб падает и повышается в половых органах.

Минимально необходимое содержание меди в кормах форели и карпа составляет 3 мг/кг, канального сома — 4 мг/кг корма. Очень большие дозы меди в рационе (500–600 мг/кг) токсичны: нарушается структура жабрных лепестков, возникает некроз печени и почек, а также снижается уровень витамина А. Поскольку потребности в меди у рыб сравнительно небольшие и этот микроэлемент присутствует практически во всех компонентах и природных водах, рыбы могут обеспечить себя адекватным для максимального роста количеством меди из искусственных кормов без специальных добавок.

Марганец входит в состав многих ферментных систем, активизирует обмен белков, жиров, углеводов, оказывает влияние на фосфорно-кальциевый обмен. Основным депо Mn является скелет, где он присутствует преимущественно в виде неорганических соединений. Марганец обладает липотропным действием, являясь активатором ферментов, обезвреживающих продукты перекисного окисления липидов. Дефицит марганца может привести к жировому перерождению печени. К нарушениям, встречающимся при дефиците марганца у рыб, относятся: неправильное развитие скелета, укорочение тела, катаракта глаз, а также нарушение координации движений.

Марганец поступает в организм рыб в основном с пищей. Рекомендуемый уровень марганца в рационах карпа и форели — 12–13 мг/кг.

Цинк вовлекается во многие метаболические пути в организме, в том числе он связан с метаболизмом простагландинов, нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов. Цинк оказывает влияние на рост рыб, развитие, размножение, принимает активное участие в образовании костей, в кроветворении, влияет на зрение. Дефицит цинка у рыб проявляется в плохом росте, потере аппетита, повышенной смертности. Для радужной форели, помимо этих общих признаков, характерны катаракта, эрозия плавников, укорочение тела. Цинк — незаменимый компонент кормов для производителей: в отсутствие цинка в рационе ухудшается функциональное состояние гонад. Иммунологическая активность рыб связана с наличием цинка.

Цинк поступает в организм рыб из воды и с пищей, причем первый путь может иметь больший удельный вес даже при низкой концентрации цинка в воде. Потребности в цинке в зависимости от вида рыб составляют от 15 до 40 мг/кг корма. Цинк содержится во всех кормовых компонентах. Доступность цинка из кормов варьирует в пределах 22–72%. Интенсивность поглощения цинка из разных источников может быть неодинаковой из-за антагонизма с другими минеральными веществами. Цинк, как и марганец, плохо усваивается из некоторых видов рыбной муки (особенно из белой, содержащей много костей), что обусловлено высоким содержанием кальция и фосфора в составе гидроксипатитов скелета.

Для обогащения кормов цинком обычно используют его неорганические соединения. При сравнении $ZnSO_4$, $ZnNO_3$, $ZnCl_2$ и $5ZnO-2CO_3$ лучшим оказался $ZnSO_4$. В последнее время появился интерес к применению в рыбных кормах хелатов цинка, которые используются в птицеводстве. Хелатами называют комплексы микроэлементов с органическими соединениями (с протеином, пептидами, аминокислотами). Они лучше растворяются и легче проникают через мембраны клеток животных, чем неорганические соединения, они усваиваются значительно эффективнее, чем сульфаты.

Кобальт входит в состав витамина B_{12} , стимулирует синтез витаминов B_1 и B_2 ; участвует в синтезе белков, в частности гамма-глобулинов, обеспечивающих иммунитет; способствует накоплению в печени естественных антиоксидантов (витаминов E, C) и витамина A.

Кобальт поступает в организм рыб с пищей и осмотическим путем, хотя в водной среде он содержится обычно в минимальных количествах. При недостатке кобальта тормозится синтез гемоглобина и витамина B_{12} , снижается устойчивость рыб к заболеваниям, в результате чего повышается смертность и замедляется темп роста рыб, особенно молоди. Очень высокие дозы кобальта вызывают кровоизлияния в кишечнике, изменения в лейкоцитарной формуле крови.

Экспериментально установленные потребности в кобальте у разных видов рыб варьируют в довольно широких пределах: для форели – 0,05, для карпа – 1,00 мг/кг корма.

Разница между физиологической и токсической дозой кобальта у рыб достаточно большая, и передозировка практически маловероятна, птицеводы отмечают, что даже стократная дозировка кобальта в рационах цыплят не вызывала токсического эффекта.

Селен совместно с витамином Е участвует в регуляции перекисного окисления липидов и в антиоксидантной системе организма, защищая клетки от повреждающего действия перекисей. Токоферол (витамин Е) подавляет переокисление ненасыщенных жирных кислот и таким образом сдерживает образование пероксидов, а селен в составе глутатионпероксидазы разрушает уже образовавшиеся соединения. При дефиците витамина Е потребность в селене возрастает. Существуют определенные взаимоотношения между селеном, токоферолом и серосодержащими аминокислотами, они не синтезируются в организме и должны поступать с пищей. Потребность в селене у разных видов рыб варьирует в пределах 0,15–0,50 мг/кг корма. Недостаток токоферола и селена тормозит превращение метионина в цистин, вызывая его дефицит. Для рыб, богатых ненасыщенными легко окисляемыми жирными кислотами, присутствие в организме достаточного количества веществ, участвующих в противомокислительной защите, крайне важно.

Дефицит селена вызывает у рыб мышечную дистрофию, жировую дегенерацию печени, накопление жидкости в брюшной полости, гемолиз эритроцитов, снижение гематокрита. Уровни потребностей в селене и токсические дозы близки, что создает определенную проблему при использовании селена в кормлении рыб, токсичными называют дозы от 3 до 15 мг/кг. Следовательно, селен в рационах должен содержаться в минимальных, необходимых для удовлетворения потребностей количествах. Рыбы легко абсорбируют селен из воды, где он находится в виде растворимых ионов. Поскольку физиологические и токсические дозы селена близки и недостаточно точно выявлены, прежде чем добавлять микроэлемент к рациону, необходимо тщательно проверить его присутствие в воде и кормовых компонентах.

Йод является необходимым элементом в питании животных, хотя потребность в нем исчисляется очень малыми величинами. Более половины всего йода организма входит в состав гормонов щитовидной железы, регулирующих метаболическую активность животных, в том числе рыб. Эти гормоны играют большую роль в окислительных процессах в клетках, в осуществлении нейромускулярного контроля, роста рыб. Дефицит йода проявляется в торможении общего обмена веществ у рыб, замедлении темпа роста и снижении устойчивости к неблагоприятным воздействи-

виям. При недостатке йода нарушается деятельность щитовидной железы, при этом соединительная ткань ее разрастается, образуя зоб. Появление зоба у лососевых при дефиците йода было описано впервые около 100 лет тому назад. Хищные рыбы более склонны к образованию зоба, чем другие.

Йод легко поступает через жабры рыб из воды и активно извлекается из пищи в пищеварительном тракте. Морская вода содержит значительно больше йода, чем пресная, поэтому морские рыбы обычно не страдают от его дефицита. В пресных водах содержание йода может быть минимальным, поэтому пресноводные рыбы больше зависят от источника йода в корме. В качестве минимального рекомендован уровень йода 2,8 мг/кг корма. Введение в состав корма богатых йодом морских растений (например, бурые водоросли накапливают йода в сотни и тысячи раз больше, чем его содержится в морской воде) может полностью удовлетворить потребности рыб в этом элементе. Опасаться избытка йода не следует, так как животный организм устойчив к его высокому содержанию.

При организации кормления рыб в рыбоводных хозяйствах необходимо учитывать геологические особенности местности, а также вести постоянный контроль минерального состава воды. В рыбоводстве часто используют витаминно-минеральные премиксы для птиц, в которые вводятся железо, медь, цинк, марганец и другие микроэлементы. Однако в условиях многократного превышения ПДК этих элементов в водоемах вряд ли нужно вводить их в стандартные премиксы для рыб. Специального внимания требует современная экологическая ситуация в водоемах — повсеместное загрязнение тяжелыми металлами, в том числе и абсолютно необходимыми для жизни микроэлементами. Недоучет этого обстоятельства может привести к передозировке их в кормах, избыточному накоплению в мышцах рыб, дальнейшему загрязнению воды.

Витамины

Витамины — это незаменимые для жизни органические вещества разнообразной структуры, выполняющие функции биокатализаторов химических реакций, протекающих в живой клетке, и участвующие в регуляции обмена веществ, преимущественно в соединении со специфическими белками в составе ферментативных систем. Наличие достаточного количества витаминов в кормах способствует нормальному развитию, росту и размножению рыб, высокой устойчивости к стрессам и болезням. Большинство витаминов не синтезируются в организме рыб и должны поступать с пищей. Витамины поступают с основными компонентами корма, но их главным источником служат включаемые в состав кормов

витаминовые премиксы. При отсутствии того или иного витамина в корме у рыб возникают авитаминозы; при недостаточном поступлении, что в практике встречается чаще, – гиповитаминозы (табл. 5). Длительное поступление значительных (во много раз превышающих норму) количеств витаминов приводит к гипервитаминозам.

Таблица 5. Признаки дефицита витаминов у рыб

Витамины	Признаки дефицита
А (ретинол)	Кровоизлияния, анемия, снижение гемоглобина, числа эритроцитов и цветного показателя, уменьшение индекса печени. Нарушение зрения, побледнение окраски тела, деформация жаберных крышек. Скопление жидкости в полости тела, отечность.
D ₂ (холекальциферол)	Рахит. Нарушение кальциевого гомеостаза – снижение содержания органических и минеральных веществ при повышении содержания воды в костной матрице, судороги.
Е (α-токоферол)	Жировая и цериодная дегенерация печени, анемия, гемолиз (незрелые эритроциты разных размеров и формы). Скопление жидкости в полости тела, пучеглазие, мышечная дистрофия.
K ₃ (викасол)	Замедление свертываемости крови, снижение объема эритроцитов, легкая анемия. Снижение индекса печени. Кровоизлияние в кожу.
С (аскорбиновая кислота)	Искривление позвоночника (лордоз, сколиоз), деформация жаберных крышек, кровоизлияние в коже, печени, почках, кишечнике, мышцах. Анемия, нарушение гистоструктуры каллогена в глазах, жабрах, плавниках, плохая заживаемость ран, низкий гематокрит.
B ₁ (тиамин)	Крайняя нервозность, конвульсии, неустойчивость, потеря равновесия, топоршение жаберных крышек, учащенное дыхание, гиперемия плавников, кровоизлияние в кожу. Потемнение окраски. Атрофия мышц, отеки. Нарушение эритропоза, побледнение печени.
B ₂ (рибофлавин)	Вялость, нарушение координации движений, темная пигментация покровов. Некроз жаберных крышек и плавников, кровоизлияние в глаза, помутнение роговой оболочки глаз, анемия.
B ₃ (пантотеновая кислота)	Крайне высокая и быстрая смертность, раскрытые жабры, разрастание жаберного эпителия, вздутие жаберных лепестков, их склеивание, вялость и ненормальность движений, ожирение печени, анемия.
B ₄ (холин)	Высокая смертность, ожирение печени, увеличение ее размера, кровоизлияние в почках и кишечнике, анемия, вздутие брюшка. Пучеглазие, побледнение окраски тела.

По физическим свойствам витамины подразделяют на жирорастворимые и водорастворимые.

Жирорастворимые витамины

Жирорастворимые витамины (А, D, Е и К) должны поступать с пищей, хотя некоторые из них (А и D) могут синтезироваться в организме животных из провитаминов. Окисление входящих в состав кормов жиров сопровождается разрушением витаминов этой группы. Поэтому для их сохранности при изготовлении кормов с высоким содержанием жира в них вводят синтетические или естественные антиоксиданты. Жирорастворимые витамины способны накапливаться в организме (в печени), что обуславливает возможность возникновения гипервитаминоза в результате передозировки.

Витамин А (ретинол) принимает участие в обмене белков и минеральных веществ, оказывает влияние на скелетообразование, плодовитость, зрение, обеспечивает нормальное состояние эпителия, является природным антиоксидантом. Витамин А синтезируется только в животных организмах, в растениях имеются его предшественники – каротиноиды; из них наиболее распространен β -каротин. Для рыб провитамином А служат ксантофиллы (астаксантин, кантаксантин, зеаксантин), которыми богаты водные беспозвоночные. Наибольшее количество астаксантина содержат ракообразные, являющиеся пищей рыб в молодом возрасте, а для многих и в течение всей жизни.

Всасывание витамина А и каротина происходит в тонком кишечнике с участием желчи, обеспечивающей их эмульгирование. Основным депо витамина А в организме является печень, уровень его содержания служит показателем обеспеченности организма витамином А. Признаки недостаточности ретинола приведены в табл. 5.

Биологическая активность витамина А и каротина измеряется в интернациональных единицах (ИЕ) или ретиноловых эквивалентах¹. Потребность в витамине А для разных видов рыб варьирует в пределах 1000–20000 ИЕ/кг сухого корма (табл. 6).

Хорошим источником витамина А является рыбий жир – 200–500 тыс. ИЕ/кг. Препараты витамина А выпускаются в виде масляного концентрата активностью 100–500 тыс. ИЕ или в виде драже и порошкообразной массы. Витамин А быстро окисляется под воздействием кислорода воздуха и солнечного света; разрушается в присутствии продуктов перекисного окисления липидов, при контакте с тяжелыми металлами с переменной валентностью (железо, медь). В комбикормовой промышленности обычно для приготовления витаминных премиксов используется стабилизированная форма ретинола в виде порошка, состоящего из мелкой крупки, в которой частицы витамина окружены желатиновой капсулой,

¹ 1 ИЕ витамина А соответствует биологической активности 0,3 мкг ретинола или 0,344 мкг ретинилацетата (эфир ретинола и уксусной кислоты).

Таблица 6. Потребности основных объектов рыбоводства в витаминах на 1 кг комбикорма

Витамины	Ед. изм.	Лосось	Форель	Карп	Канальный сом	Осетровые
А (ретинол)	ИЕ	2500	5000–20000	4000–20000	1000–2000	7500
D ₃ (холекальциферол)	ИЕ	2400	2000–3000	1000–2000	500–1000	3000
Е (α-токоферол)	мг	30	100–500	100–500	50	20–70
К (викасол)	мг	10	10–20	3	10	2.5
С (аскорбиновая кислота)	мг	100	200–400	50–100	30–200	500–1000
B ₁ (тиамин)	мг	10	10–20	10	20	15–30
B ₂ (рибофлавин)	мг	20	10–20	5–20	10	300
B ₃ (пантотеновая кислота)	мг	40	50–90	42–50	30	50
B ₄ (холин)	мг	3000	500–1000	550–2000	–	500
B ₅ (никотиновая кислота)	мг	150	50–150	30–50	100	175
B ₆ (пиридоксин)	мг	10	10–20	5–20	3–5	8–12
B ₇ (Н, биотин)	мг	1	1–2	1.2	1	3
B ₈ (инозитол)	мг	400	300–500	100–300	–	–
B ₉ (фолиевая кислота)	мг	5	5–10	5	–	5
B ₁₂ (циан-кобаламин)	мг	0.02	0.02–0.05	0.02	–	–

предохраняющей его от окисления. При хранении гранулированных кормов продукты окисления липидов вызывают потерю биологически активных форм ретинола. Например, потери витамина А за период хранения форелевых кормов с высоким содержанием рыбной муки (50%) в течение 3 и 5 мес. составляют соответственно 75 и 83%. В карповых кормах, содержащих по сравнению с форелевыми значительно меньше рыбной муки (5–20%), витамин А в течение первых 3 мес. практически не разрушается. Природными антиоксидантами, способствующими сохранению липидов, а следовательно, и сбережению витамина А, являются витамины Е и С. В целях предотвращения быстрого разрушения витамина А корма следует хранить в темноте, при низкой температуре (8–9 °С), в бумажных, а не полиэтиленовых мешках.

Витамин D — группа веществ, объединяемых под названием кальциферолы, среди которых практическое значение имеют D₂ (эргокальциферол) и D₃ (холекальциферол). В тканях животных и растений имеются

физиологически неактивные провитамины D, которые переходят в активную форму только под влиянием ультрафиолетовых лучей. Витамин D способствует всасыванию кальция и фосфора в кишечнике, поддерживает их уровень в крови, активизирует переход из крови в костную ткань, непосредственно влияя на минерализацию скелета. Кроме того, кальциферол улучшает усвоение магния. Показателем его действия является повышение уровня щелочной фосфатазы в крови.

Дефицит витамина D вызывает патологические изменения в мышечной и костной тканях. При дефиците витамина D потребность в кальции и фосфоре увеличивается. Передозировки витамина D опасаться не следует, так как признаки гипervитаминоза возникают лишь при очень больших дозах, превышающих потребности в сотни раз.

Активность витаминов группы D также измеряется в ИЕ¹. Потребности разных видов рыб в витамине D составляют 500–3000 ИЕ/кг корма (см. табл. 6).

Хорошим источником витамина D служит рыбий жир. При его применении обращают внимание на срок годности и содержание витамина в жире. Если в корме присутствуют окисленные жиры, костная мука, мел, сернокислые соли микроэлементов, то в течение 1 мес. витамин D рыбьего жира в таких кормах полностью разрушается. В комбикормовой промышленности при изготовлении премиксов D₃ используется в виде стабилизированного порошка на желатиновой или желатиново-сахаро-крахмальной основе, которая предохраняет его от окисления.

Витамин Е — группа токоферолов, среди которых практическое значение имеет α -токоферол, обладающий максимальной физиологической активностью. Витамин Е стабилизирует клеточные мембраны, предохраняя от окисления селеносодержащие белки, подавляет самоокисление ненасыщенных жирных кислот, витаминов и других веществ, регулирует развитие и функции половых желез, стимулирует процесс образования антител, предохраняет организм от токсического действия содержащихся в пище окисленных масел. Действие витамина Е взаимосвязано с селеном и серосодержащими аминокислотами — метионином, цистином. При совместном их применении антиоксидантный эффект усиливается, возможна и их частичная взаимозаменяемость. Существует взаимосвязь витамина Е и с другими антиоксидантами — витаминами А и С, каротиноидами. Антиоксидантные свойства витамина Е проявляются не только в живом организме: он сдерживает окисление жира в кормах, а попадая в организм рыб, накапливается в мышцах, что в дальнейшем улучшает

¹ 1 ИЕ витамина D соответствует антирахитической активности 0.025 мкг кристаллического эрго- или холекальциферола; 1 мкг эрго- или холекальциферола содержит 40 ИЕ витамина D.

качество рыбных продуктов. Филе из таких рыб более устойчиво к окислению при разных способах хранения.

Дефицит витамина Е вызывает нарушение целостности клеточных мембран, функций кроветворения и размножения, мышечную дистрофию, ожирение и некроз печени. Одной из первых реакций на недостаток витамина Е является повышение хрупкости оболочек эритроцитов и увеличение их гемолиза под влиянием перекисей. При обогащении рационов животных α -токоферолом состояние эритроцитов нормализуется. Устойчивость клеток красной крови к окисляющим агентам используется в качестве теста на обеспеченность животного витамином Е. Показателем обеспеченности рыб витамином Е может служить его уровень в печени. При гипervитаминозе замедляется рост, нарушается размножение, в печени снижается уровень витамина А.

Потребности рыб в витамине Е зависят от количества жира, вводимого в состав корма, особенно от степени его ненасыщенности. Большое количество полиненасыщенных жирных кислот в корме увеличивает потребности в витамине Е и селене. В кормах для лососевых с содержанием жира 30% и выше витамин Е может достигать 500 мг/кг (см. табл. 6). Большую роль играет витамин Е в те периоды жизни рыб, когда потребность в полиненасыщенных жирных кислотах особенно велика. Например, для созревания гонад токоферола требуется больше, чем для роста самих производителей.

К компонентам с высоким содержанием витамина Е относятся: хлопья сухая (18 мг%), отруби рисовые (6 мг%), люцерна, высушенная на воздухе или искусственно (4.1–8.1 мг%), ячмень (3.6 мг%), отходы пивоваренной промышленности (2.7–3.0 мг%), шрот и жмых хлопчатниковые (2.0 мг%), отруби пшеничные (1.7 мг%), пшеница (1.1 мг%). Богаты токоферолами пшеничные зародыши, особенно их масло. В рыбной муке токоферол составляет 20–30 мг/кг. Для повышения содержания витамина Е в организме рыбы используют его промышленные препараты в виде порошка или масляного раствора, вводимые в составе премиксов.

Витамин К (филохинон и менахинон) объединяет группу витаминов, природные соединения в практике обычно не используются. В промышленных целях широко применяют K_3 — викасол, растворимый в воде порошок.

Витамин К участвует в клеточном дыхании, в печени играет роль катализатора при образовании протеинов, необходимых для свертывания крови. Рыбам витамин К требуется для синтеза плазменных белков, принимающих участие в свертывании крови, — протромбина и тромбопластина. У теплокровных животных потребность в витамине К обеспечивается синтетической активностью микрофлоры, рыбы нуждаются в этом витамине в полном объеме. Его дефицит в пище проявляется в замедле-

нии свертываемости крови, появлении кровоизлияний в тканях, снижении гематокрита, но обычно не отражается на скорости роста и выживаемости рыб (табл. 5). Содержание витамина К измеряется в миллиграммах.

Потребность в витамине К варьирует в зависимости от вида рыб в пределах 3–20 мг/кг корма (см. табл. 6).

Водорастворимые витамины

К водорастворимым витаминам относятся витамины группы В и витамины С и Н. Их основное значение — воздействие на промежуточный обмен. Водорастворимые витамины, в отличие от жирорастворимых, не обладают способностью накапливаться в организме и поэтому должны поступать с пищей.

Витамины группы В (свыше 10 витаминов) синтезируются главным образом растениями, бактериями, дрожжами и входят в состав основных ферментов, катализирующих различные реакции белкового, жирового и углеводного обмена.

Витамин В₁ (тиамин) присутствует в организме в форме свободного тиамин и его фосфорных эфиров. Основной формой, на долю которой в различных органах и тканях обычно приходится 60–80% общего содержания витамина В₁, является тиаминдифосфат (ТДФ или кокарбоксилаза). ТДФ служит коферментом трех важнейших ферментов, которые участвуют в ключевых реакциях обмена углеводов — в окислительном декарбоксилации, в цикле трикарбоновых кислот и в пентозофосфатном пути окисления углеводов.

Нарушение В₁-витаминового баланса лишает нервную систему возможности эффективно использовать глюкозу и одновременно способствует накоплению промежуточных продуктов обмена (пировиноградной и молочной кислот), которые оказывают токсическое воздействие на нервную ткань. У рыб, страдающих недостатком витамина В₁, нарушается координация, снижается потребление корма. Эти явления чаще всего наблюдаются при выращивании хищных рыб. Хорошим источником тиамин являются кормовые дрожжи.

Витамин В₂ (рибофлавин) осуществляет реакции дегидрирования, входит в состав флавиновых ферментов. Рибофлавин участвует в углеводном обмене, способствует образованию гликогена в печени. Он также связан с белковым обменом в целом. Высокое содержание белка в корме повышает потребность в рибофлавине (например, триптофан не усваивается в организме при отсутствии витамина В₂).

Обычные пастообразные мясомучные рационы для форели, составленные из свежих продуктов, содержат достаточное количество рибо-

флавина, но в сухие гранулированные корма витамин В₂ следует добавлять. Избыток рибофлавина не опасен, поскольку он быстро выводится из организма. Хорошим источником рибофлавина являются кормовые дрожжи, получаемые на различных субстратах.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота) имеет большое значение в клеточном обмене. Обычно витамин В₃ применяется в виде солей, относительно устойчивых к кислороду и вводимых в состав премиксов. Он быстро разрушается при высокой температуре. Дефицит пантотеновой кислоты является наиболее частым видом витаминной недостаточности. В кормовых дрожжах содержится 60–80 мг/кг витамина В₃.

Витамин В₄ (холин) необходим организму для осуществления жирового обмена. Холин входит в клеточные структуры как составная часть фосфолипидов (лецитина), а также поставляет метильные группы в реакциях метилирования. Практическое значение имеет хлористоводородная соль — холин-холинхлорид. Это вещество устойчиво к нагреванию и окислению кислородом воздуха и поэтому не требует особых предосторожностей. Выпускается 70%-ный раствор холинхлорида, который вводится в состав премиксов.

Витамин В₅ (никотиновая кислота) активизирует действие инсулина, в результате чего происходит метаболизм гликогена и улучшается использование сахаров. Никотинамид влияет на уровень холестерина в крови и нормализует водно-солевой обмен. Среди других витаминов он характеризуется наиболее высокой устойчивостью к воздействию факторов внешней среды. Хорошим источником витамина В₅ являются хлебопекарные и пивные дрожжи, пшеничные отруби, наряду с которыми в корма для рыб добавляют синтетическую никотиновую кислоту.

