



УЧЕБНИК



С.В. ПОНОМАРЕВ, Ю.Н. ГРОЗЕСКУ, А.А. БАХАРЕВА

КОРМА И КОРМЛЕНИЕ РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ



Москва
МОРКНИГА
2013

С.В. ПОНОМАРЕВ, Ю.Н. ГРОЗЕСКУ, А.А. БАХАРЕВА

КОРМА И КОРМЛЕНИЕ РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Под общей редакцией С.В. Пономарева

*Допущено Управлением науки и образования
Федерального агентства по рыболовству
в качестве учебника для студентов
высших и средних профессиональных учебных заведений,
обучающихся по специальности*

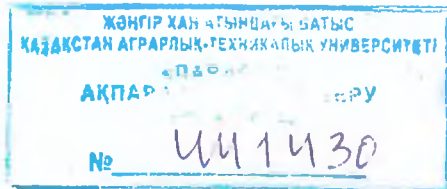
*111401 (СПО) «Ихтиология и рыбоводство», по направлению (ВПО)
111400 «Водные биоресурсы и аквакультура».*



Москва
МОРКНИГА

2013

УДК 639.3.043 (075.8)
ББК 47.28-45
П56



Издание осуществлено при организационной и финансовой поддержке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Центральный учебно-методический кабинет по рыбохозяйственному образованию» (ФГБОУ «ЦУМК») Федерального агентства по рыболовству.

Рецензенты:

Максимова Г.С., преподаватель специальных дисциплин Обособленного структурного подразделения «Волго-Каспийский морской рыбопромышленный колледж» ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»;

Абросимова Н.А., профессор, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» филиала ФГБОУ ВПО МГУТУ им. К.Г. Разумовского в г. Ростове-на-Дону.

П56 Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А.
Под общей редакцией Пономарева С.В.
Корма и кормление рыб в аквакультуре: Учебник. – М.: МОРКНИГА, 2013. – 417 с.

ISBN 978-5-903082-02-5

Рекомендовано Учебно-методическим объединением в области рыбного хозяйства в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 111400 «Водные биоресурсы и аквакультура» и СПО по специальности 111401 «Ихтиология и рыбоводство».

В учебнике использованы материалы о составе современных кормов для объектов аквакультуры, способах создания рецептов и изготовления для предприятий по товарному выращиванию и искусственному воспроизводству водных биологических ресурсов.

Издание предназначено для студентов и аспирантов рыбохозяйственных и сельскохозяйственных вузов, а также для специалистов рыбоводных, фермерских хозяйств, работников комбикормовых заводов.

Знак информационной продукции 16+

УДК 639.3.043 (075.8)
ББК 47.2

ISBN 978-5-903082-02-5

© МОРКНИГА, 2013

© Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура России в современный период характеризуется прогрессирующим ростом продукции. Это происходит на фоне резкого падения запасов естественных популяций рыб в связи с их сверхинтенсивным промышленным ловом и сопутствующими возникшими проблемами сохранения биоресурсов морей и других рыбохозяйственных водоемов.

Недостаток рыбопродукции из естественных популяций осетровых, карповых, лососевых, сомовых и других рыб восполняется деятельностью аквакультурных предприятий по воспроизводству рыбных запасов, товарному и фермерскому рыбоводству, которые успешно развиваются. Для организации этих предприятий необходимо иметь материально-техническую базу, квалифицированных специалистов, а также эффективные современные технологии выращивания объектов аквакультуры и корма, за счет которых может производиться до 80% продукции.

Настоящий учебник содержит расширенную информацию о современных кормах и кормлении наиболее ценных объектов аквакультуры.

При создании эффективных технологий выращивания и полноценных комбикормов для объектов аквакультуры используют эколого-морфологический метод, позволяющий рассматривать развитие организма как последовательность качественно различных этапов, каждый из которых характеризуется определенными взаимоотношениями со средой. Современное рыбоводство, особенно индустриальное, привело к созданию таких комбинированных кормов, которым нет природных аналогов, и новой технологии производства, основанной на управлении условиями среды.

Современные заводы по обработке кормового сырья и изготовлению сухих комбикормов представляют собой высокоинтенсивные производства, позволяющие обеспечить хозяйства аквакультуры продукцией самого высокого качества. При этом широко применяются современные

технологии деструкции крахмала с преобразованием в простые сахара, а также санитарной обработки сырья. Наиболее эффективные корма для роста рыб имеют высокие показатели сбалансированности состава питательных веществ и значения их конверсии в ценную продукцию с кормовым коэффициентом около единицы.

Материалы, представленные в учебнике, разработаны научными коллективами ВНИИПРХ (д.б.н. Е.А. Гамыгин, д.б.н. М.А. Щербина, д.б.н. Н.А. Головина, д.б.н. А.Н. Канидьев), КрасНИИРХ (д.с/х.н. В.Я. Складов), ГосНИОРХ (д.б.н. И.Н. Остроумова), АзНИИРХ (д.б.н. Н.А. Абросимова), АГТУ (в лице авторов) и других организаций рыбохозяйственной отрасли.

РАЗДЕЛ I.

ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА РЫБ.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ КОРМА

Глава 1.

Пищеварение и пищеварительная система рыб

1.1. Пищеварительные органы

Рыбы отличаются большим разнообразием питания и делятся на три группы: растительноядные (фитофаги), животнойядные (зоофаги) и всеядные (зоофитофаги). В рыбоводстве по типу питания рыбы делятся на два типа: хищные рыбы и мирные рыбы.

Строение пищеварительных органов рыб (рот, наличие зубов, желудочно-кишечный тракт) зависит от характера питания.

Ротовой отдел, являясь началом пищеварительного тракта, играет весьма важную роль в питании, так как рецепция ротовой полости (вкусовая, тактильная, температурная, болевая) имеет большое значение для поглощения или отвергания пищи. Измельчение пищи и формирование пищевого комка обеспечивают жевание, а дальнейшая транспортировка пищи по пищеводу в желудок – глотание. Эти процессы осуществляются благодаря пищевому центру, расположенному на различных уровнях центральной нервной системы.

Размер, форма рта и зубов приспособлены к характеру и способу принятия пищи. Например, у щуки, окуни, судака и других хищных рыб зубы имеют заостренную коническую форму, приспособлены для захвата и удержания добычи, которая заглатывается целиком и проталкивается в желудок. Зубатка имеет крупные плоские зубы, которыми она откусывает и перетирает пищу.

Глотка расположена за ротовой полостью. Глоточная полость через жаберные щели соединяется с жаберными полостями. У костистых рыб в полости глотки расположены нижние и верхние глоточные зубы, связанные с системой жаберных дуг и способствующие заглатыванию

и первоначальной обработке пищи во рту. У мирных рыб, в частности у карповых, нет зубов на челюстях, в полости зева размещаются глоточные зубы, а на нёбе расположена крепкая роговая подушечка, которая служит