Витамин В₆ (пиридоксин) активно участвует в белковом обмене, в частности в переаминировании, декарбоксилировании и метилировании аминокислот. Пиридоксин принимает участие в жировом обмене, улучшая использование незаменимых жирных кислот. Особая роль принадлежит витамину В₆ при выращивании рыб в искусственных условиях, так как с увеличением содержания белка в кормах резко возрастает потребность в пиридоксине. Максимальное количество витамина В₆ требуется рыбам в период их интенсивного роста. В гранулированные корма пиридоксин вводится в составе премиксов.

Витамин Н (В₇ биотин) входит в состав ферментов, катализирующих реакции карбоксилирования, участвует в биосинтезе липидов, аминокислот, углеводов и нуклеиновых кислот. Недостаток витамина Н оказывает тормозящее действие на рост рыб, вызывая появление голубоватой слизи, мускульную атрофию, поражение кишечника и даже повышенную смертность. В 1 кг рыбной муки содержится 0.3–0.5 мг витамина Н. Особенно им богаты кормовые дрожжи (1.0–1.2 мг/кг).

Витамин В₈ (инозитол) – структурный компонент живых тканей. Обладает липотропной функцией. Входя в состав фосфолипидов, инозитол вместе с холином принимает участие в регуляции липидного обмена, предотвращая жировую дегенерацию печени и способствуя выведению избыточного жира из печени.

Витамин В_С (фолиевая кислота) стимулирует синтез гемоглобина и рост эритроцитов, катализирует синтез белков и участвует в обмене холина. Дефицит фолиевой кислоты замедляет рост рыб и увеличивает их смертность. Добавки витамина В_С в гранулированные корма для лососевых рыб необходимы. Считается полезным некоторый избыток витамина В_С в корме, поскольку он снижает потребность организма в холине и предупреждает жировую инфильтрацию печени.

Витамин В₁₂ (цианкобаламин) вместе с фолиевой кислотой участвует в синтезе гемоглобина, а совместно с холином и метионином обладает эффективным липотропным действием. Цианкобаламин принимает участие в синтезе нуклеиновых кислот, в обмене жира, углеводов и аминокислот. Недостаток витамина В₁₂ в кормах вызывает замедление роста рыб, снижает потребление пищи, содержание гемоглобина в крови и разрушающе действует на эритроциты. В сухие гранулированные корма вводится также в составе премиксов.

Витамин С (аскорбиновая кислота) активно участвует в обменных реакциях, в частности в окислительно-восстановительных процессах, обладает антиоксидантным свойством. Витамин С способствует синтезу кортикостероидных гормонов, образованию коллагена, обеспечивает нормальную деятельность нервной системы, влияет на углеводный обмен, контролирует отдельные фазы белкового обмена у рыб.

Характерные признаки дефицита витамина С: искривление позвоночника (лордоз, сколиоз) в результате нарушения образования коллагена; кровоизлияния во внутренних органах, в глазах и на коже; снижение гемоглобина, числа эритроцитов крови, деформация (укорочение) жаберных крышек, эрозия плавников, уменьшение аппетита, скорости роста и др.

Следует отметить особую нестабильность аскорбиновой кислоты среди прочих водорастворимых витаминов. Так, витамин С легко разрушается под действием света, кислорода, повышенной температуры, а также в процессе изготовления гранулированных кормов. При производстве кормов методом экструдирования аскорбиновая кислота особенно подвержена разрушению.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ КОРМОВ И КОРМОВЫХ ДОБАВОК



Для приготовления кормов используется сырье животного и растительного происхождения, продукты микробиологического и химического синтеза, а также разнообразные побочные продукты и отходы пищевой промышленности. Существует мнение: чем разнообразнее состав комбикормов, тем выше их питательность. Установлено, что максимальной эффективностью обладает кормовой белок, представляющий сумму белков животного, растительного и микробного происхождения. Лучшие рецепты отечественных и зарубежных рыбных комбикормов содержат до 9–12 компонентов различной природы, не считая добавок витаминов, минеральных солей и других биологически активных веществ.

Компоненты животного происхождения

Продукты переработки животных – важнейшие компоненты комбикормов для рыб. Они являются основным источником полноценного белка и витаминов, богаты минеральными веществами, содержат жизненно необходимые элементы питания, которые отсутствуют в других видах сырья. Важным достоинством большинства кормов животного происхождения является высокая усвояемость аминокислот, входящих в структуру их белка. К группе компонентов животного происхождения относятся рыбная мука, крилевая мука, мясокостная мука, мясная мука, кровяная мука (альбумин), мука из шквары (остаток после вытапливания жиров), костная мука, перьевая мука, крабовая кормовая мука, куколка тутового шелкопряда, сухой обрат, сухое обезжиренное молоко и некоторые другие виды сырья.

Рыбная мука готовится из рыбных отходов и содержит много протеинов и незаменимых аминокислот. Рыбная мука богата витаминами группы В и микроэлементами. В импортной рыбной муке содержание протеина может составлять 60–75%. По ГОСТу 2116-82 в рыбной муке должно

содержаться до 12% влаги, не менее 48% протеина и не более 10% жира. Содержание поваренной соли не должно превышать 5%. Допускается при выработке муки из жирного сырья и при включении в ее состав антиоксидантов содержание жира увеличивать до 22%, а количество влаги сокращать до 8%. Более ценной является нежирная мука, так как она лучше сохраняется. Рыбная мука должна быть рассыпчатой, без комков и плесени. Запах ее специфический, рыбный, без затхлости. Мука высшего и I сортов сухая, рыхлая, легко рассыпается после сжатия в руке. Цвет муки может варьировать от светло-серого до темно-желтого, однако чем темнее мука, тем ниже ее пищевая ценность. Испорченная мука приобретает ржавый оттенок. Срок хранения нестабилизированной антиоксидантом рыбной муки не должен превышать 6 мес., стабилизированной — 1 год.

Крилевая мука содержит 58–62% сырого протеина, в отличие от рыбной муки характеризуется более высоким содержанием каротиноидов, которые придают мясу рыб специфическую розовую окраску. Крилевая мука в основном используется для кормления производителей лососевых рыб. Наибольшей питательностью характеризуется крилевая мука, приготовленная прессово-сушильным способом.

Крабовая кормовая мука вырабатывается из отходов, полученных при переработке крабов. Вводится в корм для рыб вместо рыбной или мясокостной муки.

Мясокостную муку вырабатывают из отходов, получаемых при забое животных на мясокомбинатах (непищевая обрезь от зачистки мяса, малценные в пищевом отношении субпродукты и др.). Питательность этой муки зависит от исходного сырья. В мясокостной муке I и II сортов, используемой для приготовления кормов, должно содержаться не менее 42% сырого протеина и до 16% жира. Срок хранения — до 2 мес.

Мясная мука — белковый корм высокого качества, вырабатывается из внутренностей животных и прочих мясных отходов. В ней содержится 50–60% сырого протеина.

Кровяную муку (альбумин) получают из крови, фибрина, шлея и костей. В кровяной муке содержится 70–85% сырого протеина и до 5% жира. В корма для рыб добавляют небольшое количество кровяной муки, так как ее питательная ценность невелика из-за дисбаланса состава аминокислот и низкой переваримости.

Мука из шквары содержит 44–47% сырого белка, который в сравнении с белком других животных кормов имеет меньшую биологическую ценность из-за недостатка незаменимых аминокислот.

Костная мука содержит большое количество минеральных веществ (кальция и фосфора). Белок костной муки по количеству незаменимых аминокислот значительно уступает названным выше компонентам жи-

вотного происхождения. Применяется костная мука прежде всего как минеральная добавка.

Перьевая мука готовится из перьев птиц. В состав кормов ее вводят после гидролиза. Перьевая мука богата серосодержащими аминокислотами, однако бедна триптофаном, лизином и гистидином.

Сухое обезжиренное молоко богато полноценным, хорошо переваримым белком, легко доступными углеводами и витаминами группы В. Этот продукт является ценным компонентом стартовых кормов для рыб. Вместе с тем необходимо знать, что в продуктах молочного производства много молочного сахара — лактозы, — содержание которого в корме не должно превышать 12–13% из-за возможных отклонений углеводного обмена.

Говяжья селезенка также находит применение в рыбоводных хозяйствах для кормления личинок и мальков рыб. Она является полноценным источником белка (до 18%), жиров и минеральных веществ. Селезенка не может служить единственным кормом для рыб и используется только как компонент пастообразных смесей в сочетании с мукообразными белковыми компонентами и витаминами.

Компоненты растительного происхождения

Продукты растительного происхождения в зависимости от состава основных питательных веществ разделяются на три группы — богатые крахмалом, белком или жиром. Содержание питательных веществ и минеральных элементов в некоторых компонентах растительного происхождения, используемых при изготовлении кормов для рыб, представлены в табл. 7.

Богатые крахмалом компоненты. Это в основном семена злаков, в которых содержится до 75% углеводов, главным образом крахмала, от 8 до 20% белка, 2–6% жира и небольшое количество минеральных веществ. Зерна злаков играют наибольшую роль в кормлении карпа. Для других рыб они имеют меньшее значение.

Пшеница является одним из наиболее питательных среди злаковых компонентов комбикормов. Переваримость белка пшеницы карпом достигает 80–85%, доступность аминокислот — до 90%. Из 1 кг пшеницы карп усваивает более 500 г питательных веществ. Для изготовления кормов для рыб применяют пшеницу, непригодную для пищевых целей. Зерна такой пшеницы содержат до 14% белка. Жиры в основном представлены ненасыщенными жирными кислотами — линолевой (56%), олеиновой (12%) и линоленовой (4%). Основной углевод пшеницы — крахмал — гидролизруется амилазами. Особенно много ферментов в проросшем зерне. Витамины А и D в пшенице представлены главным образом в форме

Таблица 7. Состав и питательность кормов растительного происхождения, г/кг корма

Показатели	Кукуруза		Пшеница мягкая	Овес	Рожь	Ячмень	Соя	Отруби пшеничные	Шроты		
	белая	желтая							льняной	соевый	подсолнечный
<i>Органические вещества</i>											
Белки	92	103	133	108	120	113	319	151	340	439	429
Жиры	43	42	20	40	19	22	146	41	17	27	38
Клетчатка	43	38	17	97	21	49	70	83	96	62	144
<i>Минеральные элементы</i>											
Кальций	3.7	5.2	3.4	4.4	4.8	5.0	21.7	10.9	12.5	19.5	8.0
Фосфор	2.7	5.2	3.6	3.4	2.8	3.9	7.1	9.6	8.3	6.6	12.2
Магний	1.5	1.4	1.0	1.2	1.1	1.0	2.9	4.3	5.3	3.5	5.1
Калий	0.4	0.5	0.8	1.5	0.9	2.0	4.8	3.0	2.8	2.7	3.6
Натрий	0.1	1.3	0.1	1.8	0.1	0.8	3.4	0.9	0.8	0.4	0.4

провитаминов — каротиноидов и стеролов. Из жирорастворимых витаминов в пшенице содержится витамин Е, который предохраняет жиры от окисления. Витамины группы В находятся в основном в оболочках зерна.

Ячмень по питательности близок к пшенице, но отличается худшим использованием протеина на прирост рыб. Содержание в ячмене незаменимых аминокислот лизина, метионина и триптофана по сравнению с семенами других злаков высокое, а крахмала в ячмене содержится меньше, чем в кукурузе, пшенице и ржи (50–60%). Жирные кислоты представлены в основном ненасыщенными соединениями (80–85%). В рыбоводных хозяйствах ячмень используют в качестве заменителя пшеницы в кормах, предназначенных для карпа, канального сомика и некоторых других видов рыб.

Рожь содержит много слизистых веществ (2.5–3.0%), из-за этого она сильно набухает в пищеварительном тракте рыб. В ней содержится 12% белка и, по сравнению с другими злаковыми, незначительное количество клетчатки, жир составляет 1.9%. Белки ржи богаты лизином и бедны триптофаном. В состав жирных кислот входят: линоленовая (около 60%), олеиновая (до 20%), стеариновая (20–22%) кислоты. Рожь относительно богата витаминами группы В.

Кукуруза содержит большое количество крахмала, но бедна протеином, который к тому же обладает низкой биологической ценностью

вследствие дефицита лизина и триптофана. Следует иметь в виду, что корма с повышенным содержанием кукурузы плохо хранятся и быстро плесневеют.

В составе кормосмесей для рыб используется молотое зерно или измельченные продукты его переработки. Наиболее питательна мука из цельного зерна без очистки.

Мучная пыль является смесью тонкой муки и отрубей. В ней содержится некоторое количество земляных частиц и других примесей. Наиболее питательна белая пыль, ниже по пищевым свойствам находится серая пыль, а черная мучная пыль непригодна для использования.

Мучнистые злаковые компоненты должны быть хорошего качества, сухие, рассыпчатые. В доброкачественных мучных продуктах постороннего запаха не ощущается. Неприятный запах возникает при поражении кормов грибками, клещами, засорении пылью и головней. Вкус муки должен быть пресным. Кислый, сладкий и солодовый вкус свидетельствуют о развитии бактерий, сбраживающих сахара с образованием органических кислот, горьковатый — об окислении жирных кислот до альдегидов, кетонов и оксикислот. Доброкачественные мучнистые компоненты не должны иметь металлических примесей; доля минеральных примесей не должна превышать 0,8%, головни и спорыньи отдельно или вместе взятых — 0,06%, куколя — 0,25%; не должно быть заражения амбарными вредителями.

Богатые белком компоненты. К ним относятся семена бобовых культур — гороха, фасоли, сои, люпина, чечевицы, вики, нута, чины и др. В семенах бобовых содержание белка в 2–3 раза выше, чем в злаковых. Легкая растворимость белков бобовых культур способствует высокой степени усвоения их аминокислот рыбами и другими животными, однако наличие ингибиторов пищеварительных ферментов ограничивает их применение при изготовлении кормов для рыб. Для предупреждения отрицательного воздействия ингибиторов рекомендуется семена бобовых культур подвергать предварительной тепловой обработке. Бобовые отличаются от злаковых культур также морфологическим строением зерна, которое состоит из двух семядолей и ростка, покрытых семенной оболочкой. Семенная оболочка составляет 8–15% массы зерна.

Горох — традиционный высокобелковый компонент кормов для рыб. Содержание белка в горохе составляет 22–26%. В составе жиров (2–3%) преобладают ненасыщенные жирные кислоты. Углеводы гороха представлены крахмалом и клетчаткой. Питательные вещества, содержащиеся в горохе, хорошо перевариваются рыбами.

Соя — ценная белковая и масляная культура. Семена сои содержат свыше 30% белка, который отличается высокой биологической ценностью и приближается по своим показателям к белкам животного проис-

хождения. Ценность соевых белков определяется в первую очередь хорошим составом аминокислот. Содержание жира в семенах сои — около 15%. В качестве кормов для рыб используют соевые жмыхи и шроты.

Жмыхи и шроты — отходы маслобойного производства, богатые белками растительного происхождения. Жмыхи получают при отжимке масла на шнековых и гидравлических прессах из предварительно очищенных, перемолотых и обработанных теплом и влагой семян масличных культур. Шроты получают при экстрагировании масла органическими растворителями (бензином, дихлорэтаном). В шротах содержится 1.7–3.8% жира, белка и клетчатки несколько больше, чем в жмыхах. Содержание жира в шротах примерно в 5–6 раз ниже, чем в жмыхах. Жиры жмыхов и шротов в основном представлены ненасыщенными жирными кислотами и потому легко окисляются, что препятствует их длительному хранению. Содержание белка в шротах и жмыхах колеблется от 30 до 45%. Наиболее богаты белками соевый, подсолнечный, хлопчатниковый жмыхи и шроты. В соевом и подсолнечном шротах и жмыхах отмечено наибольшее содержание лизина и метионина. Эти отходы масличного производства богаты витаминами группы В и Е, содержат значительное количество калия и фосфора. В то же время они бедны натрием и кальцием, хотя содержат их больше, чем зерна злаковых культур.

Подсолнечный шрот и жмых содержат 40–44% сырого белка и хорошо поедаются рыбами. В полноценных кормах для карпа их содержание может достигать 30–40%.

Соевый шрот и жмых отличаются высокой биологической ценностью белков благодаря высокому содержанию в них незаменимых аминокислот, в частности лизина. В отличие от подсолнечного шрота в соевом шроте и жмыхе содержится ингибитор трипсина, который снижает переваримость питательных веществ кормов. Наличие этого компонента ограничивает введение соевых шрота и жмыха в состав кормов для рыб. При термической обработке кормов этот ингибитор теряет свои свойства.

Льняной шрот и жмых обладают свойством медленно набухать в воде. Поэтому корма, содержащие эти компоненты, лучше и с меньшими потерями поедаются рыбами. Содержание белков в этих компонентах составляет в среднем 33.1%, жира — 2–7%, клетчатки — 9–10%.

Хлопчатниковый шрот и жмых содержат ядовитое вещество — госсипол. Поэтому вводить этот компонент в корма для молоди рыб не рекомендуется. Для выращивания товарного карпа хлопчатниковые шрот и жмых можно использовать в количестве не более 10–15% общей массы корма. Содержание белка в хлопчатниковом шроте составляет 43%, в жмыхе — 37%, жира — соответственно 1.3 и 7.2%. Имеются данные, что в хлопчатниковом шроте присутствует канцерогенное вещество афлатоксин, способное вызвать у рыб заболевание печени.

Арахисовый шрот принадлежит к наиболее богатым в пищевом отношении кормовым компонентам. Среднее содержание белка 43.1%, жира 11.5%. Шрот содержит большое количество лизина при недостатке метионина и триптофана. Целесообразно сочетать данный шрот в комбикормах с подсолнечным шротом и пшеницей.

Люпин и продукты его переработки также могут быть использованы в качестве компонентов кормов для рыб. В семенах культивируемых форм люпина обычно содержится 30–40% белка, а иногда и 50%.

Отруби (пшеничные, ржаные, кукурузные) — отделяемые при помоле грубые наружные покровы зерна. Это дешевое и доступное сырье, которое обычно добавляют в корма в количествах от 1 до 10% для увеличения питательности корма.

Пшеничные отруби содержат незначительное количество крахмала и избыток клетчатки; содержание белка выше, чем в целом зерне пшеницы (15.1 против 13.3%). В структуре белка отрубей представлены все незаменимые аминокислоты. Из минеральных веществ в большом количестве содержится фосфор. Пшеничные отруби богаты витаминами группы В и Е.

Ржаные отруби по химическому составу и питательности схожи с пшеничными, но в них несколько меньше белка и клетчатки. Содержание же валина, треонина, лейцина и изолейцина, наоборот, несколько выше.

Кукурузные отруби бедны белком и неполноценны по аминокислотному составу. Переваримость их почти в 2 раза ниже, чем пшеничных отрубей. Их редко используют в кормах для рыб.

Травяная мука содержит значительное количество клетчатки, вследствие чего плохо усваивается рыбами. Однако ее введение в корма способствует усилению перистальтики кишечника. Положительным является присутствие в травяной муке определенного количества витаминов и других биологически активных веществ. В корма для рыб эта мука вводится в количестве 3–5%.

Хвойная мука содержит важные для организма рыб витамины (каротин, токоферол, рибофлавин, аскорбиновую кислоту, филлохинон, провитамины группы D и др.) и микроэлементы (кобальт, никель, железо, бром), а также некоторые фитонцидные стимуляторы. Хвойную муку в количестве 1–3% иногда вводят в корма, предназначенные для форели и других лососевых рыб.

Водорослевую муку изготавливают из морских водорослей — ламинарии, фукуса и др. Этот компонент содержит дефицитные микроэлементы и витамины; используется в качестве кормовой добавки (1–2%). Водорослевая мука обладает связующим эффектом.

Кормовая патока — побочный продукт производства сахара из свеклы, содержит до 50% сахара, улучшает процесс гранулирования комби-

кормов, повышает их качество. Обычно ее вводят в комбикорма (3–5%) в качестве энергетической добавки.

Жировые добавки

Липидная часть корма определяется содержанием и качественным составом жиров в основных компонентах, используемых для приготовления кормосмесей. Для корректировки общего уровня липидов и соотношения незаменимых жирных кислот в соответствии с пищевыми потребностями конкретного вида рыб в корма дополнительно вводят специальные жировые продукты как животного, так и растительного происхождения. Учитывая особенности липидного обмена рыб, в качестве жировых добавок используются жидкие жиры: рыбий и крилевый жир, растительные масла и фосфатиды.

Рыбий жир богат высоконенасыщенными жирными кислотами, витаминами А, D и фосфолипидами. Его вводят главным образом в состав стартовых кормов для личинок и мальков лососевых рыб. Чем прозрачнее рыбий жир, тем выше его качество. Рыбий жир выпускается в натуральном виде и с добавкой витаминов А и D (витаминизированный). При длительном хранении жир окисляется, а содержащиеся в нем кальциферолы разрушаются с образованием ядовитого вещества — токсистерола. Как правило, количество рыбьего жира в стартовых кормах составляет от 3 до 12% в зависимости от вида рыб. Следует предостеречь от неумеренного использования витаминизированного рыбьего жира, поскольку его избыток может вызвать гипervитаминоз А, особенно если в кормах присутствуют компоненты, богатые витамином А, и включен поливитаминный премикс, обеспечивающий потребность рыбы.

Крилевый жир является продуктом переработки криля. Его получают путем экстракции жира из ракообразных. Это маслянистая жидкость красно-коричневого цвета с характерным запахом. Крилевый жир богат ненасыщенными жирными кислотами, витаминами и каротиноидами. Включение крилевого жира в комбикорм для форели вместо растительного масла способствует ускорению роста рыб, улучшению их физиологического состояния и снижению кормовых затрат. Особенно желательна добавка крилевого жира в корма для производителей.

Растительные масла — источники незаменимых жирных кислот и энергии в рыбных кормах. Предпочтение следует отдавать нерафинированным маслам, которые более устойчивы к окислению и богаче биологически активными веществами. Наиболее широко используется подсолнечное масло, хотя иногда применяются соевое, кукурузное и льняное. Хлопковое масло использовать не следует. Обычно растительные масла

включают в комбикорма для младших возрастных групп рыб и производителей в количестве 3–8%.

Фосфатиды получают при переработке масличных культур. Их применяют в составе рыбных комбикормов как источник энергии. Фосфатиды содержат большое количество ненасыщенных жирных кислот, особенно линолевого типа. Линоленовой кислотой очень богаты фосфатиды, получаемые из льна. Фосфатиды являются источниками фосфора и холина, помогающими рыбе избежать жирового перерождения печени и анемии. Предпочтение следует отдавать жидким фосфатидам; густые фосфатиды перед введением в кормосмеси разогревают, но не доводят до кипения. В нашей стране главным образом используются подсолнечные фосфатиды, однако можно употреблять соевые, льняные и кукурузные. Хлопчатниковые фосфатиды применять не следует из-за опасности отравления рыб госсиполом. Для предохранения от окисления фосфатиды хранят в закрытой таре в прохладном месте, защищенном от солнечных лучей. При правильном хранении их можно применять в течение года.

Липидная биомасса — перспективный источник жира в рыбных кормах. Ее получают при культивировании гриба *Blakeslea trispora*. Биомасса представляет собой рыхлый рассыпчатый маслянистый порошок от светло-красного до кирпичного цвета. Она содержит 25–30% белка, 55–65% жира и 8–18 г/кг каротиноидов, из которых до 90% составляет β -каротин. Биомасса также богата витаминами B_2 , B_6 и B_{12} .

Продукты микробиологического и химического синтеза

Продукция микробиологической промышленности — биомасса различных дрожжей и других микроорганизмов, используется при производстве кормов для рыб в качестве источника полноценных по аминокислотному составу белков, доступных для усвоения углеводов, витаминов, а также ферментов и других биологически активных веществ. В качестве продуцентов питательных веществ используют микроорганизмы различных таксономических групп: дрожжи, бактерии, микроскопические грибы, актиномицеты, одноклеточные водоросли. Благодаря высокому содержанию белка (70–80% биомассы микроорганизмов) и витаминов некоторые виды кормовых дрожжей получили название белково-витаминных концентратов (БВК). Получение биомассы микроорганизмов основано на их способности преобразовывать в ценные питательные вещества разнообразное сырье, непригодное для кормления животных (отходы пищевой, деревообрабатывающей, бумажной, нефтегазовой промышленности). Получаемым белковым продуктам присваивают названия по виду субст-

ратов культивирования микроорганизмов (дрожжи: гидролизные — гиприн, алкановые — паприн, этанольные — эприн, метанольные — меприн; метанооксиляющие бактерии — гаприн и т.д.)

Гидролизные дрожжи (гиприн) — продукт микробиологической переработки клетчатки отходов древесины, соломы, камыша, а также отходов сульфитно-целлюлозного производства. Содержание сырого протеина достигает 44–48%. Сухие кормовые дрожжи характеризуются высокой питательной ценностью: в их состав входят в значительных количествах все незаменимые аминокислоты, комплекс витаминов группы В, витамин D₂ (эргостерол), минеральные вещества, а также разнообразные гормоны и ферменты, способствующие усвоению протеинов и углеводов. В рыбные корма гидролизные дрожжи вводят в качестве белково-витаминной добавки в количестве 5–20% в зависимости от вида и возраста рыб.

Углеводородные дрожжи (паприн, БВК). Субстратом для культивирования этого вида дрожжей служат жидкие очищенные парафины нормального строения. По содержанию протеина (44–63%) БВК превосходит белковые корма растительного происхождения и практически не уступает кормовым продуктам животного происхождения; имеет богатый набор микроэлементов и витаминов, особенно группы В. Сходство химического состава белка с естественной пищей молоди рыб послужило основанием для разработки высокоэффективного стартового корма для карповых «Эквизо» (эквивалент зоопланктона), в котором суммарная доля паприна и его ферментолизата достигает 70%. Норма введения в комбикорма для разных видов рыб варьирует в пределах 10–20%.

Производство кормового белка путем микробиологического синтеза имеет в нашей стране более чем полувековую историю. Первые заводы по получению кормовых дрожжей на гидролизатах древесины были введены в эксплуатацию еще в 1930 г. Однако в последние годы у нас в стране производство белковых кормов микробиологического синтеза практически прекращено. Часть заводов, выпускавших в недалеком прошлом различные кормовые дрожжи (в основном БВК), в последние годы начали производить новые кормовые препараты на основе зерновых и других растительных отходов. Содержание сырого протеина в этих препаратах варьирует от 32 до 45%. При этом используются экономически выгодные и экологически безопасные компоненты, более дешевые и доступные, не происходит загрязнения почвы, воздушного и водного бассейнов химическими веществами.

Для оптимизации процесса биотрансформации (биоконверсии) применяются различные способы переработки сырья, направленные на уменьшение степени кристалличности целлюлозы. Используют механические способы обработки, обработку водяным паром. Облучение

γ-лучами приводит к деструкции полисахаридов, уменьшает содержание клетчатки, увеличивает ее переваримость.

Углеводно-белковый концентрат (УБК). Исходным сырьем для его получения служат яблочные выжимки, сплав ячменя, зерновые отсеивы. Содержание протеина по сравнению с исходным сырьем повышается в 2–3 раза и доходит до 40%. Норма ввода УБК в полнорационные комбикорма для рыб составляет 10–15%.

Биокорн, сарепта, белотин, элита – новые кормовые препараты. Сырьем для их получения служат отходы переработки зерновых культур. По своим физическим и химическим показателям эти продукты имеют много общего: порошок грубого помола, цвет – от светло-коричневого до бурого, с характерным дрожжевым запахом. Массовая доля влаги около 12%, содержание сырого протеина от 32 до 45%.

Кормовой концентрат лизина (ККЛ) содержит 17–21% чистого вещества; выпускается в виде коричневого тонкодисперсного порошка. Дает положительный эффект в кормосмесях, в которых компоненты животного происхождения заменены эквивалентным по содержанию протеина количеством шротов масличных культур или продуктов микробиологического синтеза.

Кристаллический лизин (L-лизин) получают микробиологическим синтезом; выпускается в виде монохлоргидрата. Это порошок белого или светло-желтого цвета, без запаха, с содержанием основного вещества до 95%. Препарат целесообразно использовать в кормах на основе белка растительного происхождения или микробного синтеза.

Метионин – кристаллический порошок белого цвета с коричневым, желтоватым или сероватым оттенком; содержание активного вещества 95–98%. Рекомендуется использовать в кормосмесях на основе белка растительного происхождения или микробиологического синтеза.

Карбамид – продукт химического синтеза, вещество без запаха, хорошо растворяется в воде. За счет него можно восполнить 12–15% белка, недостающего в рационе при товарном выращивании карпа, и до 5% – в кормах для молоди лосося.

Нетрадиционные кормовые средства

Большое значение в решении проблемы снижения затрат на производство кормов для рыб отводится поиску нетрадиционных ресурсов. Довольно сложно однозначно определить, что представляют собой нетрадиционные средства. Поскольку перечень средств, используемых в комбикормовой промышленности постоянно пополняется, их «нетрадиционность» носит временный характер. Необходимо максимум питательных веществ, содержащихся в различных отходах, использовать для производства новых продуктов.

Отходы консервной промышленности

При производстве плодовых и овощных консервов отходы составляют в среднем 21% перерабатываемого сырья. Только на Кубани выращивается 600 тыс. т овощей, в том числе более 360 тыс. т томатов. При переработке томатов на сок и пасту на долю отходов (выбракованные помидоры, семена, кожура) приходится до 20%, моркови на сок — 41, зеленого горошка — 83, семечковых плодов — 8–16, винограда — 30, капусты — 18% массы исходного сырья. Овощные отходы содержат разнообразные ценные питательные компоненты (протеин, углеводы, витамины, минеральные вещества).

Отходы томатов. Основные показатели химического состава (% сухой массы): сырой протеин — 15.9, жир — 4.0, сырая клетчатка — 46.1, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) — 25.4, минеральные вещества — 1.0–1.9. Количество каротина составляет 8–15 мг/кг, аскорбиновой кислоты — 16–20 мг/кг. Химический состав отдельных частей отходов существенно варьирует в зависимости от культивируемого сорта, времени сбора урожая, применяемой технологии и др. В частности, семена томатов (воздушно-сухие) содержат, %: 25–30 жира, 25–35 азотистых и 15–20 безазотистых веществ, 12–25 целлюлозы. Кожица томатов содержит до 10% влаги, 5.4% белков, 3.3% жира, 5.0% пектиновых веществ, 70% целлюлозы; 6.5 мг% золы и 25 мг/кг каротина.

В состав томатных выжимок входит (% абсолютно сухого вещества): сырого протеина — 23.0, сырого жира — 9.7, сахара — 4.9. Выжимки содержат значительное количество витаминов группы В, каротина, а также минеральные элементы (мг%): калия 259.1, натрия 867.9, кальция 265.5, фосфора 362.7. Кормовая ценность 1 кг продукта — 1.45 кормовых единиц. В муке из свежих томатных выжимок содержится много кальция, фосфора, микроэлементов и аминокислот; 1 кг муки, приготовленной из томатных выжимок, содержит 1.49 кормовых единиц. В томатном шроте присутствуют все незаменимые аминокислоты.

Яблочные выжимки — резерв кормовых средств. Кормовая ценность плодовых отходов определяется в основном содержанием в них безазотистых экстрактивных соединений, органических кислот, сахаров, жиров, минеральных соединений и витаминов. Экстракция пектина из яблочных выжимок приводит к снижению содержания БЭВ и повышению содержания клетчатки. Яблочные выжимки являются ценным объемистым кормом, содержащим необходимые питательные вещества, витамины, макро- и микроэлементы.

Виноградные выжимки после обработки ягод на прессах непрерывного действия содержат около 5% сахара от их массы. В состав кожицы винограда, помимо клетчатки, входят азотистые и дубильные вещества,

пигменты (каротиноиды, хлорофилл, ксантофилл), минеральные вещества и органические кислоты. Химический состав виноградных выжимок (%): сырой протеин – 10–16, сырой жир – 7–12, сырая клетчатка – 19–27, БЭВ – 38–45, зола – 3–6, кальций – 0.3, фосфор – 0.1. Сухие виноградные выжимки по питательной ценности приближаются к сенажу из люцерны (1 кг содержит 0.35–0.45 кормовых единиц). По содержанию протеина (16%) сухие виноградные выжимки не уступают зерновым злаковым кормам; по уровню жира (8%) они значительно превосходят зерно злаковых культур, а БЭВ (45%) – сенаж из люцерны. Вследствие большого количества сырой клетчатки в семенах ягод среднее содержание ее в виноградных выжимках относительно высоко (20–22%), поэтому их общая питательность невелика.

Зеленый горошек и кабачки. Мука из их отходов содержит соответственно 18 и 11% протеина, 3 и 2% жира, 49 и 54% БЭВ, 8 и 9% углеводов. По питательным свойствам эти продукты близки к зерновым, а по содержанию витаминов, микроэлементов, биологически активных веществ – превосходят их.

Питательные свойства некоторых кормовых средств, изготовленных из отходов пищевой промышленности, представлены в табл. 8.

Таблица 8. Состав компонентов кормов для рыб, изготовленных из отходов пищевой промышленности

Показатели	Мука кормовая из отходов переработки плодов и овощей ТУ 15 РСФСР 427-11-91	Углеводно-белковый концентрат из отходов переработки плодов и овощей ТУ 9291-016-004766493-95	Мука кормовая из отходов пивоваренной и солодовой промышленности ТУ 9295-014-00476493-93	Шроты растительные кормовые ТУ 9146-015-00476493-93
------------	--	---	--	---

Массовая доля:

влаги, % не более	10.0	10–13	8–10	10.0
протеина, % не менее	10–30	25–40	15–20	10.0
жира, % не более	–	10	2–3	3.0
клетчатки, % не более	7–30	6–8	15–20	18.0
зола, % не менее	4–8	10–12	8–10	12

Содержание, мг%:

каротина	0.5–30	–	–	–
витамина С	2–12	–	–	–

Отходы масложирового и орехового производств

Кондитерские фабрики перерабатывают большое количество различных орехов (грецкий, фундук, арахис) и производят экструдированные крупы (воздушные рис, гречка, пшено, кукуруза). Отходы орехов и круп имеют высокую кормовую ценность и могут использоваться в кормах для рыб согласно разработанным ТУ и ТИ (технические инструкции) на эти продукты (табл. 9).

Таблица 9. Состав кормовых средств, изготовленных из отходов орехового и крупяного производства

Показатели	Отходы ореховые кормовые ТУ 9147-027-00476493-05				Семечки подсолнечника (без шелухи) ТУ 9296-29- 00476493-05	Отходы крупяные кормовые ТУ 9295-028-00476493-05		
	арахис (шелуха)	фундук		грецкий орех		гречка	рис	пшено
		с шелухой	без шелухи					
Влага, %	5.5	4.0	7.9	6.4	3.6	7.8	8.7	8.5
Сырой протеин, %	21.0	19.1	12.8	21.0	23.6	21.4	8.3	10.4
Сырой жир, %	29.6	58.7	32.1	51.3	54.8	4.7	0	3.3
Сырая клетчатка, %	18.6	7.5	10.7	5.0	4.7	1.6	0.3	0.01
Зола, %	3.2	3.2	2.3	2.8	3.7	6.7	0.4	1.3
Кальций, мг/кг	0.7	2.2	2.8	2.7	1.6	1.1	1.2	0.7
Фосфор, мг/кг	3.2	3.7	2.4	4.3	11.5	6.0	1.2	3.3
Каротин, мг/кг	6.5	1.4	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	4.2
Кислотное число, мг КОН	2.8	5.6	9.1	24.3	4.9	13.7	0.3	0.4

Побочные продукты пивоваренного производства

Среди побочных продуктов пивоваренного производства в качестве сырья для производства кормов могут быть использованы солодовые ростки и пивная дробина.

Солодовые ростки — порошок или гранулы светло-серого цвета, горькие на вкус. Их получают на предприятиях пивоваренного производства путем отделения от пророщенного и высушенного ячменя при получении солода. Продукт гигроскопичен. Солодовые ростки богаты протеи-

ном, витамином Е и витаминами группы В. Они содержат около 87% сухого вещества: 23.0 протеина, 2.0 жира, 11.6 клетчатки, 43.3 БЭВ, 7.4 золы.

Разработаны и утверждены ТУ «Мука кормовая из отходов пивоваренной и солодовенной промышленности» и технологическая инструкция по ее производству. Мука обладает высокими питательными свойствами; содержание сырого протеина достигает 20%. Норма ввода для рыб этой муки – 10% массы корма. В комбикормах для карпа допустима замена зерновых отходами солодовенной и пивоваренной промышленности.

Другие отходы

Семена многих растений, в особенности из семейства сложноцветных, содержат летучие эфирные масла, которые используются для различных целей. Эфирные масла отгоняют водяным паром, после этого экстрагируют жирные масла. Остающийся шрот можно использовать в корм скоту, хотя по кормовой ценности эти продукты значительно уступают отходам масличных семян (жмых и шрот).

Опыты по включению в корма рыб шротов лекарственных трав (ромашки и петрушки) показали, что карп охотно поедает опытные корма, отклонений в росте, физиологическом состоянии рыб, а также в органолептических показателях мяса не отмечено.

Премиксы

Премиксы представляют собой смесь биологически активных веществ (витаминов, микроэлементов, антибиотиков) и наполнителя. Введение премиксов в кормосмеси способствует улучшению физиологического состояния рыбы, повышению темпа роста, выживаемости и резистентности к заболеваниям, нормализации деятельности нервной, кровеносной и пищеварительной систем, предотвращает расстройства воспроизводительной функции.

Учитывая огромную роль витаминов и микроэлементов в обеспечении жизненно важных процессов рыб, в настоящее время широко используют витаминно-минеральные премиксы, содержащие в своем составе все необходимые витамины и микроэлементы для нормального развития организма. Разработаны специализированные премиксы, используемые при производстве стартовых и продукционных кормов для осетровых, лососевых и карповых рыб. Премикс ПФ-1М предназначен для форели и лосося массой до 1 г; ПФ-1В – от 1 г до товарной массы и производителей. Эти премиксы эффективны как в гранулированных, так и в пастообразных кормах.

При производстве кормов для карпа, сома и бестера применяют также премиксы, используемые в птицеводстве, такие как П-2-1, П-1-2 и П-5-1.

Доза введения витаминно-минеральных премиксов в корма для рыб – 1–2% массы корма.

Хранить премикс следует в сухом проветриваемом помещении при температуре не выше +10 °С. Повышение температуры хранения снижает его качество и срок годности.

В качестве минеральных добавок при кормлении рыб используют мел (известняк, ракушка), поваренную соль и др.

Мел обогащает кормосмеси кальцием. В 100 г вещества содержится 33–38% кальция. Его вносят в корма в количестве от 1 до 2%.

Поваренную соль можно применять как кормовую добавку при выращивании молоди и товарной рыбы, она стимулирует обмен веществ, ускоряет рост рыб и в определенной степени является консервантом. Вводится в кормовые смеси в количестве 0.5-1.0% в зависимости от возраста рыб.

Ферментные препараты

Микробиологическая промышленность выпускает ферментные препараты для сельского хозяйства двух групп – грибные и бактериальные. Эти препараты в зависимости от степени их очистки делятся на технические (нативные культуры гриба, степень очистки равна «0» и обозначена «х») и очищенные (полученные после отделения продуцента и высушенные на распылительной сушилке, степень очистки обозначена «3х»).

Грибные штаммы более пригодны к применению. Они практически не имеют неприятного запаха, содержат целый комплекс ферментов, энзимов, необходимых для гидролиза нативных субстратов; грибная биомасса легче отделяется в процессе фильтрации, и препарат получается более концентрированным. Культивирование грибов проводится в кислой среде, что препятствует развитию посторонних патогенных бактерий.

Продуценты ферментов культивируют двумя способами: глубинного культивирования в жидких средах и поверхностного – на твердых средах, то есть на поверхности тонкого слоя питательной среды, в качестве которой наиболее часто используют пшеничные отруби с небольшим количеством травяной муки или свекловичного жома. В зависимости от способа культивирования в названия препаратов добавляют буквы «П» (поверхностные) или «Г» (глубинные). В мировой практике для производства ферментных препаратов преимущественно применяют глубокий способ культивирования в стерильных условиях с последующим отделением биомассы, ее очисткой и концентрированием при использовании современных мембранных технологий.

Промышленность выпускает ферментные препараты, имеющие пектолитическую, гемицеллюлазную, β -полиглюкозидгидролазную активность. В нашей стране наибольшую известность получили такие ферментные препараты, как глюкоаморин П10х (аваморин ПК), глюкоаморин Пх (аваморин П), оризин ПК и оризин П, амилосубтилин ГЗх, пектаваморин П10х (аваморин ППК), пектофоетидин П10х, пектофоетидин ГЗх, целловиридин ГЗх, протосубтилин ГЗх, мацеробацилин ГЗх-СХ, лизоцим ГЗх.

В настоящее время освоено промышленное производство не только отдельных ферментных препаратов, но и их комплексов. Наиболее эффективными являются отечественные комплексные ферментные препараты МЭК – мультиэнзимные композиции (МЭК-СХ-1, МЭК-СХ-2, МЭК-ЦГАП и т. д.).

Наряду с ферментными препаратами, выпускаемыми в России, на отечественный рынок поступают и зарубежные. Иностранные фирмы выпускают ферментные препараты в виде жидких концентратов, гранул и микрокапсул для повышения сохранности энзимов. К таким препаратам относятся ферментные препараты фирмы «Кемин Европа» (Кемзайм W, Кемзайм B, Кемзайм BK); «Ф. Хоффманн-Ля Рош» (Роксазим G2; Ронозим WX СТ; Ронозим А СТ; Ронозим VP СТ и др.); «Хёхст» (Германия) (Хостазим) и другие.

Для обогащения кормов рыб обычно используются как очищенные, так и неочищенные ферментные препараты. Ниже приводится краткая характеристика основных ферментных препаратов, используемых в рыбоводстве.

Протосубтилин ГЗх представляет собой порошок из высушенной на распылительной сушилке культуральной жидкости, в которой проводилось культивирование *Bacillus subtilis*. Протеолитическая активность стандартного препарата – 80 ед/г. Оптимальные условия действия препарата: рН 6, температура 50–55 °С. Гарантийный срок годности 6 мес.

Использование протосубтилина ГЗх в кормах форели незначительно повышает темп роста рыбы, что обусловлено высокой активностью собственных протеолитических ферментов у хищных рыб. Применение его в качестве добавки в корма для товарного карпа дает хорошие результаты.

Амилосубтилин ГЗх – порошок, полученный высушиванием на распылительной сушилке культуральной жидкости, в которой проводилось глубинное культивирование специально подобранного штамма *Bac. subtilis*. Препарат содержит амилитические ферменты и незначительное количество протеолитических. Амилитическая активность стандартного препарата составляет 150 ед/г. Оптимальные условия действия препарата: рН 6, температура 50–55 °С. Гарантийный срок годности 6 мес.

Амилосубтилин ГЗх эффективно используется в кормах для форели.

При введении этого препарата в количестве 500 г на 1 т корма наблюдается увеличение прироста товарной форели на 10–12%, что обусловлено повышением питательной ценности компонентов растительного происхождения и микробного синтеза. При введении такого же количества препарата в корма для товарного карпа дополнительный прирост равняется 8–12%.

Пектаваморин П10х — очищенный ферментный препарат, получаемый осаждением этиловым спиртом диффузионных вытяжек из поверхностной культуры плесневого гриба *Aspergillus awamory* штамм 22 на свекольном жоме и пшеничных отрубях. Препарат содержит полигалактуроназу, пектинэстеразу, кислую протеазу, гемицеллюлазу и незначительное количество окислительных ферментов. Активность стандартного препарата: пектолитическая способность 9.0 ± 0.9 ед/г по интерферометрическому методу, что соответствует 3 тыс. ед/г по йодометрическому методу. Оптимальные условия действия препарата: рН 3.5–4.5, температура 37–40 °С.

Все ферментные препараты хранят в герметизированной таре при температуре не выше 25 °С. В процессе хранения допускается снижение ферментативной активности на 15% исходной величины.

Антиоксиданты

Антиоксиданты, или ингибиторы окисления (от греческого *anti* — против и *oxys* — кислый) — вещества, предотвращающие или замедляющие окисление других веществ молекулярным кислородом. Продукты окислительной деструкции (перекиси, кетоны, альдегиды и др.) при определенной концентрации могут вызвать остановку роста или даже оказать токсическое влияние на рыб. Сами перекиси, возникающие в процессе самоокисления жиров, являются сильными окисляющими средствами, разрушающими жирорастворимые витамины (β-каротин, витамины А, Е, К). Для предотвращения окислительных процессов в кормах на практике применяют антиоксиданты.

Механизм действия наиболее распространенных антиокислителей состоит в разрыве цепи окислительных реакций. Молекулы антиокислителей при взаимодействии с активными радикалами образуют малоактивные радикалы, и процесс окисления прекращается или замедляется, а сам антиоксидант расходуется на реакцию. Торможение окислительных реакций осуществляется как природными, так и синтетическими веществами. Природные антиокислители в животных и растительных организмах представлены достаточно широко. К ним относятся токоферолы, лецитины, кефалины, оксифлавоны, кофейная и дигидрокофейная кислоты, производные галловой кислоты, госсипол, рутин и другие. Нату-

ральные антиоксиданты содержатся в жирах, кукурузной и соевой муке, в льняном и соевом жмыхе и шроте. Из естественных антиоксидантов в рыбководстве и в животноводстве в целом наибольшее значение имеют токоферолы (витамин Е). Ими богаты рыбий жир, растительное масло, зерна злаков.

В комбикормовой промышленности применяют также и синтетические антиоксиданты, которые относятся к фенолам. Среди синтетических антиоксидантов в настоящее время широко применяются бутилокситолуол (БОТ), или ионол, бутилоксианизол (БОА), сантохин и дилудин. Первые два разрешены к применению в России для стабилизации пищевых животных жиров в дозировке 0.02%. Ниже рассмотрены основные антиоксиданты, вырабатываемые отечественной промышленностью.

Бутилокситолуол (БОТ) – белый или бледно-желтый кристаллический порошок с температурой плавления выше 67 °С (ТУ 38-1-194-68), не растворимый в воде, но хорошо растворяющийся в жирах и их растворителях. Известны следующие марки ионола: ДБК-69 (технический), пищевой (ГОСТ на ДБК-70 № 9884-61 и 10894-64).

Бутилоксианизол (БОА) по составу и свойствам близок к БОТ и представляет собой воскообразные кристаллы кремового или розового цвета с фенольным запахом. Температура плавления 48–55 °С, растворяется в жирах, этаноле, эфире, бензоле. Является малотоксичной кормовой добавкой. Эффективность БОТ и БОА как антиоксидантов повышается при совместном их использовании.

Сантохин представляет собой маслянистую жидкость; в соответствии с требованием ВТУ № 67-20 содержит 93% действующего вещества. Сантохин является лучшим антиоксидантом для защиты каротина, широко применяется в рыбководстве.

Дилудин – кристаллический порошок зеленовато-желтого цвета; устойчив при хранении, мало растворим в растительных маслах, хорошо растворяется в организме. Товарные формы этого высокоэффективного антиоксиданта (дилудин-С и дилудин-Э) разрешены для широкого применения.

Антиоксиданты применяются для предотвращения окисления жира в рыбной и мясокостной муке, в кормовых жирах и масле. Эффективность использования рыбной и мясокостной муки, стабилизированной антиоксидантами, выражается в увеличении сроков хранения кормов.

Вкусовые и ароматические добавки

Вкусовые и ароматические добавки (ВАД) выполняют привлекающую (аттрактивную) функцию и обеспечивают недостающие вкусовые элементы, хотя у рыб не всегда четко разделено обонятельное и вкусовое вос-

приятие. Форель, лосось, карп, угорь и другие рыбы хорошо реагируют на вкусовые добавки, специально приготовленные для данного вида или подвида и для конкретных окружающих условий. Периоды недостаточного потребления из-за посторонних привкусов в корме, обусловленные окружающей средой или сезонными привычками, могут быть сокращены при использовании вкусовых и ароматических добавок.

Для большинства рыб привлекающими свойствами обладают протеины рыбной, крабовой, крилевой, а также мясокостной муки. Учитывая дефицит рыбной и крабовой муки, применение ВАД позволяет шире использовать заменители белков, такие как соевый белок, казеин, его производные.

ЖИВЫЕ КОРМА И ПРОДУКТЫ ИЗ НИХ



Практика искусственного разведения ценных пород рыб показала, что жизнеспособность выращиваемой молодежи зависит от степени обеспеченности кормами, адекватными ее пищевым потребностям, особенно в период перехода на активное питание. До сих пор, к сожалению, не существует полноценного искусственного корма, который обеспечил бы быстрый рост личинок и высокую выживаемость на первых этапах постэмбрионального развития. Поэтому использование живых кормов, содержащих целый комплекс аминокислот, витаминов, микроэлементов, жирных кислот, ферментов и др., по-прежнему актуально.

При производстве посадочного материала осетровых одной из основных проблем является перевод личинок на питание искусственными кормами. В настоящее время повсеместно используется традиционная технология перевода личинок на искусственные корма, предусматривающая обязательное использование кормовых беспозвоночных на первых этапах.

Артемия

Артемия (*Artemia salina*) — жаброногий рачок, наиболее часто применяемый в рыбоводстве кормовой объект. Благодаря малому размеру, мягкому и тонкому наружному скелету и высокой пищевой ценности его с успехом используют для кормления личинок большинства видов рыб уже в первые дни жизни. Способность покоящихся яиц артемии сохранять жизнеспособность в течение длительного времени позволяет получать стартовый живой корм в заданные сроки в требуемом количестве. Науплиев и метанауплиев артемии, а также ее декапсулированные яйца применяют для выкармливания личинок как морских, так и пресноводных видов рыб и ракообразных.

Артемия — галофильный вид, широко распространенный в соленых водоемах разных континентов; диапазон солености среды обитания — от 10 до 340 г/л. В ультрагалинных водоемах (при солености 70 г/л и выше) при отсутствии хищников и пищевых конкурентов артемия практи-

чески развивается в монокультуре; ее плотность контролируется лишь количеством пищи (водоросли, бактерии, детрит). На территории России ареал артемии охватывает соленые водоемы Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов, Западной Сибири, Дальнего Востока, а также Средней Азии. В водоемах России при благоприятных природно-климатических условиях ежегодно можно добывать до 1.5–2.0 тыс. тонн (в основном это водоемы Алтайского края и Курганской области).

Температурный диапазон обитания артемии весьма широк – 5–42 °С; оптимум для инкубации покоящихся яиц – 25–27 °С. Сроки массового появления науплиев из перезимовавших яиц в водоемах зависят от климатических особенностей: в озерах юга Западной Сибири артемия появляется, как правило, в середине мая, в водоемах Крыма – в марте. Только что вылупившиеся науплии проявляют положительный фототаксис, по мере роста рачков он меняется на отрицательный. Однако при снижении содержания кислорода в воде взрослые рачки реагируют на свет положительно (нижняя летальная граница содержания кислорода – 0.17 мг/л).

Условия хранения покоящихся яиц артемии оказывают большое влияние на их качество. Сухие яйца с влажностью менее 10% (желательно 2–5%) должны храниться в темном прохладном сухом помещении в водонепроницаемой упаковке. Такие яйца могут храниться месяцами. При хранении на открытом воздухе они гидратируются, вследствие чего может произойти разрыв оболочек. Для длительного хранения в тепле яйца должны быть упакованы в бескислородных условиях (чтобы предотвратить образование свободных радикалов, приводящих к необратимым для метаболизма процессам) – под вакуумом в жестяных банках. Такие яйца могут храниться годами. Дегидратированные при помощи рассола яйца, т.е. подвергнувшиеся влажной сушке, могут храниться неделями в прохладном помещении и месяцами – в морозильнике. Гидратированные яйца (например, подмоченные дождем или талым снегом) могут храниться при температуре от минус 18° до плюс 4 °С в темном месте.

Гаммарус

Культивирование живых кормов, будь то олигохеты, дафнии или науплии артемии, очень дорого и трудоёмко. Один из возможных путей решения этой проблемы – усиление пищевой привлекательности стартовых кормов за счёт включения в их состав компонентов, обладающих аттрактивным действием, одним из которых является гидролизат гаммаруса.

Гаммарус – представитель семейства Gammaridae. Многие виды гаммарусов развиваются в массовых количествах и являются важными кор-

мовыми организмами для ценных видов рыб. В последние годы гаммарусы стали объектами промысла. В Азовском море промысловым объектом является понтогаммарус (*Pontogammarus maeoticus*), биомасса рачка колеблется от 16 до 327 г/м², численность – от 1744 до 95975 экз/м².

Пищевая привлекательность стартовых кормов отмечается уже при включении 5% гидролизата гаммаруса. Гидролизат из гаммаруса в количестве 10% в составе старта способствует повышению эффективности использования различных групп органических, минеральных веществ и энергии корма на рост рыб.

Включение в корм сухого гидролизата гаммаруса положительно влияет на рост личинок русского осетра, севрюги, бестера. Отмечена положительная зависимость между уровнем содержания в корме гидролизата гаммаруса и средней массой мальков в конце выращивания. При включении в стартовые корма 10 и 20% гидролизата гаммаруса прирост массы русского осетра увеличивается соответственно на 10.1 и 27%. Еще больший эффект получен при выращивании бестера: введение в корм гидролизата гаммаруса обеспечивает повышение темпа роста на 55%.

Для изготовления комбикормов для ценных пород рыб разработаны ТУ 9283-024-00476493-02 «Гаммарус кормовой сушеный». Массовая доля влаги в гаммарусе сушеном не более 12%, жира и сырого протеина соответственно не менее 18 и 40%.

СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ



Традиционные технологии

Изготовление кормов на рыбоводных хозяйствах

Пастообразный корм готовят непосредственно в кормоцехе хозяйства. Влажные корма можно использовать для кормления практически всех объектов аквакультуры. Для сокращения потерь питательных веществ от экстрагирования в результате размывания кормов в их состав необходимо вводить связующие вещества: льняной жмых, технический крахмал, рисовую муку и др. Приготовление тестообразного корма непосредственно в хозяйствах позволяет максимально использовать местные сырьевые ресурсы (фарш из малоценных рыб, отходы переработки рыб, скота, птиц и др.).

Применение пастообразных кормов, однако, имеет ряд существенных недостатков. Они плохо хранятся, могут служить источником разнообразных инфекций, быстро размываются в воде, что ведет к потере питательных веществ и ухудшению гидрохимического и газового режима воды. Поэтому предпочтительнее использовать сухие гранулированные корма.

Технология приготовления гранулированных кормов. Гранулированные комбикорма для объектов аквакультуры производятся не только промышленным способом, их можно изготавливать непосредственно в хозяйствах. Для этого необходимо иметь электромясорубку, сушилку и набор сит с разной ячейей.

Предварительно все компоненты, входящие в состав рецептуры, необходимо смолоть и просеять так, чтобы размер частиц не превышал для стартового и продукционного корма соответственно 0,3 и 0,6 мм (с остатком на сите до 10%). Затем согласно рецептуре составляют смесь сухих компонентов.

После добавления премикса смесь тщательно перемешивают и добавляют воду – 25–30% массы всех компонентов. Влажную смесь пропускают через электромясорубку. Кормосмесь после мясорубки имеет вид ци-

цилиндрических нитей диаметром от 3 до 7 мм. Разрывая вручную нити, получают гранулы цилиндрической формы – соотношение длины к диаметру не более 1.5.

Влажные гранулы помещают в сушильную установку. Сушилка может представлять собой деревянную или металлическую конструкцию с секциями для размещения рамок с кормом. Гранулы сушат теплым воздухом, используя для этого нагревательный прибор с продувкой воздуха. Нагретый воздух подается снизу или сбоку и удаляется через отверстия или вытяжную трубу сушилки. Сушат гранулы при температуре воздуха 55–65 °С. Полностью высушенные гранулы представляют собой готовый продукт; их можно скармливать рыбам непосредственно после приготовления (предварительно добавив жир согласно рецептуре) или хранить в специальной таре.

Для приготовления крупки, предназначенной для молоди массой до 5 г, предварительно получают сухие гранулы диаметром 5 мм. Затем их дробят на электромясорубке, на которую вместо мелкой матрицы и ножа устанавливают зажимное кольцо. Полученную после дробления смесь крупки разного размера с помощью сит разного диаметра разделяют по фракциям. Степень раздробленности гранул зависит от величины порции при подаче в приемное отделение электромясорубки: при увеличении порции возрастает выход мелких фракций, при уменьшении – крупных.

В последние 2–3 года все чаще используются комбикорма и кормосмеси, изготовленные непосредственно в хозяйствах на современном отечественном технологическом оборудовании (мини-цеха) производительностью 300–500 кг комбикормов в час. Такие корма мало чем отличаются от заводских – обладают достаточно высокой питательной ценностью, низкой крошимостью и высокой водостойкостью.

Технология сухого прессования (гранулирование)

Производство рыбных кормов на предприятиях комбикормовой промышленности в нашей стране базируется преимущественно на традиционном методе сухого прессования (гранулирование). Технология приготовления комбикормов в гранулах состоит из следующих основных процессов: очистка и измельчение сырья, дозирование и смешивание компонентов в соответствии с рецептом корма, гранулирование смеси, охлаждение, просев и упаковка гранул.

Приготовленные гранулы имеют цилиндрическую форму, их диаметр зависит от величины отверстий матрицы гранулятора. Для рыб разного возраста и вида производят гранулы диаметром от 2 до 10 мм. Длина гранул регулируется с помощью установки ножей гранулятора и обычно в 1.5–2.0 раза больше диаметра. Поверхность гранул, как правило, блестя-

щая, цвет и запах должны соответствовать цвету и запаху сырья, из которого изготавливаются гранулы. При введении в комбикорм добавок в виде жиров или других веществ, определяющих изменение цвета, допускается некоторое потемнение гранул. Не допускается наличие плесени, гнилостного запаха и распада. Влажность гранулированных комбикормов не должна превышать 14,5%.

Основные рыбоводные требования, предъявляемые к качеству гранулированных комбикормов для рыб заключаются в следующем:

- гранулы должны обладать водостойкостью, т.е. до поедания их рыбой должны сохранять первоначальную форму и питательные вещества;
- гранулы должны быстро набухать для обеспечения контакта питательных веществ с пищеварительными соками;
- гранулированные комбикорма должны содержать минимальное количество крошки и мучнистых частиц; гранулы должны обладать определенной прочностью и не разрушаться при транспортировке.

В процессе гранулирования под действием механического давления и температуры меняется состояние основных полимерных соединений в смеси. При гранулировании кормовых смесей тепло, влага и механическое давление в одних случаях положительно влияют на физические свойства и кормовую ценность продукта, в других — отрицательно. При гидротермической обработке сырья крахмал частично клейстеризуется и переходит в форму, более доступную действию ферментов, что повышает кормовые свойства смесей, увеличивает количество обменной энергии. К числу положительных факторов следует отнести стерилизующее действие пара, при котором уничтожается до 95% колоний плесневых грибов — возбудителей заболеваний. Однако одновременно с этим происходит разрушение ряда питательных веществ. Так, потеря витамина А достигает 30%, С — 25%, витаминов Е и К — 12–15%. Частично разрушаются такие аминокислоты, как лейцин, треонин, глицин, аспарагиновая кислота. Из незаменимых аминокислот только потери лизина составляют 22–30%.

Большое внимание уделяется поиску путей увеличения водостойкости гранулированных кормов. Установлено, что водоустойчивость и прочность гранул возрастают с уменьшением крупности прессуемых частиц комбикорма, а также при удалении пленок и оболочек из прессуемой смеси. Рецептuru гранулированного корма должна предусматривать включение от 25 до 35% компонентов, содержащих крахмал, или иных связующих веществ.

Для увеличения прочности гранул в качестве связующих веществ используют разнообразные продукты растительного и животного происхождения, синтетические и минеральные вещества. Связующие вещества должны удовлетворять следующим требованиям: обладать способностью связывать частицы корма при прессовании, не влиять отрицательно на кормовую ценность смеси, не разрушать биологически активные веществ-

ва, быть дешевыми и доступными, хорошо храниться и быть удобными для ввода в кормовые смеси. Из всех исследованных материалов наиболее соответствуют этим требованиям свекловичный жом, клейковина, водоросль ламинария, альгинат натрия, моноглицерид и поливиниловый спирт (ПВС). В частности, введение в кормовую смесь всего 1% ламинарии значительно увеличивает водостойкость гранул.

В литературе имеются сведения по использованию в качестве связующего вещества гидролизата активного ила (ГАИ). Водостойкость и крошимость полученных гранул превышает эти показатели обычных гранулированных кормов соответственно на 40 и 21%. Кроме того, ГАИ содержит 60–65% высококачественного белка.

Наилучшие результаты были получены при использовании хитозана КХ.13. Этот экологически чистый полимер биологического происхождения традиционно применяют в кормопроизводстве и пищевой промышленности. Введение его в количестве 0.5% в 1.4–1.6 раза повышает устойчивость гранул в воде и в 1.6–1.9 раза уменьшает их крошимость.

Прогрессивные технологии

К современным способам технологической обработки сырья относятся – экструзия, экструдирование, тостирование, микронизация, флакирование, инкапсулирование. Применение перечисленных способов позволяет оптимизировать физико-химические параметры получаемых комбикормов (высокая водостойкость, низкая крошимость). Основное преимущество прогрессивных технологий, таких как экструзия и экструдирование, заключается в повышении доступности питательных веществ организму животных, инактивации ингибиторов пищеварительных ферментов, содержащихся в сырье, стерилизации получаемой продукции благодаря глубокой гидробаротермической обработке.

Экструзия

Из набора технологических способов, имеющих в современном арсенале, наиболее эффективной признана экструзия, при которой сырье подвергается одновременному воздействию повышенной температуры, давления и влаги. Процесс экструзии включает 4 технологических этапа: загрузка, сжатие, гомогенизация и собственно экструзия.

В зоне сжатия происходит разрушение клеточной структуры продукта, благодаря чему он приобретает вязко-эластичное состояние. В зоне гомогенизации продукт приобретает вязко-текучее состояние.

Наиболее важные изменения происходят в зоне экструзии – при быстром передвижении сырья из зоны высокого давления в область атмосферного. При резкой смене давления происходит «взрыв», или «деком-

прессионный шок»; при этом гранулы «вспучиваются», приобретают пористость, плавучесть. Процесс экструзии занимает менее 30 с. За это время сырье успевает пройти несколько стадий обработки и претерпевает существенные структурные изменения, которые при обычном гранулировании кормов не происходят.

Разрываются клеточные оболочки тканей, разрушаются крупные молекулярные структуры. Большая молекула крахмала распадается на мелкие молекулы декстрина, денатурируются белки, инактивируются ингибиторы пищеварительных ферментов и токсины, гибнет микрофлора. При этом меняются механические и физико-химические свойства сырья, увеличивается прочность сцепления частиц, снижается удельная масса и корма могут приобретать плавучесть. В результате расщепления содержащихся в кормах сложных питательных веществ сокращаются затраты энергии на их переваривание в организме животных. Кроме того, экструдирование позволяет включать в рецептуру компоненты, которые без этой обработки малоэффективны.

Существуют два вида экструзии – «сухая» и «влажная». При сухой экструзии экструдирование происходит при помощи тепла, которое вырабатывается в процессе прохождения продукта через несколько ограничителей в стволе экструдера. Влажная экструзия более эффективна. В процессе такой обработки исходное сырье предварительно обрабатывается паром. Подаваемая в камеру предварительной обработки влага служит источником дополнительной энергии, которая потом используется при пропаривании. Влага способствует также желатинизации крахмала и изменению свойств белков. При влажной экструзии можно закладывать до 50% влажного сырья и смешивать его с сухим, сокращая таким образом затраты. В сухие экструдеры и мельницы для производства гранул можно загружать компоненты с низким содержанием влаги (16–20%), они не могут перерабатывать большие количества влажных отходов.

Экструзионный эффект складывается из следующих элементов:

- тепловая обработка сырья (при температуре 120–175 °С в зависимости от вида) под давлением повышает переваримость питательных веществ, подавляет антипитательные свойства сырья;
- стерилизация и уничтожение болезнетворных микроорганизмов под воздействием температуры и давления;
- увеличение объема и энергетической ценности продукта вследствие разрыва стенок клеток (в том числе жировых), разрушения структуры гранул и разрыва молекулярной цепочки крахмала;
- измельчение и смешивание до однородного состояния непосредственно в экструдере;
- обезвоживание – за 30 с пребывания в экструдере содержание влаги в продукте снижается на 50%;

- стабилизация продукта — высокая температура и давление нейтрализуют разрушительное действие ферментов.

Главный положительный эффект экструзии — преобразование кристаллической структуры крахмала в более доступную воздействию пищеварительных ферментов рыб. Основные изменения, происходящие в крахмале под действием температуры, влаги и давления, обусловлены свойствами его двух структурных фракций — амилозы и амилопектина. Молекула амилозы имеет вид длинной неразветвленной цепи, амилопектина — многократно разветвленной цепи. Амилоза хорошо растворяется в воде, амилопектин не растворяется.

При температуре до 55 °С гранулы крахмала способны поглощать небольшое количество воды, при этом они немного набухают, но сохраняют кристаллическое строение. В диапазоне температур 60–80 °С сорбция воды резко усиливается, происходит клейстеризация крахмала с разрушением кристаллической структуры и образованием декстринов. При дальнейшем нагревании декстрины распадаются на более простые полисахариды, доступные действию пищеварительных ферментов.

Степень влияния экструзии на питательную ценность разных компонентов различна. Наиболее существенные изменения происходят в углеводистой части зерна злаков, а именно — в лигноцеллюлозном комплексе. В зерне пшеницы, ячменя и кукурузы резко снижается уровень лигниноподобных веществ, клетчатки. В отрубях и горохе резко повышается содержание лигниноподобных соединений и их переваримость. Резких сдвигов для компонентов клетчатки не отмечено.

Воздействие экструзии повышает переваримость белков зерна злаков (в меньших объемах, чем углеводов), что связано с денатурацией белка и разрушением ингибиторов протеолитических ферментов.

Экструзия оказывает положительное влияние на доступность для рыб зольных элементов и фосфора пшеничных отрубей, и отрицательное — на доступность зольных элементов ячменя и фосфора гороха.

Также отмечено благотворное влияние экструзии на питательность жмыхов и шротов — наиболее богатых белком компонентов растительного происхождения. Это тем более важно, что многие жмыхи и шроты содержат токсически действующие вещества и ингибиторы протеаз. Так, в соевом шроте содержатся ингибиторы трипсина, липооксидаза, уреазы и др., в горчичном — алиловые масла, афлатоксины, вызывающие отравления у животных.

Экструзия рыбной муки дает отрицательный эффект. Происходит значительное разрушение белков, разложение липидов, что сопровождается резким ухудшением их переваримости. Фосфор полностью переходит в форму, недоступную для рыб. В связи с дисбалансом минеральных элементов в пище происходит экскреция из организма эндогенных соединений.

Гидробаротермическая обработка мясокостной муки, напротив, повышает ее питательность. Это происходит в основном за счет увеличения переваримости сырого протеина, углеводов и переходов значительной части минеральных соединений в доступную форму.

Экспандирование

Принципиально новым элементом современных линий производства кормового сырья для рыб являются экспандеры нового поколения, работающие по гибкой технологии, позволяющей получать корма повышенной усвояемости с улучшенными санитарно-биологическими показателями и с заданными физическими свойствами. Процесс экспандирования предусматривает влаготермическую обработку кормосмеси.

Технология экспандирования позволяет:

- исключить расслоение комбикорма – каждая частичка экспандата содержит все составляющие компоненты и не подвержена расслоению;
- полностью уничтожить колибактерии, кишечную палочку, плесневые грибки и сальмонеллу;
- создать в экспандере условия (влажность, температура, давление), при которых эффективно идет расщепление крахмала, что позитивно сказывается на усвояемости получаемых кормов.

Однако процесс экспандирования весьма сложен. С одной стороны, новая технология повышает усвоение рыбой питательных веществ, с другой – оказывает многофакторное воздействие на показатели качества кормов, особенно жиров (фракционный, жирнокислотный состав, содержание витаминов, продуктов гидролиза и окисления).

Экспандирование позволяет также повысить энергетическую ценность корма. Это достигается увеличением введения жидких компонентов в кормосмесь в экспандере и последующим доведением содержания жира в омасливателе до 20–30%.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМБИКОРМОВ



Сертификация

Выпускаемые комбикормовой промышленностью комбикорма для рыб проходят сертификацию согласно разработанных и утвержденных ТУ. Контроль качества комбикорма осуществляется СЭС по данным лабораторий, аккредитованных на данный вид деятельности.

При получении новой партии комбикормов необходимо ознакомиться с нормативной документацией и сертификатом качества. Качественные характеристики комбикормов должны соответствовать виду рыб. Кроме того, для каждого вида потребности в питательных веществах изменяются в зависимости от возраста, массы тела и физиологического состояния рыб, а также условий их содержания. Технические условия на комбикорма для основных объектов аквакультуры представлены в табл. 10.

Таблица 10. Технические условия на комбикорма для основных объектов аквакультуры

ТУ	Название комбикорма
ТУ 9296-004-13250589-2002	Комбикорма для выращивания карпа в промышленных условиях
ТУ 9296-002-13250589-2002	Комбикорма для лососевых рыб
ТУ 9296-003-13250589-2002	Комбикорма для осетровых рыб
ТУ 9296-001-13250589-2002	Комбикорма для выращивания канального сома в промышленных условиях

Помимо питательной ценности комбикормов, определяют показатели их токсичности и безопасности. Корма могут быть загрязнены: остатками пестицидов, которые применяются для обработки кормовых культур; токсичными элементами, выбрасываемыми в окружающую среду промышленными предприятиями; а также микро- и фитотоксинами, нитратами и нитритами. В связи с этим постоянный контроль качества кормов осу-

ществляют государственные органы санитарного и ветеринарного надзора. Основной перечень исследуемых показателей и стандартные методики их определения приведены в табл. 11.

Таблица 11. Перечень нормативно-технической документации, используемой при оценке качества комбикормов

Обозначение документа	Наименование документа
ГОСТ 23462-95	Комбикорма. Правила приемки
ГОСТ 10967-75	Зерно. Методы определения запаха, цвета, вкуса
ГОСТ 13496.0-80	Комбикорм, сырье. Методы отбора проб
ГОСТ 13496.2-84	Комбикормовое сырье. Методы определения сырой клетчатки
ГОСТ 13496.3-80	Комбикорма, сырье. Методы определения влажности
ГОСТ 13498.8-72	Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений
ГОСТ 13496.7-73	Зерно фуражное, продукты его переработки, комбикорма. Методы определения токсичности
ГОСТ 13596.9-73	Комбикорма. Методы определения содержания металломагнитной примеси
ГОСТ 13496.1375	Комбикорма. Методы определения зараженности вредителями хлебных запасов
ГОСТ 13496.14-87	Комбикорма, комбикормовое сырье, корма. Метод определения золы, нерастворимой в соляной кислоте
ГОСТ 13496.15-85	Комбикорма, корма, комбикормовое сырье. Методы определения сырого жира
ГОСТ Р50465-93 (взамен ГОСТ 13496.19-86)	Корма, комбикорма, кормовое сырье. Методы определения содержания нитритов и нитратов
ГОСТ Р50466-93	Корма, комбикорма, кормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина
МУ ГУВ МСХ СССР от 23.01.1984 г.	Методы определения перекисного числа жира
ГОСТ 13496.6-71	Методы определения содержания грибов
ГОСТ 28001-88 МО ГУВ МСХ СССР от 06.12.1989 г.	Методы определения содержания микотоксинов
Правила бакисследования кормов. Утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.1975 г.	Методы определения бактериальной обсемененности
МУ 5178-90 МЗ МР 01-19/137.17	Методы определения токсичных металлов
ГОСТ 13496. 20-87	Методы определения хлорорганических пестицидов: ДДТ и его метаболиты; группа 2,4 Д

Критерии влияния корма на физиологическое состояние рыб

Рыбоводные результаты выращивания являются интегральным показателем эффективности комбикормов. Поиск путей повышения этого показателя сопряжен с выявлением причин позитивного или негативного влияния кормов или их отдельных компонентов на скорость развития и роста рыб. При этом большое значение имеют знания об ответной реакции организма на питательные вещества, различные добавки и загрязнения потребляемых кормосмесей. В связи с этим в нашей стране и за рубежом интенсивно ведутся исследования по изучению влияния кормления на физиологическое состояние рыб и, в частности, по определению физиолого-биохимических показателей, которые могут служить критерием качества корма.

В ходе исследований по выявлению надежных критериев оценки влияния качественных особенностей корма на организм рыб накоплены данные по изменению разнообразных морфологических, физиологических и биохимических показателей под воздействием корма. Определяли коэффициент упитанности и кормовой коэффициент, индексы селезенки, печени и кишечника. В мышцах рыб определяли содержание белка, жира, влаги, золы, аминокислотный и жирнокислотный состав. Выполнено гистологическое исследование печени. В экстрактах гомогенатов слизистой кишечника определяли активность пищеварительных ферментов: трипсина, химотрипсина, амилазы и щелочной фосфатазы. Анализ крови включал определение лейкоцитарной формулы, числа эритроцитов и концентрации гемоглобина. В сыворотке крови изучали показатели белкового обмена (общее содержание белка и соотношение белковых фракций, содержание мочевины, аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы) и липидного обмена (холестерин, неорганический и липоидный фосфор, фосфолипиды, триглицериды, бетта-липопротеиды и их фракции), а также содержание глюкозы, гаммаглутаминтрансферазы, щелочной фосфатазы, кальция и фосфора. В печени изучали содержание холестерина, общих липидов, а также каротина и витамина А. Состояние иммунитета оценивали по фагоцитарной активности клеток крови и количеству Т- и В-лимфоцитов.

На основании результатов проведенных исследований определен ряд показателей, наиболее подходящих для практического применения в качестве надежных критериев для оценки влияния корма на организм рыб. Показатели отбирали с учетом их диагностической ценности, оперативности получения результатов, а также методической возможности их выполнения. Предлагаемый ниже способ оценки качества корма предназначен для использования как в научно-исследовательских организациях, так и в лабораториях рыбоводных хозяйств.

Методика оценки качества корма

Контрольные взвешивания (сеголеток — не менее 50 экз., 1–2-летних рыб — 20–30 экз.), осмотр внешнего покрова и внутренних органов рыб, а также определение активности пищеварительных ферментов необходимо провести перед началом кормления новым кормом, а затем спустя 10 и 20–25 сут. Методики определения активности пищеварительных ферментов — трипсина, химотрипсина и амилазы — приведены в Приложении.

Для исследования отбирают 5 рыб (не получавших корм 8–10 ч) и немедленно подвергают внешнему осмотру. Осматривают внешний покров, плавники и взвешивают. После вскрытия осматривают внутренние органы, обращая внимание на внешний вид печени, желчного пузыря и кишечника (цвет, консистенция, наличие кровоизлияний или некроза). Аккуратно отделив от других органов, взвешивают печень и кишечник; индексы этих органов (масса органа относительно массы тела) могут дать информацию о состоянии рыбы. В частности, у карпа индекс печени в норме составляет 2.0–2.5%, индекс кишечника — 4.3–4.5. Цвет печени розовый, консистенция плотная, участков некроза и кровоизлияний нет. Стенки кишечника плотные, при разрезе видна бархатистая слизистая розового цвета, содержимое кишечника однородное, кремового цвета, без примесей слизи и крови. Если при исследовании внутренних органов отмечены отклонения от нормы (табл. 12), то необходимо прекратить кормление в течение 5 дней, затем повторно провести осмотр.

Через 10 дней после начала кормления рыб новым кормом признаком его неудовлетворительного качества может служить увеличение кормовых затрат выше нормы (2.0–2.5). Изменения состояния и индексов печени и кишечника проявляются после более продолжительного периода кормления рыб кормосмесью низкого качества — 20–25 сут.

Значительное снижение активности протеолитических ферментов при отсутствии отклонений от нормы иных показателей (спустя 20–25 сут. после начала кормления) свидетельствует о дефиците животного белка в корме. Если изменения в активности пищеварительных ферментов незначительны, а со стороны внутренних органов отклонений от нормы нет, но в 2–3 раза возросли кормовые затраты, то это свидетельствует о присутствии в корме антипитательных веществ. При наличии в корме токсичных веществ отмечают изменения активности пищеварительных ферментов, так и отклонения от нормы индексов печени и кишечника, причем кормовой коэффициент может не изменяться.

Заметнее всего на состоянии здоровья рыб отражается загрязнение корма токсинами разного происхождения. Микотоксины занимают одно из ведущих мест в ряду загрязнителей как по тяжести вызванной патоло-

гии, так и по частоте встречаемости. Следует отметить, что содержание в корме продуктов окисления жира не вызывает изменения всех указанных показателей.

Таблица 12. Признаки влияния недоброкачественного корма на морфологические и физиологические показатели карпа

Изучаемый показатель	Норма	Отклонение от нормы
Кормовой коэффициент	2.0–2.5	Увеличение
<i>Печень</i>		
Индекс	2.0–2.5	Увеличение или уменьшение
Цвет	Розовый	Желтый, кремовый, белый
Консистенция	Плотная	Мажущаяся, рыхлая
<i>Желчный пузырь</i>		
Цвет	Зеленый	Желтый, красноватый
<i>Кишечник</i>		
Индекс	4.3–4.5	Уменьшение
Стенки	Плотные, непроницаемые, слизистая розового цвета	Истонченные, сквозь них может быть видно содержимое, на стенках кровоизлияния
Содержимое (через 8–10 ч после кормления)	Желтоватого цвета, однородное	Присутствуют слизь, кровь, и часто отмечается вздутие кишечника
<i>Активность пищеварительных ферментов (температура воды 28–30 °С)</i>		
Амилаза, мг расщепленного крахмала	200–300	Увеличение или уменьшение относительно величины, установленной до начала кормления новым комбикормом
Химотрипсин, ед. МАС	0.04–0.06	
Трипсин, ед. оптической плотности	2–4	

В случае отклонения от нормы кормового коэффициента и значительных изменений активности пищеварительных ферментов (в 2–3 раза) рыб надо перевести на другой корм. Если отмечены отклонения от нормы показателей печени и кишечника, то рыб перед переводом на другой корм не кормят в течение 5 дней.

КОРМЛЕНИЕ КАРПА



Карп — основной объект рыбоводства в нашей стране; он неприхотлив к условиям содержания, легко адаптируется к питанию разнообразными кормами как естественными, так и искусственными. Потенциал скорости роста у карпа весьма велик: при оптимальных условиях к концу первого года выращивания способен достигать массы 1.0–1.5 кг, второго — 2–3 кг. Для товарных хозяйств установлен следующий стандарт по массе: двухлетки — 400–500 г, трехлетки — 1000–1200 г.

Карпа выращивают на индустриальных предприятиях (в садках и бассейнах) и в прудовых хозяйствах. При интенсивном выращивании в прудах получают по 2–3 т рыбы и более с 1 га водной площади. При садковом и бассейновом выращивании на теплых водах продукция может достигать 150–200 кг/м³. К кормам для выращивания рыб в садках и бассейнах, где, в отличие от прудовых условий, они не имеют доступа к естественной пище, предъявляются повышенные требования.

В соответствии с возрастными особенностями пищевых потребностей рыб комбикормовая промышленность выпускает стартовые и продукционные корма.

Стартовые комбикорма

На начальном этапе выращивания посадочного материала карпа обычно используют живой корм — вылавливаемый в естественных водоемах зоопланктон или культивируемые в искусственных условиях кормовые организмы. Традиционным объектом культивирования является артемия. Живые корма целесообразно применять в течение первых 2–3 сут. в количестве 60–80% массы тела личинок. Такое кормление обеспечивает их высокую выживаемость.

Однако применение зоопланктона в рыбоводстве сопряжено с существенными финансовыми и трудовыми затратами. Поэтому при крупномасштабном промышленном производстве посадочного материала особую актуальность приобретают технологии выращивания личинок и молоди с использованием стартовых кормов.

Выращивание личинок на стартовых кормах является одной из наиболее трудоемких операций в рыбоводной практике. Проведенные исследования позволили разработать ряд рецептов стартовых комбикормов для личинок и молоди карповых рыб (табл. 13).

Кормить личинок стартовым кормом следует с самого начала питания, даже в случае их подкормки науплиями артемии или зоопланктоном, это необходимо делать для приучения личинок к сухому корму. В период перехода личинок на активное питание корм нужно давать ежедневно (в светлое время суток); суточная норма — 50% массы тела личинок. После перехода личинок на плавание суточную дозу корма увеличивают до 75–100% массы тела. Корм следует вносить не менее 4 раз в час на протяжении светлого времени суток (при искусственном освещении — круглосуточно). Использование кормораздатчиков различного типа существенно сокращает трудовые затраты.

Суточную норму корма нужно распределять равномерно. При раздаче кормов вручную их следует медленно рассыпать в местах скопления личинок. Постоянно нужно следить за тем, чтобы личинки не испытывали недостатка в корме, так как даже кратковременное голодание вызывает массовую гибель рыб.

Таблица 13. Рецепты комбикормов (%) для личинок и молоди карпа

Компоненты	Личинки	Молодь
Мука рыбная	39.5	37.7
Дрожжи кормовые	9.7	9.7
Обрат сухой	—	—
Пшеница мелкого помола	10.8	14.5
Шрот соевый	7.8	4.7
Витазар	29.7	30.0
Жир рыбий	1.5	2.4
Премикс ПФ-1В	1.0	1.0
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>		
Сырой протеин	45.2	42.1
Сырой жир	9.8	10.2
БЭВ	24.1	26.0
Сырая клетчатка	3.4	2.2
Лизин	2.2	2.2
Метионин + цистин	1.2	1.1
Обменная энергия, МДж/кг	14.2	13.8

В табл. 14 приведены суточные нормы внесения корма для личинок и молоди карпа, выращиваемых при разной температуре воды.

Таблица 14. Суточная норма кормления личинок и мальков карповых рыб, % массы тела

Масса личинок и мальков, мг	Температура воды, °С		
	20–25	25–28	29–32
< 3.0	50	50	50
3–10	50	60	75
11–50	70	90	80
51–100	50	70	80
101–300	25	30	40
301–1000	25	30	40
1001–2000	15	20	30

Таблица 15. Оптимальные размеры крупки

Масса личинок и молоди, г	Размер крупки, мм
< 0.012	< 0.2
0.012–0.050	0.2–0.4
0.051–0.090	0.4–0.6
0.091–0.150	0.6–1.0
0.151–1.000	1.0–1.5
1.100–10.000	1.5–2.5

Размер крупки должен строго соответствовать массе личинок и молоди карпа (табл. 15).

Указанные нормативы кормления личинок и молоди ориентировочны и подлежат корректировке в зависимости от местных условий. При соблюдении всех перечисленных требований за 30 сут. выращивания масса молоди карпа увеличивается с 1.0–1.5 мг до 1.0–1.2 г при выживаемости не менее 60%.

Кормление карпа в тепловодных хозяйствах индустриального типа

Общие требования к кормам

Отличительной особенностью выращивания карпа в хозяйствах индустриального типа является содержание рыб при высокой плотности посадки (до 300 экз/м²) и отсутствие возможности потреблять естественные корма. Поэтому комбикорма для кормления карпа в индустриальных условиях должны быть более полноценными. В частности, они должны иметь повышенное содержание протеина, энергии и витаминов. Как показала практика, использование комбикормов для прудового карпа не дает возможности получить хорошие результаты в садковых и бассейновых хозяйствах.

Для выращивания объектов аквакультуры, в том числе и карпа, выпускаются производственные комбикорма двух категорий: «оптимальные» предназначены для хозяйств со стабильно оптимальными условиями содержания рыб (температура, проточность воды, газовый и гидрохимический режим); «экономичные» — для хозяйств с нестабильными условиями выращивания рыб. Основные показатели этих комбикормов для карпа разной массы приведены в табл. 16.

Таблица 16. Основные показатели полнорационных производственных кормов для кормления карпа разной массы

Показатели	Масса рыб, г			
	< 50		> 50	
	оптимум	эконом	оптимум	эконом
Массовая доля сырого протеина, % не менее	35	30	30	26
Массовая доля сырого жира, % не менее	7.0	5.0	5.0	3.5
Массовая доля сырой золы, % не более	10	10	10	10
Массовая доля сырой клетчатки, % не более	4.5	6.0	6.0	8.0
Массовая доля лизина, % не менее	1.7	1.5	1.5	1.2
Массовая доля метионина и цистина, % не менее	0.8	0.7	0.6	0.5
Массовая доля фосфора, % не менее	1.2	1.2	1.2	1.2
Кислотное число жира, мг КОН, не более	70	70	70	70
Перекисное число жира, % йода, не более	0.2	0.2	0.2	0.2

Для кормления карпа в промышленных условиях используют комби-корма, содержащие 26–35% протеина, комплекс минеральных и витаминных добавок. Наиболее эффективны они при температуре воды выше 20 °С: за 5–6 мес. выращивания можно получить товарного карпа массой до 800 г. Затраты корма при нормированном кормлении составляют 1.5–2.0 кг на 1 кг прироста рыбы.

Эффективность кормления во многом зависит от тщательности контроля за термическим и гидрохимическим режимом воды, ростом рыб, потреблением ими корма, а также от правильности и своевременности корректировки программы нормированного кормления с учетом меняющихся условий среды.

Кормление разных возрастных групп карпа

Размеры гранул должны соответствовать массе рыб (табл. 17). Это позволяет избежать непроизводительных потерь корма и обеспечивает высокий темп роста карпа при минимальном расходе кормов на единицу прироста.

Таблица 17. Размер гранул в зависимости от массы рыб

Масса рыб, г	Размер гранул, мм
10–40	3.2
40–150	4.5
150–500	6.0
> 500	8.0

Кормление карпа рекомендуется начинать уже через 1 ч после зарыбления садков. В этом случае на следующий день молодь начинает активно схватывать корм, поднимаясь за ним в верхние слои воды. В первое время корм следует задавать в местах скопления молоди. Нельзя оставлять сеголеток длительное время без пищи, так как голодание может вызвать заболевание и даже гибель рыб (особенно сразу после пересадки в новые условия).

Кормить рыб следует ежедневно в светлое время суток (с 6 ч утра до 21 ч вечера). В первые дни корм задается каждый час, т. е. 12–16 раз в светлое время суток. При достижении молодь массой 20 г можно переходить на 10-разовое кормление. При снижении температуры воды число кормлений можно уменьшить: при 20–24 °С до 6 раз, при 14–20 °С до 4 раз, при 8–13 °С до 1–2 раз в день. При этом соответствующим образом уменьшается количество задаваемого корма. Кормить рыбу необходимо строго по графику, который составляют специалисты хозяйства с учетом температуры воды, массы рыбы, ее физиологического состояния и других факторов (табл. 18). Снижение потребления корма наблюдается при уменьшении содержания растворенного в воде кислорода, изменении температуры воды за пределы оптимальных значений и при заболеваниях рыб.

Таблица 18. Суточные нормы кормления карпа разной массы при разной температуре

Масса рыбы, г	Температура воды, °С	
	22-25	26-30
0.5-1.5	30	40
1.6-2.5	22.5	30
2.5-5.0	15	20
6-10	11.3	17
11-20	8.2	14
21-35	7.5	10
36-50	7.1	9.5
51-70	6.7	9
71-90	6.2	8.5
91-100	5.8	8
101-130	5.4	7.5
131-150	5.3	7
151-200	4.5	6.5
201-250	4.2	5.6
251-300	3.7	4.9
301-350	3.4	4.4
351-400	3.2	4
401-450	2.9	3.4
451-500	2.7	3.1
501-550	2.5	2.8
551-600	2.3	2.5
601-650	2.2	2.3
651-700	2	2.1
701-800	1.8	1.8

Для постоянного контроля за поедаемостью кормов в производственных условиях необходимо использовать контрольные садки.

Контроль расхода кормов

В структуре себестоимости производства рыбы затраты на корма составляют 50% и более, поэтому их снижение существенно сказывается на себестоимости выращиваемой продукции. Следовательно, тщательный контроль за ростом рыбы, поедаемостью кормов и правильное их использование является залогом эффективной работы всего хозяйства.

Контроль расхода кормов, как правило, осуществляется ежедекадно

(одновременно с контрольным взвешиванием рыб). При контрольных обловах взвешивают 3–5% всех находящихся в садках или бассейнах рыб. При завершающем облове взвешивают всех рыб, а также проводят индивидуальные взвешивания 50–100 экз. в каждой группе для определения коэффициента вариации массы. После каждого контрольного взвешивания вычисляется увеличение массы рыб за декаду и расход кормов на единицу этой массы. Полученные результаты вносят в специальную ведомость (табл. 19). Контроль за поедаемостью кормов нужно проводить ежедневно.

Таблица 19. Форма записи результатов контрольного взвешивания

№ садка	Средняя масса рыбы, г		Прирост за декаду		Количество заданного корма за декаду		Затраты кормов на 1 кг прироста	Количество рыб в садке, экз.	Средняя температура воды за декаду	Отход за декаду, экз.
	Дата									
			г	%	общее, кг	на 1 экз., г				

Кормление карпа в прудах

Общие требования к кормам

При 6–10-кратных посадках годовиков карпа в пруды (3–5 тыс. экз./га), когда доля естественной пищи в рационе рыбы снижается до 10–15%, необходимо применять комбикорма или кормовые смеси, хорошо сбалансированные по комплексу питательных веществ. Такие корма должны содержать не менее 26–30% протеина, 3.0–3.5% жира, не более 8–9% клетчатки.

Приведенные в табл. 20 рецепты комбикормов разработаны с учетом возрастных особенностей карпа.

При 8- или 10–11-кратной посадке двухлеток карпа в пруды (4–6 тыс. экз./га) кормовые затраты составят 2.5–3.0, а при выращивании сеголе-ток независимо от плотности посадки – не более 2.5 кг на кг прироста.

Формирование естественной кормовой базы в прудах

При выращивании карпа в прудах большое внимание следует уделять формированию естественной кормовой базы, которая является источником ценных естественных кормов. Только при строгом контроле состоя-

Таблица 20. Рецепты комбикормов (%) для годовиков карпа

Компоненты	Варианты		
	1	2	3
Шроты:			
подсолнечный	20	30	22
соевый	5	17	5
Горох	10	–	–
Ячмень	20	20	40
Пшеница	20	20	16
Отруби пшеничные	4	5	10
Дрожжи гидролизные	4	4	4
Мука рыбная	16	4	3
Мел	1	–	–
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>			
Сырой протеин	26.0	26.0	23.0
Сырой жир	4.2	3.0	2.5
БЭВ	48.1	48.2	48.6
Сырая клетчатка	6.0	6.5	7.4
Лизин	1.6	1.6	1.4
Метионин + цистин	0.9	0.8	0.8
Обменная энергия, МДж/кг	10.6	10.5	10.2

ния прудов, их ложа, спускных сооружений и качества прудовой воды естественная кормовая база будет на должном уровне, что даст возможность более эффективно использовать комбикорма.

Кормление карпа дает хорошие результаты в спускаемых осушаемых на зиму, легко облавливаемых и умеренно зарастающих водной растительностью прудах и озерах глубиной 1.0–1.5 м. В неспускаемых, плохо облавливаемых водоемах, населенных сорными и хищными видами рыб, а также в холодноводных, сильно заиленных прудах выращивание мало эффективно.

Для повышения рыбопродуктивности необходимо ежегодно осенью после спуска прудов выполнить комплекс мелиоративных мероприятий. Проведение осенних работ включает: тщательное осушение ложа путем расчистки водосборных канав, известкование заболоченных участков,

очистку мелководной зоны от пней, кустарника и остатков корневищ жесткой растительности. Чтобы поддерживать рыбопродуктивность прудов на высоком уровне, надо не допускать заиления ложа, проводить профилактическое летование прудов с засевом ложа различными яровыми культурами, используемыми в корм карпу (ячмень, вика, овес, бобовые). В течение первых 3 лет после летования естественная рыбопродуктивность прудов принимается больше исходной на 30%, а в последующие 2–3 года — на уровне исходной.

Увеличение исходной естественной рыбопродуктивности за счет удобрений принимается равной в среднем 1 ц на каждые 2.5–3.0 ц внесенных в пруды минеральных удобрений. Показатели естественной рыбопродуктивности прудов при использовании удобрений в разных зонах приведены в табл. 21.

Таблица 21. Рыбопродуктивность удобряемых прудов в разных зонах

Зона	Рыбопродуктивность, ц/га
Северная европейская	0.7–0.8
Северная сибирская	0.7–0.8
Северо-западная	0.8–1.2
Центрально-нечерноземная и Восточная	1.2–1.6
Центрально-черноземная и Юго-западная	1.6–2.2
Южная европейская	2.0–2.5

Прирост рыб за счет естественной пищи определяется, исходя из утвержденного норматива естественной рыбопродуктивности прудов и количества внесенных удобрений. В тех случаях, когда пруды заливают водой впервые, их естественная рыбопродуктивность принимается равной проектной.

Кормовые места для рыб желательно готовить с осени, располагать их рекомендуется на участке с твердым грунтом, равномерно по всей площади пруда: для сеголеток на глубине 0.6–0.8 м, для двухлеток — 0.6–1.5 м. В прудах с заиленным или торфянистым ложем кормовые места рекомендуется осенью известковать из расчета 250–300 г извести на 1 м² или внести соответствующее количество (по содержанию кальция) мела, мергеля, известковых отходов. Внесением кальция достигается минерализация органического ила, уплотнение грунта и создание щелочной среды почвы на местах кормления. В таких прудах следует устанавливать на дно кормушки размером 1 × 1 м с бортами высотой 10–15 см.

Количество посадочного материала рассчитывают в соответствии с

планом выращивания рыбы и естественной рыбопродуктивностью пруда, учитывая ее повышение за счет удобрений. При плотности посадки свыше 5-кратной доля естественной пищи в рационе карпа резко снижается. В этих условиях рыба должна получать более обогащенные питательными веществами корма. При содержании ремонтного молодняка и производителей рекомендуется применять плотность посадки не более чем 3-кратную, чтобы естественная пища в рационе составляла не менее 30%. Увеличение плотности посадки ведет к снижению удельного веса естественной пищи в рационе, к ухудшению воспроизводительной способности производителей и получению потомства с пониженной жизнестойкостью.

Рекомендуется использовать совместное выращивание карпа в поликультуре с другими видами рыб, имеющими иной спектр питания. Не следует допускать высокой плотности посадки добавочных рыб (сверх возможной естественной продуктивности по ним), поскольку некоторые из них (белый амур, серебряный карась, пестрый толстолобик) могут частично переходить на питание комбикормами, повышая общие кормовые затраты. Плотность посадки определяется, исходя из возможной рыбопродуктивности той или иной добавочной рыбы, ее средней массы к осени и выживаемости.

Естественная рыбопродуктивность прудов по добавочным видам рыб, выращиваемых в поликультуре с карпом, рассчитывается относительно естественной рыбопродуктивности карпа (в процентах).

Нормы кормления

Кормление годовиков карпа в удобряемых прудах следует начинать после достижения массы 1–3 г при температуре воды выше 12 °С, постепенно приучая их к питанию комбикормами на кормовых местах. Первые 5 сут. норма внесения корма составляет не более 1 г, затем – 2 г на каждого годовика карпа. Когда рыбы привыкнут к корму и станут хорошо его поедать, дневную норму рассчитывают в зависимости от их прироста за декаду и кормового коэффициента.

Количество вносимого в пруд корма рассчитывают в зависимости от числа рыб, их прироста за данный период и величины затрат корма на единицу прироста. Суточную норму рассчитывают на одну рыбу с уточнением через каждые 10 сут. в зависимости от прироста рыб по данным контрольных обловов по формуле:

$$\frac{BZ(K-1)}{K},$$

где B – среднесуточный прирост на предстоящую декаду, г; Z – затраты корма на 1 г прироста, г; K – кратность посадки; 1 – постоянная величина прироста за счет естественной пищи.

Пример. При ожидаемом среднесуточном приросте (B) двухлеток карпа 5 г, затратах корма на 1 г прироста ($З$) 3 г и 5-кратной плотности посадки (K) суточная норма внесения корма на 1 особь составит: $5 \times 3 (5-1)/5 = 12$ г. При определении количества корма, задаваемого в пруд, из общего количества посаженных рыб вычитается нормативный отход.

Чтобы правильно определить количество задаваемого в пруд корма, рыбовод обязан составить график роста карпа в данном хозяйстве. Прирост рыб по дням в тот или иной период выращивания определяется с учетом средних данных за предыдущие годы и по результатам контрольных обловов в текущем году. Если для составления такого графика нет фактических данных (новые пруды, отсутствие данных контрольных обловов и т. д.), рекомендуется ориентироваться на расчетные показатели прироста карпа (табл. 22).

Потенциальный рост карпа сравнительно велик, и в теплое лето он может превысить установленные весовые стандарты. Прирост по декадам в разные годы варьирует в зависимости от погодных условий, сроков вылета хирономид и развития зоопланктона, что необходимо учитывать в практической работе.

Отклонения от рекомендуемого расчета кормов могут быть при определенных температурных условиях года. Эти отклонения должны быть учтены в процессе кормления. Например, при снижении температуры воды количество корма следует уменьшать.

Следует помнить, что в наиболее жаркие месяцы (июль, август), когда высока вероятность дефицита насыщения воды кислородом, на 1 га пруда нельзя вносить более 100 кг комбикорма. При более высокой нагрузке в утреннее время может наступить заморное явление.

Чтобы иметь сравнимые показатели, контрольные обловы во всех хозяйствах проводят в одни сроки — в последних числах декады. Для этого обычно используют волокуши или бредень. Облавливать рекомендуется 2–3 участка с общим выловом не менее 0.5% количества рыб в пруду.

Если рыба хорошо ест, но все-таки отстает в росте, необходимо выяснить причины и лишь после этого увеличить суточный рацион; если же рыба хорошо растет, не поедая заданного корма, его количество следует уменьшить.

Недостаток метода нормирования внесения кормов по приросту рыб заключается в том, что не принимается во внимание расход питательных веществ на поддержание жизненных функций, который составляет значительную долю, особенно в конце вегетационного периода. Кроме того, не учитывается температурный фактор.

Таблица 22. Примерный суточный прирост разных возрастных групп карпа (г/экз.) при высокой плотности посадки (4–6 тыс. экз./га)

Месяц, декада	Центральная, центрально-черноземная, юго-западная и юго-восточная зоны			Южные, закавказские и среднеазиатские районы		
	0+	1+	3+	0+	1+	3+
Май						
I	–	–	2	–	–	3
II	–	–	3	–	1	4
III	–	2	4	–	2	5
Июнь						
I	–	3	6	–	4	8
II	0.1	4	8	0.1	5	10
III	0.1	5	12	0.2	6	14
Июль						
I	0.2	5	12	0.3	6	14
II	0.3	5	14	0.4	6	16
III	0.4	6	14	0.6	6	16
Август						
I	0.5	6	14	0.5	6	16
II	0.5	6	14	0.5	6	16
III	0.4	5	10	0.4	6	14
Сентябрь						
I	0.3	2	8	0.3	3	10
II	0.1	1	4	0.2	2	5
III	0.1	–	–	0.1	1	3
Октябрь						
I	0.1	–	–	0.1	–	–
II	–	–	–	–	–	–

Норму кормления можно установить с учетом массы рыбы и температуры воды по следующей формуле:

$$H = tk,$$

где H – суточная норма кормления карпа, % массы рыбы; t – температура воды, °C; k – постоянная рыбхоза.

Постоянная рыбхоза – наиболее значимый показатель в этом расчете. Его величина зависит от качества комбикорма (кормового коэффициента), плотности посадки рыбы в пруды и некоторых других факторов.

Этот коэффициент рассчитывается на основе данных хозяйственной деятельности прошлых лет (табл. 23).

Таблица 23. Примерный расчет постоянной величины рыбхоза по данным за предшествующие годы

Месяц, декада	Средняя температура воды за декаду, °С	Прирост рыбы за декаду, г	Средняя масса рыб, г	Суточный рацион	
				г	% массы рыбы
Май					
Ш	15	10	30	0.9	3.0
Июнь					
I	16	30	60	1.9	3.2
II	17	30	90	3.1	3.4
III	18	40	130	4.7	3.6
Июль					
I	20	50	180	7.2	4.0
II	20	50	230	9.2	4.0
III	22	60	290	12.8	4.4
Август					
I	22	60	350	15.4	4.4
II	22	60	410	18	4.4
III	16	40	450	14	3.2
Сентябрь					
I	15	20	470	14.1	3.0
В среднем за весь период	18.5	-	-	-	3.7

Делением средней величины декадных суточных рационов на средний показатель температуры за весь период выращивания получаем расчетный коэффициент, или постоянную величину рыбхоза: $3.7 : 18.5 = 0.2$.

Пример. На 10 июля средняя масса рыбы составляет 235 г, температура воды 22.5 °С, постоянная рыбхоза 0,2. Суточный рацион – $22.5 \times 0.2 = 4.5\%$ массы рыбы; абсолютная величина суточного рациона – $235 \times 4.5/100 = 10.6$ г. Перемножая полученную норму кормления на количество рыб, находим общий расход корма на один день.

Определение норм кормления с использованием данного коэффициента возможно при соблюдении следующего условия: плотность посадки рыб и кормовой коэффициент расчетного периода должны соответство-

вать нормативам предшествующих лет, принятым за основу при расчете постоянной рыбхоза.

Обилие естественной пищи в прудах в весенний период благодаря рациональному применению минеральных удобрений способствует сокращению затрат на корма. Например, в условиях Московской области естественная кормовая база нагульных прудов позволяет начинать кормление двухлеток карпа не в III декаде мая, а во II или III декадах июня без снижения планового прироста рыб. При этом в первый период выращивания кормовой коэффициент может быть ниже нормативного (2.0–2.5), постепенно повышаясь по мере истощения естественной кормовой базы.

При выращивании карпа в поликультуре норму внесения кормов при нормальной плотности посадки дополнительных рыб рассчитывают только для карпа; при повышенной плотности посадки нормы кормления устанавливают отдельно в каждом конкретном случае.

Контроль за поедаемостью кормов

На все кормовые места надо раздавать примерно одинаковое количество корма, которое определяется делением общей массы корма, предназначенного на весь пруд, на число кормовых мест. Можно определить количество корма на каждое кормовое место путем умножения числа рыб, приходящихся на одно кормовое место, на кормовую норму для одной рыбы в сутки.

Корма раздают с кормораздаточных лодок, как с обычных плоскодонных, так и с усовершенствованных кормораздаточных машин с регулируемым датчиком. Кормление карпа рекомендуется начинать в утренние часы (7–9 ч) в строго установленном порядке, чтобы на определенные кормовые места корм задавался в одно и то же время. В этом случае у рыб вырабатывается условный рефлекс на время приема пищи, они меньше тратят энергии на передвижение в поисках корма, быстрее его поедают. С этой же целью не рекомендуется менять кормовые места в течение всего вегетационного периода, за исключением случаев, когда кормовая точка «закаисает».

Поедаемость кормов нужно проверять в каждом пруду ежедневно с лодки через 2 ч после раздачи корма. Делают это сетчатым черпаком, которым захватывают корм со дна пруда. Черпак должен быть обтянут металлической сеткой, предпочтительнее из нержавеющей проволоки (размер ячеей не более 1–2 мм). Если корм на отдельных местах не съеден, количество его на данное кормовое место на следующий день необходимо уменьшить.

Большая экономия корма достигается при многократном кормлении карпа. При 2–3-разовом кормлении суточную норму корма распределяют

на число внесений корма. Многоразовое кормление двухлеток карпа проводится при плотности посадки свыше 4 тыс. экз/га, сеголеток — 50 тыс. экз/га. При 2-разовом кормлении первое внесение корма проводят с 7 до 9 ч, второе — с 17 до 19 ч; при 3-разовом — с 6 до 8 ч, с 11 до 13 ч и с 17 до 19 ч.

В процессе выращивания рыб возникает необходимость смены кормов по их качественному составу, набору ингредиентов, биологической ценности. Применение комбикормов, различающихся не только по питательной ценности, но и по цвету, запаху, величине гранул предопределяет смену выработанного условного рефлекса рыб на новые корма. Смена кормов должна соответствовать изменениям физиологии рыб в процессе роста. Это надо учитывать в условиях интенсивного кормления рыб. Однако в процессе кормления не следует резко изменять качество корма. При смене корма необходимо учитывать возраст рыб, время года, интенсивность роста.

Кормление рыбы сопровождается накоплением на дне прудов органических веществ, разложение которых уменьшает содержание растворенного в воде кислорода, что ведет к ухудшению поедаемости корма и увеличению его затрат на единицу прироста. Большинство нагульных прудов заливают водой ранней весной, поэтому обработка их ложа с целью лучшей минерализации органических веществ при доступе атмосферного воздуха возможна только осенью после спуска воды. Чтобы удлинить срок минерализации органических веществ в нагульных прудах с большими заболоченными участками, рекомендуется спускать их на 15–20 дней раньше нормативных сроков. Целесообразность этого мероприятия в том, что индивидуальный прирост рыбы в последние дни вегетационного периода обычно не превышает 2–3 г в сутки при сравнительно высоких затратах кормов на единицу прироста, а процесс минерализации в эти дни с лихвой окупится повышенной рыбопродуктивностью в последующем году.

Кормовой коэффициент кормов рассчитывают, исходя из общей рыбопродукции, без учета массы рыбопосадочного материала и прироста рыб за счет естественной кормовой базы.

Оценка эффективности использования кормов

По окончании осенних работ на основе данных учета (акты о посадке рыбы в пруды весной и вылове ее осенью, накладные на отпуск кормов со склада, отпуск рыбы и др.) составляют годовой отчет о выращивании рыбы, так называемую аналитическую таблицу с показателями по каждому пруду и хозяйству в целом (табл. 24). При выращивании карпа в поликультуре в таблицу включают данные по каждому виду рыб.

Таблица 24. Аналитическая таблица рыбоводных данных для определения эффективности использования комбикормов

Показатели	Единица измерения	№ пруда		Итого
Площадь пруда	га			
Плотность посадки	тыс. экз./га			
Число рыб:	тыс. экз.			
посажено на выращивание				
взято на анализ или для других целей				
выловлено в конце выращивания				
Выход к посадке	%			
Средняя масса:	г			
начальная				
конечная				
нормативная				
Фактическая ср. масса относительно нормативной	%			
Общая масса выращенной продукции	т			
Масса посадочного материала (по выходу)	т			
Масса прироста	т			
Общий расход корма	т			
Расход корма на единицу прироста:	т			
фактический				
нормативный				
Фактический расход корма относительно нормативного	%			
Рыбопродуктивность:				
общая	ц/га			
относительно нормативной	%			
Прирост за счет корма				
Кормовой коэффициент				

Затраты на корма при выращивании рыб составляют существенную долю себестоимости товарной продукции. Способность карпа питаться разнообразной пищей открывает возможности для сокращения этих затрат путем дополнения рациона местными кормовыми ресурсами (водной и луговой растительностью, головастиками, лягушками и др.), которые в свое время использовались весьма эффективно.

Увеличение скорости роста рыбы и снижение расхода кормов дает добавление в рацион трехдольной и малой ряски. Добавление к корму водной растительности способствует лучшему усвоению его рыбой. Измельченную растительность вносят в кормосмесь в количестве 15–20%. Внесение в смесь ряски позволяет сэкономить 20–25% основного корма и снизить себестоимость выращивания карпа. Кроме ряски в качестве компонентов кормовой смеси можно рекомендовать молодую водную растительность (осоку, тростник, рдесты, элодею, стрелолист), измельченную специальными машинами и добавленную в кормовую смесь в количестве 25–30%. Помимо водной растительности, рекомендуется включать в кормовую смесь крапиву, луговые травы и т. д.

Особое внимание следует обращать на такой корм, как головастики, которые нередко в изобилии водятся в прудах. Вред, наносимый ими, заключается в том, что они являются конкурентами в питании молоди карпа как естественными, так и искусственными кормами. Головастиков, лягушек и моллюсков измельчают, пропуская через мясорубку в смеси с отсевами комбикормов или с зерновой дертью, и задают рыбам (но не более 20% массы корма).

КОРМЛЕНИЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ



Общие положения

Личинки лососевых рыб к моменту перехода на активное питание по сравнению с другими традиционными объектами аквакультуры имеют хорошо развитую пищеварительную систему. Благодаря этому выращивание лососей не требует применения живых кормов. Все лососи – холодноводные виды; они не прекращают питаться при низких значениях температуры воды (1–2 °С), а при повышении температуры за пределы оптимума (>20 °С) активность питания снижается.

При промышленном производстве посадочного материала и товарном выращивании лососевых рыб, как правило, используют сухие комбикорма – гранулированные, экструдированные, экспандированные, однако в ограниченных масштабах применяют и влажные корма – пастообразные, влажные гранулы. Для составления рецептов полноценных кормов разработана методика (с использованием компьютерной программы «ОПТИМА») балансирования основных питательных веществ, аминокислот и витаминов в соответствии с потребностью рыб. Применение данной методики наряду с оптимизацией состава рациона рыб позволяет минимизировать затраты на сырье.

При производстве лососевых рыб используют 3 типа кормов: стартовые – для выращивания личинок и ранней молоди; продукционные – для выращивания товарной рыбы; репродукционные – для выращивания ремонтно-маточных стад. Основные характеристики полноценных стартовых и продукционных форелевых кормов представлены в табл. 25.

Таблица 25. Основные показатели полноценных комбикормов для радужной форели

Показатели	Тип корма			
	стартовый		производственный	
	оптимум	эконом	оптимум	эконом
Массовая доля сырого протеина, % не менее	50	45	42	38
Массовая доля сырого жира, % не менее	11	8	12	8
Углеводы общие, %	15	20	25	30
Массовая доля сырой золы, % не более	11	12	10	12
Клетчатка, %	1.5	2.5	3	5
Минеральные вещества, %	10	12	10	15
Обменная энергия, МДж/кг	15	12	12	10
Массовая доля лизина, % не менее	3	2.3	2.1	1.8
Массовая доля метионина и цистина, % не менее	1.6	1.2	1.2	0.9
Массовая доля фосфора, % не менее	0.8	0.8	0.8	0.8
Кислотное число жира, мг КОН не более	30	30	70	70

Стартовые корма

Стартовые корма используют для кормления личинок и мальков массой до 5 г. Характерной особенностью этих кормов является высокое содержание протеина, жира и перевариваемой (ассимилированной) энергии. В составе стартового корма преобладают компоненты животного происхождения (табл. 26).

Сигналом для начала кормления личинок форели служит подъем их наплыв и рассасывание желточного мешка на 40–50%. Молодь атлантического лосося начинают кормить при рассасывании желточного мешка на 30% от первоначальной величины, когда личинки еще лежат на дне рыбоводного бассейна. Задержка начала кормления оказывает отрицательное влияние на жизнестойкость и последующий рост рыб. Гранулированный корм вручную или с помощью кормораздатчиков небольшими порциями разбрасывается по поверхности воды. В течение первых 3–10 сут. кормления (в зависимости от температуры воды) личинки адаптируются к сухим комбикормам. В это время раздача каждой разовой порции корма в одном бассейне должна продолжаться не менее 5–10 мин. Если после кормления на дне бассейна остается крупка, следует увеличить длительность раздачи. При появлении у личинок хорошей реакции на корм продолжительность разовой порции кормления сокращают до 2–3 мин.

Таблица 26. Рецепт стартового комбикорма (%) для молоди форели

Компоненты	Ф-1
Мука:	
рыбная	48.0
мясокостная	5.0
кровяная	5.0
водорослевая	1.0
Обрат сухой	5.5
Дрожжи кормовые	6.0
Пшеница мелкого помола	5.1
Шрот соевый	16.0
Жир рыбий	7.1
Краситель синтетический	0.3
Премикс ПФ-1М	1.0
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>	
Сырой протеин	48.6
Сырой жир	11.8
Сырая клетчатка	2.2
БЭВ	18.6
Лизин	2.3
Метионин + цистин	1.2
Триптофан	0.4
Обменная энергия, МДж/кг	14.1

При использовании для перевода на активное питание личинок пастообразного корма с последующим применением гранулированных кормов период пониженной пищевой реакции рыб может длиться до 8 сут. Для ускорения адаптации следует увеличить частоту и продолжительность раздачи корма. Чередовать гранулированный и пастообразный корма нежелательно, так как это ведет к снижению темпа роста рыб.

Для усиления пищевой реакции рыб кормосмесь рекомендуется окрашивать в красный цвет путем введения синтетического красителя анилиновой природы «Рубиновый СК», выпускаемого отечественной косметической промышленностью и разрешенного к применению Минздравом России.

Продукционные корма

В кормах для товарного выращивания содержание компонентов животного происхождения значительно меньше, чем в стартовых кормах, в первую очередь, за счет сокращения доли рыбной муки. Сочетание белков различного происхождения повышает питательную ценность корма.

Частичная замена рыбной и полная замена мясокостной муки на криле-вую несколько повышает продуктивные качества кормосмесей. При замене рыбной муки шротами масличных культур и кормовыми дрожжами в эквивалентном по протеину соотношении образующийся дефицит основных незаменимых аминокислот (лизина и метионина) можно компенсировать их искусственными аналогами. Использование кормовых дрожжей в количестве более 10–15% в значительной мере удовлетворяет потребность форели и других лососевых рыб в витаминах группы В. В табл. 27 приведены рецепты гранулированных кормов для разных возрастных групп форели.

Таблица 27. Рецепты производственных комбикормов (%) для форели

Компоненты	Варианты		
	1	2	3
Мука:			
рыбная	45.0	19.6	45.0
мясокостная	8.6	2.0	12.0
кровяная	5.0	2.0	–
водорослевая	1.0	1.0	–
Обрат сухой	7.0	2.0	–
Дрожжи кормовые	3.0	8.0	15.0
Пшеница мелкого помола	16.8	7.6	21.0
Шроты:			
соевый	6.6	26.0	–
подсолнечный	–	25.0	–
Меласса	–	–	3.0
Масло растительное	3.8	–	–
Фосфатиды	2.2	5.8	3.0
Премикс ПФ-2В	1.0	1.0	1.0
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>			
Сырой протеин	41.6	40.6	41.1
Сырой жир	12.8	8.9	10.2
Сырая клетчатка	2.6	4.0	4.1
БЭВ	26.2	28.8	29.0
Лизин	2.8	2.4	2.6
Метионин + цистин	1.6	1.3	1.4
Триптофан	0.5	0.4	0.5
Обменная энергия, МДж/кг	1.6	1.5	1.6

Потребности других видов лососевых рыб в питательных веществах весьма близки к таковым для радужной форели. Тем не менее, корма для атлантического лосося отличаются от кормов для форели повышенной калорийностью за счет более высокого содержания протеина и жира (табл. 28).

Таблица 28. Рецепты производственных комбикормов (%) для атлантического лосося

Компоненты	Масса рыб, г		
	< 0.6	0.7–40.0	> 40
Мука:			
рыбная	48	48	30
мясокостная	7	5	–
кровяная	9	5	2
водорослевая	5	1	–
крилевая	–	–	30
костная	–	–	10
Обрат сухой	7	6	5
Дрожжи кормовые	10	6	10
Пшеница мелкого помола	3.4	1.0	3.0
Шрот соевый	3	16	8
Жир рыбий	5	11	–
Соль поваренная	–	–	1
Премикс	2.6	1.0	1.0
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>			
Сырой протеин	51.1	45.0	44.2
Сырой жир	11.4	15.0	11.4
БЭВ	14.6	18.0	13.0
Сырая клетчатка	3.0	4.0	6.0
Лизин	4.5	3.5	3.0
Метионин + цистин	2.5	2.4	1.2
Обменная энергия, МДж/кг	13.1	13.1	11.9

В нашей стране для выращивания товарной форели и лосося наряду с гранулированными кормами применяются пастообразные кормосмеси и влажные гранулы. Роль пастообразных кормов особенно важна при наличии местных ресурсов в рыбхозах (отходы при переработке рыбы, боенские отходы и др.). В качестве витаминно-минеральных добавок в пастообразные корма вносят премиксы различных составов. Существует несколько рецептов пастообразных кормосмесей (табл. 29).

Таблица 29. Рецепты пастообразных кормов (%) для лососевых рыб

Компоненты	Масса рыб, г			
	< 5		> 5	
	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
Отходы переработки пресноводных рыб	–	–	58	55
Селезенка говяжья	75	50	–	–
Мука:				
рыбная	11	25	10	15
мясокостная	–	3	–	–
крилевая	–	–	20	10
водорослевая	–	1	–	–
пшеничная	5	10	–	–
Альбумин	–	4	–	–
Молоко сухое обезжиренное	–	–	–	–
Дрожжи кормовые	5	5	8	14
Жир рыбий	–	1	–	–
Фосфатиды подсолнечные	3	2	3	5
Премикс ПФ-1В	1	1	1	1
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>				
Сырой протеин	24–26	26–29	37	34
Сырой жир	6–8	6–8	8.5	9.1
БЭВ	6	5.5	5.5	5.0
Сырая клетчатка	0.7	0.6	0.5	0.5
Лизин	1.2	1.2	1.2	1.5
Метионин + цистин	0.6	0.6	0.7	0.7
Обменная энергия, МДж/кг	8.8	8.7	11.3	11.4

При выращивании форели массой более 15–20 г на пастообразном корме, содержащем говяжью селезенку, допускается снижение дозы премикса до 0.5%. Однако в ряде случаев (перевод рыб на выращивание в соленую воду, напряженные условия зимовки, посленерестовый период, инфекционные и паразитарные заболевания) следует увеличить норму введения премикса до 1.5% с целью повышения жизнестойкости организма.

Репродукционные корма

Корма для ремонтно-маточных стад и производителей должны обеспечивать, наряду с хорошим ростом рыб, нормальное развитие и функционирование воспроизводительной системы. По сравнению с продукционными, эти комбикорма содержат меньше жира (табл. 30).

Таблица 30. Основные показатели комбикормов для производителей форели

Показатели	Содержание
Массовая доля сырого протеина, %	≥50
Массовая доля сырого жира, %	≤10
Массовая доля сырой золы, %	≤12
Клетчатка, %	≤2
Массовая доля лизина, %	≥2.4
Массовая доля метионина и цистина, %	≥1.3
Массовая доля фосфора, %	≥0.8
Кислотное число жира, мг КОН	≤70
Перекисное число жира в комбикорме, % йода	≤0.3

Кормление лососевых рыб разных возрастных групп

Стартовый гранулированный корм имеет вид крупки, продукционный — гранул. Размер крупки и гранул должен соответствовать размеру выращиваемых рыб (табл. 31). Кормление рыб крупной или гранулами другого размера приводит к снижению эффективности кормления, потерям корма. Заглатывание крупных частиц корма может привести к травмированию пищевода.

Эффективность использования корма существенным образом зависит от частоты его раздачи. Чем меньше рыбы, тем чаще их следует кормить (табл. 32).

Частота кормления и величина рациона зависят от температурного режима. Так, для молоди озерного лосося при температуре более 22 °С величина суточного рациона сокращается вдвое, а корм вносится не более 2 раз в сут. При понижении температуры воды до 3 °С величина рациона становится еще меньше, а корм вносится 1 раз в сут. При выра-

щивании молоди лосося в садках при температуре ниже 0.5 °С корм вносится 1 раз в 3 сут.

Необходимо сохранять постоянство условий раздачи кормов для выработки и сохранения строго определенной реакции у рыб. Корм необходимо задавать в одном и том же месте бассейна, садка или пруда и в строго определенное время суток. Перерывы в кормлении, или так называемые разгрузочные дни, как правило, не допускаются.

Суточную дозу корма целесообразно разделить на равные порции в соответствии с количеством кормлений. При значительных суточных колебаниях температуры воды большую часть корма следует задавать в часы температурного оптимума (16–18 °С).

Таблица 31. Рекомендуемые соотношения между размером крупки и гранул корма и массой рыб

Стартовый		Производственный	
масса рыбы, г	размер крупки, мм	масса рыбы, г	размер гранул, мм
< 0.2	0.4–0.6	6–15	3.2
0.2–1.0	0.6–1.0	16–50	4.5
1.1–2.0	1.0–1.5	51–200	6
2.1–5.0	1.5–2.5	>200	8

Таблица 32. Режимы кормления радужной форели в зависимости от ее массы

Стадия развития	Масса рыб, г	Число кормлений в сутки
Личинки	до 0.2	12
Мальки	0.1–0.9	10
	1–2	9
	3–5	8
Сеголетки	6–15	8
Сеголетки–годовики	16–50	6
Годовики, двухлетки и более старшие возрастные группы	> 50	4

Нормы кормления

От правильного нормирования кормления во многом зависит эффективность выращивания рыбы. Избыточное кормление лососевых рыб обычно приводит к излишним затратам корма и загрязнению воды, а недостаточное — к замедлению темпа роста и неполной реализации его потенциала. Кормление рыб по поедаемости неоправданно, поскольку лососевые рыбы могут потребить корма больше, чем способен усвоить их организм. Поэтому следует рассчитывать нормы кормления с учетом размера и возраста рыбы, температуры воды и энергетической емкости пищи. Существуют различные способы определения суточной нормы кормления. Наиболее распространенным и хорошо проверенным на практике является расчет суточной нормы кормления в зависимости от температуры воды и массы выращиваемых рыб по специальным таблицам Дьюэла (табл. 33).

Таблица 33. Суточная норма кормления (% массы) форели полноценным сухим гранулированным кормом в зависимости от температуры воды и массы рыб

Температура, °С	Масса рыб, г										
	< 0,2	0,2-1,9	2,0-4,9	5,0-11,9	12-25	26-40	41-60	61-100	101-150	151-200	> 200
2	2.6	2.2	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
3	2.8	2.3	1.8	1.4	1.1	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4
4	3.1	2.5	2.0	1.6	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5
5	3.3	2.7	2.2	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
6	3.6	3.0	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	0.8	0.8	0.7	0.6
7	3.9	3.2	2.6	2.0	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7
8	4.2	3.5	2.8	2.2	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7
9	4.5	3.8	3.1	2.4	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8
10	4.9	4.2	3.3	2.6	2.0	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8
11	5.3	4.5	3.6	2.8	2.1	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9
12	5.7	4.8	3.9	3.0	2.3	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
13	6.2	5.2	4.2	3.2	2.4	2.0	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1
14	6.7	5.6	4.5	3.5	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.2
15	7.2	6.0	4.9	3.8	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.3	1.3
16	7.7	6.4	5.2	4.1	3.1	2.5	2.0	1.8	1.6	1.4	1.4
17	8.3	6.8	5.6	4.4	3.3	2.7	2.1	1.9	1.7	1.5	1.5
18	8.8	7.3	6.0	4.8	3.5	2.8	2.2	2.0	1.8	1.6	1.6
19	9.3	7.9	6.4	5.1	3.8	3.0	2.3	2.1	1.9	1.7	1.7
20	9.9	8.2	6.9	5.5	4.0	3.2	2.5	2.2	2.0	1.8	-

Однако этот способ расчета имеет ряд недостатков. Во-первых, при переходе рыб из одной размерной группы в другую, хотя и при небольшом изменении массы (например, от 4.9 до 5.0 г), суточная норма существенно меняется (например, при 10 °С – с 3.3 до 2.6%). Во-вторых, таблицы Дьюэла рассчитаны на корм, содержащий не менее 38–40% сырого протеина и 10.5–12.8 МДж/кг переваримой (ассимилируемой) энергии. Для кормов, не отвечающих этим условиям, таблицы непригодны.

Пайл интерпретировал метод Дьюэла и уточнил расчет суточной нормы. Сгладить скачкообразное изменение суточных норм кормления позволяет применение метода Пайла, корректирующего данные таблицы Дьюэла с помощью следующей формулы:

$$y = [(x - x_1) (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2)] + y_1,$$

где y – искомая суточная доза кормления рыбы, г; x – средняя масса выращиваемой рыбы, г; x_1 – средняя масса предыдущей размерно-весовой группы, г (по таблицам Дьюэла); x_2 – средняя масса последующей размерно-весовой группы, г (по таблицам Дьюэла); y_1 – суточная доза кормления рыбы массой x_1 , %; y_2 – суточная доза кормления рыбы массой x_2 , %.

Пример. Нужно рассчитать суточную дозу кормления рыбы массой 6 г при температуре воды 10 °С. В этом случае: $x_1 = 3.5$ г (средняя масса предыдущей группы); $x_2 = 18.5$ г (средняя масса последующей группы); $y_1 = 3.3\%$ (для рыб массой 3.5 г); $y_2 = 2.0\%$ (для рыб массой 18.5 г).

Подставляем в уравнение полученные величины и находим суточную дозу кормления y для рыб массой 6 г (x) при температуре воды 10 °С:

$$y = [(6.0 - 3.5) (3.3 - 2.0) / (3.5 - 18.5)] + 3.3 = 3.08\%$$

По таблице Дьюэла при аналогичных условиях суточный рацион составляет 2.6%.

Для выращивания атлантического лосося в хозяйствах с нестабильным температурным режимом могут быть использованы специальные таблицы расчета пищевых потребностей различных возрастных групп рыб.

Выражение пищевых потребностей в энергетических единицах устраняет зависимость норм кормления от состава полноценных лососевых кормов. Следует отметить, что зависимость величины суточной нормы от энергоемкости рациона для пастообразных кормов выражена в значительно большей степени, чем для гранулированных. В табл. 34 приведены суточные нормы кормления при содержании 6–8 МДж обменной энергии в 1 кг пастообразной массы.

Таблица 34. Суточные нормы кормления лосося пастообразными кормами, %

Масса рыб, г	Температура воды, °C						
	8-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22
<1	5-6	6-7	8-9	12-14	11-13	10-12	10-11
1-3	4-5	5-6	6-7	8-10	10-12	11-13	8-10
4-5	2-3	3-4	4-5	4-6	6-8	6-8	4-6
6-10	2-3	3-4	3-5	4-6	5-7	5-7	4-6
11-20	2-3	2-3	3-5	4-6	5-7	5-7	4-6
21-50	1.3-2.0	1.7-2.0	2.0-3.0	2.6-4.0	3.1-5.0	3.7-5.0	-
51-100	1.2-1.3	1.6-1.7	1.9-2.2	2.4-2.0	2.8-3.1	3.4-3.7	-
101-200	0.9-1.2	1.1-1.6	1.4-1.9	1.7-2.4	2.0-2.8	2.4-3.4	-
201-300	0.6-0.9	0.8-1.1	1.0-1.4	1.2-1.7	1.4-2.0	1.7-2.4	-
301-500	0.5-0.6	0.7-0.8	0.9-1.0	1.1-1.2	1.3-1.4	1.6-1.7	-
501-1500	0.3-0.6	0.4-0.7	0.5-0.9	0.6-1.1	0.7-1.3	0.9-1.6	-

КОРМЛЕНИЕ ОСЕТРОВЫХ РЫБ



Общие требования к кормам

В России накоплен положительный опыт по выращиванию осетровых рыб на искусственных кормах. Комбикормовая промышленность выпускает для осетровых рыб корма 3 типов: стартовые, производственные и репродуктивные (табл. 35).

Допускается увеличение показателей перекисного и кислотного чисел не более чем в 2 раза при условии дополнительного введения витаминов Е и С – соответственно 100 и 500 мг/кг комбикорма. При содержании рыб в прудах в нагульный или реабилитационный период допускается снижение уровня протеина до 35%. Принципиальным моментом для кор-

Таблица 35. Основные показатели полнорационных комбикормов для осетровых рыб

Показатели	Тип корма				
	стартовый		производственный		репродуктивный
	оптимум	эконом	оптимум	эконом	
Массовая доля сырого протеина, % не менее	50	45	42	38	50
Массовая доля сырого жира, % не менее	11	8	12	8	10
Массовая доля сырой золы, % не более	11	12	10	12	12
Клетчатка, % не более	1.5	2.5	3.0	5.0	2.0
Валовая энергия, МДж/кг	18	17	18	16	14
Массовая доля лизина, % не менее	3.0	2.3	2.1	1.8	2.4
Массовая доля метионина и цистина, % не менее	1.6	1.2	1.2	0.9	1.3
Массовая доля фосфора, % не менее	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Кислотное число жира, мг КОН, не более	30	30	70	70	70
Перекисное число жира, % йода, не более	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
Ожидаемый кормовой коэффициент	1.8	2.0	2.3	2.5	2.5

мов осетровых является водостойкость, которая должна быть не менее 30 мин.

Стартовые корма

Кормление осетровых начинают с момента завершения резорбции желточного мешка у 60–70% личинок при массе 20–40 мг. При разработке стартовых комбикормов учтен состав питательных веществ естественной пищи молоди осетровых рыб, отличающийся наличием протеина с низкой молекулярной массой, а также высоким содержанием незаменимых жирных кислот линолевого ряда. В состав стартового комбикорма входят: рыбная мука, гидролизаты из рыбы, дрожжи, витазар, поливитаминный премикс и другие компоненты (табл. 36).

Суточные нормы кормления осетровых рыб разной массы гранулированными и пастообразными кормами при выращивании в условиях оптимального температурного режима (18–25 °С) приведены в табл. 37. В пер-

Таблица 36. Основные показатели и рецепты стартовых комбикормов (%) для осетровых

Компоненты	Варианты	
	1	2
Мука:		
рыбная	41	46
мясокостная	11	–
Дрожжи кормовые	10	8
Гидролизат рыбный	–	–
Пшеница мелкого помола	10	14
Глютен	12	18
Шрот соевый	10	8
Витазар	5	10
Жир рыбий	–	6
Масло подсолнечное	–	–
Премикс ПФ-3В	1	1
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>		
Сырой протеин	45.7	45.6
Сырой жир	9.8	14
БЭВ	22.6	21.8
Сырая клетчатка	2.2	2.5
Лизин	2.5	2.7
Метионин + цистин	1.3	1.3
Обменная энергия, МДж/кг	14.3	14.8

вые сутки из-за низкой пищевой активности происходит потеря части комбикормов, поэтому суточная норма должна быть увеличена до 50% массы рыб. При выращивании личинок наряду со стартовыми кормами в течение первых 2–3 сут. целесообразно использовать живые корма (дафний, декапсулированные яйца и науплии артемии) – до 15–20% рациона.

Таблица 37. Суточная норма кормления осетровых рыб, %

Масса рыбы, г	Гранулированный корм	Пастообразный корм
< 0.1	10–15	20–30
1–5	8–10	16–20
5–50	5–8	10–16
50–500	3–5	6–10

Размер крупки должен соответствовать размеру ротовой полости и глотки рыб. Кратность кормления личинок и мальков и оптимальный размер крупки приведены в табл. 38. Молодь осетровых при выращивании в бассейнах и садках до массы 1 г кормят не реже 6–8 раз в сутки (при этом необходимо учитывать температуру воды).

Таблица 38. Кратность кормления и размер крупки стартового комбикорма

Масса рыб, мг	Кратность кормления, раз в сутки	Размер крупки, мм
<60 мг	20–24	0.1
<120 мг	10–12	0.2

При соблюдении указанных норм кормления личинки осетровых за 50 сут. выращивания достигают малькового периода развития и массы 300–1300 мг при выживаемости 68% и более; затраты кормов в зависимости от видовых особенностей составляют 1.8–2.5 (табл. 39).

Таблица 39. Результаты выращивания молоди осетровых рыб в течение 50 дней на стартовых комбикормах

Показатели	Вид	
	осетр	стерлядь
Масса рыб, мг:		
в начале выращивания	33.5 ± 1.3	24.8 ± 1.4
в конце выращивания	720 ± 8.6	310.7 ± 4.0
Среднесуточный прирост, мг	13.7	5.7
Выживаемость, %	63.2	60.0
Кормовые затраты, кг/кг	1.8	2.5

Продукционные корма

В состав рецептуры продукционных кормов для выращивания осетровых в индустриальных условиях и в прудах входит сырье с высоким содержанием протеина: рыбная мука, соевый шрот или жмых, витазар (шрот из пшеничных зародышей), а также специальный премикс и другое ценное кормовое сырье (табл. 40). При индустриальном выращивании осетровых рыб применение пастообразных кормов не целесообразно: большая часть их размывается и не используется рыбой, загрязняется водная среда. При использовании гранулированных кормов на 1 кг прироста затрачивается 1.5–2.0 кг, пастообразных смесей – 4–6 кг и более.

Таблица 40. Рецепты продукционных комбикормов (%) для осетровых

Компоненты	Варианты			
	1	2	3	4
Мука:				
рыбная	37	50	36	26
мясокостная	3	–	7	10
кровая	5	–	3	5
Дрожжи кормовые	10	7	17	15
Шрот:				
соевый	20	5	6	2
подсолнечный	–	–	5	2
Пшеница	13	20	21	33
Витазар	5	10	–	–
Жир рыбий	3	5	–	2
Масло подсолнечное	3	2	5	4
Премикс ПФ-2В	1	1	1	1
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>				
Сырой протеин	44.5	42.6	41.1	35.1
Сырой жир	10.1	12.2	9.5	10.5
БЭВ	32.1	32.6	36.6	38.9
Сырая клетчатка	1.4	1.6	2.5	3.5
Лизин	2.4	2.3	2.2	1.9
Метионин + цистин	1.2	1.2	1.0	0.9
Обменная энергия, МДж/кг	13.8	14.5	12.9	11.6

Рыб массой 3–500 г кормят 5–6 раз в день, массой 500–1500 г – 3–4 раза. С применением автоматических кормораздатчиков кратность кормления может достигать до 12 раз в сутки. При оптимальной температуре (20–24 °С) суточная норма внесения кормов составляет 3% массы тела; при повышении или понижении температуры этот норматив уменьшается до 1%. Размер гранул должен соответствовать массе выращиваемых рыб (табл. 41).

Таблица 41. Рекомендуемые соотношения между размером гранул и массой осетровых рыб

Масса рыб, г	Размеры гранул, мм
3–10	1.5–2.5
11–30	3.0–3.5
31–50	3.5–4.5
51–250	6.0–8.0
251–500	6.0–8.0
501–1500	6.0–8.0

В условиях юга России при повышении температуры воды летом до 30 °С часто наблюдается интенсивный рост сине-зеленых и вольвоксовых водорослей. Это приводит к снижению содержания кислорода, изменению рН и увеличению ионов NH_4^+ . В этих условиях рекомендуется уменьшить норму внесения кормов на 50% и сократить число кормлений до 2–3 раз в сутки, а также не добавлять жир в комбикорма.

При выращивании осетровых рыб следует придерживаться также следующих рекомендаций:

- систематически контролировать поедаемость кормов;
- при выращивании рыб в садках необходимо использовать кормушки с поддоном или кормовые столики;
- при выращивании рыб в бетонных или земляных бассейнах корма следует задавать на определенных и специально подготовленных кормовых местах;
- при кормлении необходимо соблюдать тишину и стараться не тревожить рыб.

Репродукционные корма

Для зимнего содержания ремонта (температура до 15 °С) рекомендуются корма с содержанием сырого протеина и жира соответственно 35–36 и 11–12%; для выращивания в оптимальных температурных условиях — 40–42 и 11–12%; для кормления производителей — 48–50 и 11–12%.

Суточные нормы кормления старших возрастных групп ремонта и производителей при температуре 12–15 °С варьируют в пределах 0.5–0.7% массы рыб; кратность кормления — 3–4 раза в день. Суточные нормы кормления старших возрастных групп ремонта и производителей при температуре 16–24 °С — 0.7–1.0% массы рыб; кратность кормления — 6 раз в день. Кормовые затраты на 1 кг прироста для старших возрастных групп ремонта составляют 2.0–2.5 кг комбикорма, производителей — 2.5–3.0 кг.

КОРМЛЕНИЕ ПРОЧИХ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ



Белый амур

Мелиорация рыбохозяйственных водоемов, в том числе и удаление водной растительности при ее чрезмерном развитии, — обязательный элемент процесса выращивания товарной продукции. Функцию биологического мелиоратора в водоемах, заросших макрофитами, успешно выполняет белый амур, потребляющий разнообразную водную растительность — рдесты, элодею, роголистник, ряску, нитчатые водоросли и др. При недостаточном количестве кормовых растений амур переходит на питание детритом; при прудовом выращивании он охотно поедает измельченную мягкую луговую растительность и злаковые травы. Наличие растительной пищи является обязательным условием успешного выращивания этого объекта в искусственных условиях. При выращивании белого амура применяется метод комбинированного кормления искусственными кормами и растительностью.

При оптимальной для роста температуре (25–30 °С) суточный рацион белого амура составляет 30% массы тела и более. При температуре ниже 10 °С белый амур практически не питается, поедает лишь излюбленные мягкие растения.

Кормовой коэффициент при питании амура животной пищей составляет 5–7, растительной — 8–27. Максимальная интенсивность питания отмечена в период с 8 до 12 ч, поэтому корма следует вносить в утренние часы.

В прудах амур охотно поедает искусственные корма, однако он не способен питаться длительное время исключительно искусственным кормом. При недостатке растительности интенсивное кормление комбикормом вызывает у белого амура серьезные функциональные нарушения, которые сопровождаются снижением темпа роста, а также могут служить причиной гибели рыб.

Лучшие результаты получают при комбинированном кормлении молоди белого амура комбикормами (табл. 42) и растительностью.

Таблица 42. Рецепт комбикорма (%) для белого амура

Компоненты	Молодь массой ≤ 30 г
Мука рыбная	5
Шрот соевый	25
Шрот подсолнечный	30
Ячмень	20
Пшеница	18.5
Мел	0.5
Премикс П-5-1	1
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>	
Сырой протеин	29.1
Сырой жир	2.9
БЭВ	42.4
Сырая клетчатка	6.1
Лизин	1.6
Метионин + цистин	0.9
Обменная энергия, МДж/кг	10.1

При хорошем развитии кормовой базы (остаточная биомасса зоопланктона 10–20 г/м³) возможно использование влажных кормов, приготовленных на мясорубке по следующей рецептуре (%): жмых подсолнечный – 40, жмых соевый – 30, зерноотходы – 27, подсолнечная фуза – 3.

Молодь белого амура начинают кормить при достижении массы 1 г при температуре воды не ниже 18 °С. Корм необходимо вносить на кормовые места в одно и то же время, в начальный период – 1 раз в день. После достижения массы 5 г комбикорм вносят 2 раза в день. Для молоди массой 5–10 г наряду с комбикормом вносят зеленую растительность из расчета не менее 2–3% массы амура; растительность целесообразно вносить в дробленном виде. При отсутствии наземной растительности возможно комбинированное кормление комбикормом и гранулами люцерны в соотношении 1 : 2. Суточная норма кормления приведена в табл. 43.

В табл. 44 приведены рыбоводно-биологические нормативы выращивания сеголеток белого амура в поликультуре с другими рыбами.

Контрольные обловы делают один раз в 2 декады; определяют среднюю массу, накормленность и эпизоотическое состояние рыб. Ориентировочный темп роста растительных рыб представлен в табл. 45.

Таблица 43. Нормы кормления белого амура комбикормом

Масса рыб, г	Суточная норма кормления, % массы
1.0–1.5	1.0
1.6–5.0	1.5
6.0–10.0	2.0
11–15	1.5
16–25	1.0

Таблица 44. Рыбоводно-биологические нормативы выращивания сеголеток белого амура в поликультуре с другими рыбами: 1 вариант – с белым толстолобиком; 2 вариант – с белым толстолобиком и карпом

Показатели	1 вариант	2 вариант
Средняя масса мальков при зарыблении, мг:		
белый амур	25–100	25–100
белый толстолобик	25–100	25–100
каarp	–	25–100
Плотность посадки мальков, тыс. экз/га, в том числе:	125	135
белый амур	70	60
белый толстолобик	55	55
каarp	–	20
Выживаемость сеголеток, % от посаженных мальков		
белый амур	65	65
белый толстолобик	65	65
каarp	–	65
Средняя масса сеголеток, г:		
белый амур	25	25
белый толстолобик	25	25
каarp	–	30
Рыбопродуктивность, ц/га, в том числе:	20.3	22.6
белый амур	11.4	9.8
белый толстолобик	8.9	8.9
каarp	–	3.9

Таблица 45. Динамика роста растительноядных рыб

Месяц	Декада	Средняя масса, г
Июль	I	0.1
	II	1.0
	III	2.5
Август	I	6.0
	II	10.0
	III	16.0
Сентябрь	I	21.0
	II	24.0
	III	25.0

При расчете кормового коэффициента из общего количества заданного в пруд корма исключается количество корма, использованного белым амуром, согласно следующим ориентировочным нормам (табл. 46).

Таблица 46. Соотношение естественных и искусственных кормов (%) в рационе белого амура при разной плотности посадки рыб

Плотность посадки белого амура, ц/га	Корм, %	
	водная растительность	комбикорм
1	100	—
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40

Канальный сомик

В нашей стране американский канальный сомик является объектом тепловодного рыбоводства (температурный оптимум для выращивания — 25–30 °С). Ценность канального сомика как объекта рыбоводства определяется его хорошим ростом, эффективной оплатой корма, способностью приспосабливаться к различным условиям выращивания, в том числе к высокой плотности посадки, а также отличными вкусовыми качествами. Канальный сомик созревает в возрасте 2–3 лет, но для получения потомства целесообразнее использовать рыбу в возрасте 4–5 лет, массой не более 5–6 кг.

Молодь вначале кормят стартовым комбикормом, можно использовать форелевый корм. При выращивании в прудах можно использовать корма, содержащие 25% протеина, без добавок витаминов, рассчитывая, что естественная пища дополнит рацион рыб недостающими веществами. Канальный сомик долгое время может обходиться без пищи (за исключением первых 2–3 недель жизни). Поэтому при производственной необходимости рыб можно содержать некоторое время на поддерживающем рационе.

Для тепловодных хозяйств индустриального типа разработаны рецепты стартовых и продукционных кормов для канального сомика из отечественных компонентов. Из растительных компонентов в эти корма включены соевый и подсолнечный шроты, пшеница, травяная мука. В качестве заменителя рыбной муки можно использовать кормовые дрожжи. В качестве витаминно-минеральных добавок рекомендуется использовать различные премиксы. Используют гранулированные и экструдированные корма для данного вида, а также с успехом применяют форелевые корма для подращивания молоди. Основные показатели специализированных кормов для выращивания канального сомика на разных этапах развития приведены в табл. 47; рецепты этих кормов – в табл. 48.

Таблица 47. Основные показатели полноценных кормов для канального сомика

Показатели	Тип корма				
	стартовый	продукционный			
		< 50 г		> 50 г	
		оптимум	эконом	оптимум	эконом
Массовая доля сырого протеина, % не менее	45	38	33	33	28
Массовая доля сырого жира, % не менее	8.0	9.0	6.0	6.0	4.0
Массовая доля сырой золы, % не более	10	10	10	10	10
Массовая доля сырой клетчатки, % не более	2.0	4.5	6.0	6.0	8.0
Массовая доля лизина, % не менее	2.4	2.0	1.5	1.5	1.2
Массовая доля метионина и цистина, % не менее	1.1	0.8	0.7	0.6	0.5
Массовая доля фосфора, % не менее	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Кислотное число жира, мг КОН, не более	30	70	70	70	70
Перекисное число жира, % йода, не более	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Валовая энергия, МДж/кг	14	13	12	13	12

Таблица 48. Рецепты комбикормов (%) для кормления канального сомика разной массы

Компоненты	Стартовые корма		Производственные корма	
	Масса рыб, г			
	< 0.1	0.1–4.9	5–500	> 500
Мука:				
рыбная	30	23	22	11
кровая	2	2	7	3
пшеничная	8	10	37	28
травяная	–	–	5	5
Дрожжи кормовые	17	19	10	10
Рисовая мука	7.5	12.5	–	–
Горох молотый	12	15	–	22
Шроты:				
соевый	5	7	6	5
подсолнечный	–	–	6	15
Витазар	15	8	–	–
Масло подсолнечное	2.5	2.5	6	–
Премикс ПФ-1В	1	1	1	1
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>				
Сырой протеин	45.2	40.1	32.4	31.5
Сырой жир	4.1	4.2	6.1	4.3
Сырая клетчатка	0.5	1.0	4.0	5.0
БЭВ	28.6	32.6	38.1	39.4
Лизин	2.2	1.9	1.7	1.6
Метионин + цистин	1.2	1.1	1.1	1.0
Обменная энергия, МДж/кг	14.1	13.2	12.3	11.5

Для кормления сомика следует применять гранулы, размер которых соответствует величине выращиваемых рыб (табл. 49).

По мнению специалистов, садковый и бассейновый способы выращивания канального сомика являются наиболее перспективными. Это обусловлено тем, что при его выращивании при высокой плотности посадки потери корма сводятся до минимума. При выращивании канального сомика в садках рекомендуется закрывать их крышками, так как в открытых садках он плохо питается.

Таблица 49. Рекомендуемое соотношение между массой канального сомика и размером гранул комбикормов

Стартовый корм		Продукционный корм	
масса рыб, г	размер крупки, мм	масса рыб, г	размер гранул, мм
< 0.2	0.3-0.5	6-15	2.0-3.0
0.2-0.9	0.5-1.0	16-50	3.0-4.5
1.0-2.0	1.0-1.5	51-200	4.5-6.0
3.0-5.0	1.5-2.0	> 200	7.0-9.0

Кормление канального сомика как в садках, так и в прудах обычно начинают через 1-2 сут. после посадки на выращивание. Суточная норма кормов для молоди массой до 0.1 г в зависимости от температуры воды варьирует в пределах 25-50% массы тела. При массе рыб до 5 г суточная норма кормления составляет 20-25% массы тела. Кормление в этот период следует проводить в бассейнах круглосуточно, не реже чем через каждый час, в прудах — 4-6 раз в сутки. Молодь активно растет и питается при температуре 25-28 °С и содержании кислорода не ниже 6 мг/л; сеголетки — при 21-31 °С; старшие возрастные группы — при 23-33 °С. Суточные нормы кормления канального сомика разной массы представлены в табл. 50. При снижении температуры до 15 °С или ее увеличении выше 32 °С величину рациона сокращают до 0.5-1.5% массы тела, число кормлений — до 1-2 раз в сутки.

Таблица 50. Суточные нормы кормления разных размерных групп канального сомика

Масса рыб, г	Суточная норма, % массы тела
5-15	20-15
16-50	15-10
51-200	10-5
> 200	5-2

При соблюдении указанной технологии кормления канальный сомик в двухлетнем возрасте достигает массы 500-600 г при затратах корма не более 2 кг на 1 кг прироста.

Тияпии

Одним из перспективных объектов тепловодного выращивания являются тияпии. Для тияпий характерна всеядность, они имеют высокий темп роста, нетребовательны к содержанию кислорода и качеству воды, устойчивы к заболеваниям, обладают высокими вкусовыми качествами. Особенности их репродуктивного цикла позволяют организовать полициклическое выращивание.

Выращивание тияпий в прудовых и промышленных хозяйствах показало, что они хорошо поедают как растительные, так и животные корма. Они легко адаптируются к питанию искусственными кормами, привыкают ко времени и местам кормления, берут корм из рук обслуживающего персонала.

Перевод личинок на экзогенное питание возможен без применения живых кормов, только с использованием искусственных стартовых комбикормов, при этом обеспечиваются достаточно высокий темп роста и выживаемость личинок, эффективное усвоение корма.

С активностью кишечной микрофлоры связано отсутствие явно выраженной пищевой потребности в основных витаминах группы В.

Рецепты стартового и производственного комбикормов для тияпий приведены в табл. 51.

Оптимальный уровень клетчатки в рационах для молоди тияпии составляет 2,5–5,0%. Отсутствие клетчатки в корме, как и ее избыток, отрицательно сказываются на росте, выживаемости и усвоении корма. Способность тияпии к утилизации клетчатки обеспечивается наличием в ее кишечнике целлюлозоразрушающей микрофлоры и как следствие целлюлолитической активности. Коэффициент ассимиляции клетчатки корма в кишечном тракте тияпии высок и достигает 65%.

Суточная норма кормов зависит от температуры воды и массы тела (табл. 52).

В странах Африки и Азии в качестве корма для тияпий используют рисовые отруби, размолотый рис, водные и наземные растения и всевозможные пищевые отходы. В нашей стране при прудовом выращивании в монокультуре тияпий кормят зерновыми отходами, шротами, комбикормами, применяемыми в карповодстве. Для выращивания тияпии на теплых водах энергообъектов можно применять карповые комбикорма.

Таблица 51. Рецепты стартового и производственного комбикормов (%) для тилапий

Компоненты	Стартовый	Производственный
Мука:		
рыбная	40	5
мясокостная	–	5
Дрожжи кормовые	9	10
Шрот соевый	8.0	26.9
Витазар	30	–
Жмых подсолнечный	–	24.6
Пшеница мелкого помола	10	
Отруби пшеничные	–	10
Жир рыбий	2	2
Премикс П-5-1	1	1
<i>Содержание основных питательных веществ, %</i>		
Сырой протеин	45	34
Сырой жир	10	6
БЭВ	24.0	36.3
Сырая клетчатка	2.5	6.0
Лизин	2.0	1.8
Метионин + цистин	1.6	1.3
Обменная энергия МДж/кг	16.4	13.4

Таблица 52. Суточная норма кормления тилапии при температуре 25–27 °С

Масса рыб, г	Суточная норма, % массы
< 5	20–30
5–20	12–14
21–40	6–7
41–100	4–6
101–200	2–4
201–300	1.5–1.8
301–400	1.1–1.3

Угорь

Благодаря высоким вкусовым качествам угорь является одним из ценных видов рыб. Содержание белка в мясе составляет 11–17%, жира — 22–32%. Эта рыба отличается широким спектром питания и весьма пластична к условиям содержания. Выращивание угря в прудах является выскорентабельным при оптимальных условиях. В нашей стране угря выращивают в садках и бассейнах на водоемах-охладителях.

Технологический процесс выращивания угря включает 2 этапа: выращивание стекловидного угря и товарное выращивание.

Посадочный материал, так называемый стеклянный угорь, имеет длину 6.5–7.0 см и массу 0.25–0.48 г. Его отлавливают в зимние месяцы и высаживают в бассейны или в небольшие пруды площадью 100–350 м² и глубиной 0.6–0.7 м. Кормление начинают в апреле, когда температура воды достигнет 15 °С. Корма для стекловидного угря содержат 52–54% протеина и 18–20% жира. Для обеспечения хорошего роста угря необходимо высокое качество корма. Вначале используют олигохеты или мясо моллюсков, которое постепенно заменяют измельченной рыбой с добавлением в качестве связующего компонента 1% водорослевой муки. Через 20–30 сут. масса стекловидного угря удваивается. В течение следующих 20–30 сут. рыб переводят на специальный пастообразный корм, включающий 60–80% рыбы. Угрей, достигших массы 20–30 г, помещают в выростные пруды. Они хорошо переносят летнее повышение температуры до 30–32 °С; при температуре ниже 15 °С прекращают питаться. При оптимальной температуре (25–28 °С) и интенсивном кормлении за 1 год угри достигают товарной массы 200–250 г. В проточных прудах выход достигает 40 т/га.

При любой системе выращивания угря успех зависит от кормления. Угорь — типичный хищник, поэтому корма должны включать в основном компоненты животного происхождения. Основу рациона составляет комбикорм (60–70%) и свежая рыба. Комбикорма для товарного выращивания должны содержать 48–50% протеина и 21–23% жира, что обеспечивает обменную энергию на уровне 18–19 МДж/кг. По содержанию витаминов, минералов и микроэлементов эти корма мало чем отличаются от используемых в форелеводстве. Основным компонентом в рационе угря является рыбная мука, среди других компонентов используют крилевую муку, соевый шрот, витазар, лютен, крахмал и премикс. Перед раздачей комбикорм замешивают до консистенции тягучего теста, добавляя воду и жир, и раскладывают на аэрокормушки, расположенные на поверхности воды. При кормлении свежей рыбой ее связывают в пучки по 10–20 кг и

спускают в места кормления. Угорь очень тщательно объедает мышцы рыб, оставляя лишь скелет. Места кормления обязательно следует затенить. Кормить угря начинают при температуре 12 °С, молодь кормят 2–3 раза в день. На 2-м году жизни угря кормят 1 раз в сутки. Рацион составляет 3–6% массы тела. На 1 кг прироста расход сухих кормов достигает 1.4–2.0 кг, кормовой рыбы — 6–8 кг. Угря можно выращивать также в прудах совместно с карпом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация полноценного кормления рыб на всех этапах выращивания – основная проблема, от решения которой зависит развитие аквакультуры.

Высокоинтенсивные технологии выращивания таких рыб, как лососевые и осетровые, предусматривают использование комбикормов с высоким уровнем протеина, жира и энергии в целом, что обеспечивает их минимальный расход на единицу прироста рыб.

Изготовление специализированных комбикормов, удовлетворяющих требования технологий выращивания разных объектов аквакультуры, предполагает наличие у завода-изготовителя трех основных составляющих: современное оборудование, высококачественное сырье, квалифицированные специалисты.

Появление качественных импортных кормов на российском рынке в конце XX столетия явилось одним из решающих факторов, стимулирующих развитие отечественного индустриального форелеводства. Изготавливаемые по новейшим технологиям и из высококачественного сырья зарубежные корма быстро завоевали симпатии рыбоводов и стали успешно применяться в отечественной рыбной индустрии.

В настоящее время на рыбоводных хозяйствах России основные поставки кормов осуществляются рядом зарубежных фирм – Рехур-айсио (Финляндия), БиоМар и Аллеф Аква (Дания), Провими (Голландия), Крафт Футтерверк (Германия) и др. Несмотря на высокие цены, промышленное выращивание рыб на импортных кормах оказалось рентабельным благодаря повышению темпа роста рыб, снижению кормовых затрат, сокращению заболеваний и гибели молоди. Вместе с тем развитие отечественной аквакультуры не может ориентироваться только на зарубежную кормовую продукцию. Дело не только в высоких ценах, полной зависимости от существующего валютного курса и от неудобств, периодически возникающих вследствие сбоев поставок из-за ветеринарных или таможенных нововведений. Поставляемые корма не всегда удовлетворяют отечественных рыбоводов, так как условия выращивания рыб на хозяйствах России отличны от западных стандартов и нередко возникают ситуации, когда рыбы содержатся при неблагоприятных условиях (температура, гидрохимические параметры). Кроме того, хорошо разработанные и выпускаемые в массовых количествах импортные корма ориентированы в основном на те виды рыб, которые давно используются в аквакультуре западных стран – форель и лосось. Для других видов, ти-

пичных для рыбоводства России, рецептуры зарубежных кормов не достаточно отработаны и не могут обеспечивать должную эффективность. Для некоторых наших традиционных объектов (сиговые, осетровые) специализированные, в том числе стартовые, корма отсутствуют. Зарубежные производители предлагают заменять их кормами для лососевых рыб, но их использование не дает желаемого результата.

В России рядом институтов разработаны рецепты кормов практически для всех объектов аквакультуры. Однако спрос на отечественную кормопroduкцию для рыбоводных хозяйств остается весьма низким. Потеря доверия к отечественным кормам вызвана прежде всего их нестабильным качеством. Среди основных причин существующего положения следует отметить неудовлетворительное качество сырья и низкий уровень производства, когда допускаются нарушения Технических условий изготовления кормов, отклонения от утвержденной рецептуры состава кормов и витаминных премиксов.

Практика показывает, что в настоящее время отечественные кормопроизводства должны базироваться на небольших региональных предприятиях, оснащенных современным оборудованием, которые могут поддерживать тесную связь с потребителем и обеспечивать тщательный контроль качества сырья и готовой продукции.

Отечественная комбикормовая промышленность в последнее время находится на стадии повышения качественного уровня выпускаемой продукции. Российскими учеными разработаны и внедряются в практику комбикорма, которые по своей питательной ценности не уступают лучшим зарубежным аналогам. Постепенно находят применение и современные технологии производства комбикормов для рыб. Так, например, на Мурманском, Белгородском и Сергиево-Посадском заводах установлено оборудование, которое позволяет организовать производство стартовых и продукционных комбикормов высокого качества для разных видов рыб. Краснодарским НИИ рыбного хозяйства разработан проект реконструкции технологической линии на Варениковском заводе рыбных комбикормов (Краснодарский край), где предусматривается использование экструдера для подготовки сырья, а также для приготовления экструдированных комбикормов. В целом технологическая линия на этом заводе после реконструкции позволит организовать производство высококачественных комбикормов, в том числе и стартовых, для всех видов рыб.

При соблюдении технологических режимов производства кормов и при наличии высококачественного сырья Варениковский комбикормовый завод может стать одним из лучших в стране производителей кормов для отечественной аквакультуры.

Учитывая большой объем разработок по использованию вторичного сырья в рационах рыб, в первую очередь отходов переработки при про-

изводстве продуктов АПК (отходы зеленого горошка, плодов и овощей, пивоваренной и солодовенной промышленности; шроты лекарственных трав) и другого вторичного сырья, которое имеется практически во всех регионах России, на рыбоводных хозяйствах целесообразно иметь свои цеха по изготовлению кормосмесей. Вышеперечисленные компоненты могут быть использованы как дополнительный источник питательных веществ в рационах карпа и других видов рыб.

Кроме того, бывшие колхозы, ныне СПК, ЗАО, ООО и хозяйства других форм собственности, в том числе фермерские, имеют, как правило, собственный посевной «клин» для культивирования зерновых культур, подсолнечника, сои. Только эти компоненты могут составлять до 80% полнорационных комбикормов для карпа. Использование белковых добавок, витаминных и минеральных премиксов позволяет готовить комбикорма на местах. Для этого потребуется гранулятор малой мощности 250–500 кг/ч, а также набор вспомогательного оборудования из 8–10 наименований. Полный комплект такого оборудования в сегодняшних ценах составляет 1.0–1.2 млн. руб. Для установки такого оборудования потребуется помещение 100–120 м², для склада сырья и готовой продукции – 80–100 м².

Краснодарским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства разработаны проекты таких мини-цехов с привязкой к конкретным условиям и запросам заказчика. Пилотные установки уже имеются и успешно работают на нескольких рыбоводных хозяйствах Краснодарского края и Ростовской области.

Наличие мини-кормоцехов позволит значительно повысить культуру производства, существенно увеличить выход товарной продукции, повысить ее качество, что позитивно повлияет на экономические показатели производства рыбы в прудах, в первую очередь карпа – основного объекта аквакультуры России.

ЛИТЕРАТУРА

Аmineва В.А., Яржомбек А.А. 1984. Физиология рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. 200 с.

Бондаренко Л.Г. 1985. Биологические основы разработки сухих гранулированных кормов для личинок осетровых рыб на примере бестера и русского осетра. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 24 с.

Бондаренко Л.Г., Корчма П.В., Каширин А.В., Демонова А.В. 2003. Технология выращивания рыбопосадочного материала белого амура совместно с толстолобиком с выходом продукции 2 т/га для зарыбления лиманов. Краснодар: КрасНИИРХ. 30 с.

Гамыгин Е.А. 1987. Корма и кормление рыб. Обзорная информация. Сер. Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов. Вып. 1. М.: ЦНИИТЭИРХ. 82 с.

Гамыгин Е.А., Лысенко В.Я., Скляр В.Я., Турецкий В.И. 1989. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления. М.: Агропромиздат. 168 с.

Дюндик О.Б. 1990. Разработка полнорационных стартовых кормосмесей для тилапии мозамбикской в условиях интенсивного выращивания. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. с.-х. наук. Краснодар: КубСХИ. 24 с.

Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. 1977. Руководство по кормлению радужной форели полноценными гранулированными кормами. М.: ВНИИПРХ. 91 с.

Литвиненко Л.И., Мамонтов Ю.П., Иванова О.В., Литвиненко А.И., Чебанов М.С. 2000. Инструкция по использованию артемии в аквакультуре. Тюмень: СибрыбНИИпроект. 58 с.

Остроумова И.Н. 2001. Биологические основы кормления рыб. СПб.: ГосНИОРХ. 372 с.

Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никоноров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. 2002. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России (справочное, учебное пособие). Астрахань: Нова плюс. 264 с.

Привезенцев Ю.А., Власов В.А. 2004. Рыбоводство. М.: Мир. 456 с.

Скляр Ф.В. 2000. Эффективность использования люпина и сорго в комбикормах для молоди осетровых и карпа. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. М.: ВНИИПРХ. 24 с.

Скляр В.Я., Студенцова Н.А. 2001. Биологические основы рационального использования кормов в аквакультуре. М.: Росинформагротекс. 56 с.

Скляров В.Я., Гамыгин Е.А., Рыжков Л.П. 1984. Кормление рыб. Справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность. 120 с.

Скляров В.Я., Носков В.П., Руренко А.А. 1992. Инструкция по применению пакета компьютерных программ «Рецепт» для балансировки полноценных комбикормов для рыб. Краснодар: КрасНИИРХ. 29 с.

Стеффенс В. 1985. Индустриальные методы выращивания рыбы. М.: Агропромиздат. 284 с.

Стикни Р.Р. 1986. Принципы тепловодной аквакультуры. М.: Агропромиздат. 287 с.

Троицкий В.Н., Скляров В.Я., Кандышев А.Н. 1981. Темп роста карпа в зависимости от содержания протеина в кормосмесях // Рыбное хозяйство. № 9. С. 30–31.

ТУ 9296-003-13250589-2002. Комбикорма для осетровых рыб. Зарег. 13.02.2003. № 275/003628. Дата введения 01.04.2003. 74 с.

ТУ 9296-004-13250589-2002. Комбикорма для выращивания карпа в индустриальных условиях. Зарег. 12.02.2003. № 275/003629. Дата введения 01.04.2003. 62 с.

ТУ 9296-002-13250589-2002. Комбикорма для лососевых рыб. Зарег. 12.02.2003. № 275/003627. Дата введения 01.04.2003. 74 с.

ТУ 9296-001-13250589-2002. Комбикорма для выращивания канального сома в индустриальных условиях. Зарег. 12.02.2003. № 275/003626. Дата введения 01.04.2003. 66 с.

Щербина М.А. 1979. Физиолого-биохимические основы повышения эффективности кормления рыб // Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. М.: Наука. С. 100–110.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. 2006. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО. 360 с.

Щербина М.А., Абросимова Н.Т., Сергеева Н.Т. 1985. Искусственные корма и технология кормления основных объектов промышленного рыбоводства. Рекомендации. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ. 68 с.

Tuppy H., Wiesbauer U., Wintersberger L. 1962. Aminosäure-p-nitrosylide ALS Substrate für Aminoptidasen und andere proteolytische Fermente // Hoppe Layers. Physiol. Chemistry. Bd. 329. N. 3–6. P. 278–288.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Методики определения активности пищеварительных ферментов

Перечень оборудования: фотоэлектроколориметр, рН-метр, весы аналитические, весы торсионные, весы лабораторные с пределом взвешивания 500 г, водяной термостат (35 °С), холодильник бытовой, центрифуга (6000 об/мин), гомогенизатор, секундомер.

Определение активности трипсина методом Таппи [Turry et al., 1962] проводится по синтетическому субстрату N-бензоил-L-аргинин-п-нитроанилид (БАПНА). Метод основан на спектрофотометрическом определении количества п-нитроанилида, высвобождающегося из субстрата под действием трипсина.

Реактивы:

- 0.02 трис-НС буфер, рН = 8.2;
- N-бензоил-L-аргинин-п-нитроанилид;
- исследуемый раствор фермента.

Приготовление субстрата: к 20 мг БАПНА прилить 10 мл дистиллированной воды, довести до кипения и после остывания долить буфером до 80 мл. Хранить при +4 °С.

Схема определения: к 3.5 мл субстрата прилить 0.5 мл исследуемого раствора и определить оптическую плотность на фотоэлектроколориметре при 400 нм (E_1). Поставить смесь на инкубацию при 35 °С в течение 1 ч. После инкубации определить оптическую плотность (E_2) при длине волны 400 нм. Показатель первого определения служит контролем: $X = E_2 - E_1$. Активность выражают в единицах оптической плотности в пересчете на 1 мг растворенного белка в экстракте.

Определение активности химотрипсина. Химотрипсин принадлежит к числу ферментов, свертывающих молоко. Свертывание молока — это ограниченный протеолиз казеиногена с отщеплением стабилизирующего гликомакропептида и образованием нерастворимого в воде казеина.

Реактивы:

- ацетатный буфер, 1 М, рН = 5.0;
- молочно-ацетатная смесь (МАС);
- исследуемый раствор фермента.

Приготовление МАС: 1 объем ацетатного буфера смешивают с 1 объемом молока (свежего, цельного). МАС хранится в холодильнике (+4 °С) в течение недели.

Схема определения: к 0.5 мл пробы прилить 5 мл МАС, прогретой до 35 °С. По секундомеру определить время появления первых хлопьев пара-казеина. За единицу активности принимают количество фермента в пробе, вызывающее свертывание 5 мл МАС при 35 °С за 1 мин. Активность выражают в ед. МАС в пересчете на 1 мг растворенного белка в экстракте.

Определение активности амилазы основано на ее способности расщеплять крахмал. Фотоколориметрический анализ ведут по цветной реакции крахмала с йодом.

Реактивы:

- фосфатный буфер, рН = 7.0–7.1;
- растворимый крахмал;
- основной 0.1 N раствор йода в йодистом калии;
- рабочий раствор йода 0.01 N;
- 1N раствор соляной кислоты;
- исследуемый раствор фермента.

Приготовление субстрата: 40 г крахмала суспендируют в 1–2 мл дистиллированной воды и, медленно перемешивая, вливают в кипящий раствор фосфатного буфера (80 мл буфера). Сосуд, в котором был крахмал, промывают 1–2 мл дистиллированной воды и добавляют ее к раствору крахмала. После охлаждения объем раствора доводят до 100 мл буфером. Субстрат готовится в день определения.

Схема определения: 2 пробирки (опытная и контрольная) с 2 мл 40%-ного раствора крахмала, 3-ю пробирку (для сравнения) с 2 мл буфера прогревают в течение 8–12 мин при 35 °С. Затем в опытную пробирку вносят 0.1 мл исследуемого материала, соответственно разведенного, после чего все 3 пробирки вновь инкубируют 10 мин при 35 °С. После окончания инкубации в каждую пробирку наливают по 3.9 мл 1 N раствора соляной кислоты. В контрольную пробирку и пробирку для сравнения вносят по 0.1 мл 0.01 N раствора йода, перемешивают и колориметрируют через 20 мин при красном светофильтре в кювете 10 мм против раствора сравнения.

Расчет осуществляют по формуле:

$$A = \frac{E_k - E_o}{E_k} \times 48,$$

где A — активность амилазы, E_k — экстинкция контроля, E_o — экстинкция опыта. Активность выражается в мг расщепленного крахмала на 1 мл исследуемой жидкости за 1 ч инкубации и пересчитывается на 1 мг белка, растворенного в экстракте.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТОВ РЫБОВОДСТВА ..	9
ПИТАНИЕ И ПИЩЕВАРЕНИЕ	14
Способы захвата пищи	14
Количество потребляемой пищи	15
Продолжительность пребывания пищи в пищеварительном тракте	16
Строение пищеварительной системы	17
Пищеварительные ферменты и железы	18
Переваривание и усвоение пищи	20
ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ РЫБ	24
Принципы нормирования кормления	25
Белки	27
Незаменимые аминокислоты	31
Жиры и жирные кислоты	33
Углеводы	38
Минеральные элементы	40
Макроэлементы	41
Микроэлементы	46
Витамины	50
Жирорастворимые витамины	52
Водорастворимые витамины	56
ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ КОРМОВ И КОРМОВЫХ ДОБАВОК	59
Компоненты животного происхождения	59
Компоненты растительного происхождения	61
Жировые добавки	66
Продукты микробиологического и химического синтеза	67
Нетрадиционные кормовые средства	69
Отходы консервной промышленности	70
Отходы масложирового и орехового производств	72
Побочные продукты пивоваренного производства	72
Другие отходы	73
Премиксы	73
Ферментные препараты	74
Антиоксиданты	76
Вкусовые и ароматические добавки	77
ЖИВЫЕ КОРМА И ПРОДУКТЫ ИЗ НИХ	79
Артемия	79
Гаммарус	80

СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ	82
Традиционные технологии	82
Изготовление кормов на рыбоводных хозяйствах	82
Технология сухого прессования (гранулирование)	83
Прогрессивные технологии	85
Экструзия	85
Экспандирование	88
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМБИКОРМОВ	89
Сертификация	89
Критерии влияния корма на физиологическое состояние рыб	91
Методика оценки качества корма	92
КОРМЛЕНИЕ КАРПА	94
Стартовые комбикорма	94
Кормление карпа в тепловодных хозяйствах индустриального типа	97
Общие требования к кормам	97
Кормление разных возрастных групп карпа	98
Контроль расхода кормов	99
Кормление карпа в прудах	100
Общие требования к кормам	100
Формирование естественной кормовой базы в прудах	100
Нормы кормления	103
Контроль за поедаемостью кормов	107
Оценка эффективности использования кормов	108
КОРМЛЕНИЕ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ	111
Общие положения	111
Стартовые корма	112
Производственные корма	113
Репродукционные корма	117
Кормление лососевых рыб разных возрастных групп	117
Нормы кормления	119
КОРМЛЕНИЕ ОСЕТРОВЫХ РЫБ	122
Общие требования к кормам	122
Стартовые корма	123
Производственные корма	125
Репродукционные корма	127
КОРМЛЕНИЕ ПРОЧИХ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ	128
Белый амур	128
Канальный сомик	131
Тиляпии	135
Угорь	137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
ЛИТЕРАТУРА	142
ПРИЛОЖЕНИЕ	144

CONTENTS

PREFACE	5
INTEODUCTION	6
BRIEF CHARACTERISTICS OF MAIN OBJECTS OF FISH CULTURE	9
FEEDING AND DIGESTION	14
Methods for food grasping	14
Quantity of consumed food	15
Duration of food remaining in the digestive tract	16
Structure of digestive system	17
Digestive enzymes and glands	18
Digestion and food assimilation	20
NUTRITIVE REQUIREMENTS OF FISHES	24
Principles of feeds rationing	25
Proteins	27
Essential amino acids	31
Fats and fatty acids	33
Carbohydrates	38
Mineral elements	40
Macronutrients	41
Microelements	46
Vitamins	50
Fat-soluble vitamins	52
Water-soluble vitamins	56
CHARACTERISTICS OF COMPONENTS OF FEEDS AND FEEDING ADDITIVES	59
Components of animal origin	59
Components of vegetable origin	61
Fatty additives	66
Products of microbiological and chemical synthesis	67
Non-traditional feeding items	69
Wastes of canning industry	70
Wastes of oil-, fat- and nut-processing industries	72
By-products of brewing industry	72
Other industrial wastes	73
Premixes	73
Enzymic compounds	74
Antioxidants	76
Taste and flavor additives	77
ALIVE FEEDING ORGANISMS AND FOOD-STAFF MADE ON THEIR BASIS	79
Brine worm	79
Gammarus	80

FEEDS PROCESSING TECHNOLOGIES	82
Traditional technologies	82
Feeds processing at fish farms	82
Dry compression technologies (granulation)	83
Advanced technologies	85
Extrusion	85
Expansion	88
ESTIMATION OF COMBINED FEEDS QUALITY	89
Certification	89
Criteria for feeds influence upon physiological state of fishes	91
Estimation methods for feeds quality	92
FEEDING OF CARP	94
Starting combined feeds	94
Feeding of carp at thermal-water industrial-type fish farms	97
General requirements for feeds	97
Feeding of carp of various age-groups	98
Control over feeds expenditure	99
Feeding of carp in ponds	100
General requirements for feeds	100
Formation of natural food reserve in ponds	100
Feeding norms	103
Control over feeds consumption	107
Efficiency estimate of feeds utilization	108
FEEDING OF SALMONS	111
General aspects	111
Starting feeds	112
Feeds for farmed fish	113
Feeds for breeders	117
Feeding of salmon of various age-groups	117
Feeding norms	119
FEEDING OF STURGEONS	122
General requirements for feeds	122
Starting feeds	123
Feeds for farmed fish	125
Feeds for breeders	127
FEEDING OF OTHER OBJECTS OF AQUACULTURE	128
Grass carp	128
Channel catfish	131
Tilapias	135
Eels	137
CONCLUSION	139
LITERATURE	142
APPENDIX	144

Скляр Валентин Яковлевич

Корма и кормление рыб в аквакультуре

Заведующая редакцией *Г.П. Короткова*

Научный редактор *О.Н. Маслова*

Редактор *М.Е. Кривенко*

Корректор *Ю.А. Павлова*

Художественный редактор *Н.И. Лизунов*

Технический редактор *И.И. Алиева*

Компьютерная верстка *И.И. Алиевой*

Подписано в печать 25.02.2008.

Печ. л. 9,4. Формат 70×100 1/16.

Тираж 300. Заказ № 307.

Издательство ВНИРО

107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Тел.: (499) 264-65-33

Факс: (499) 264-91-87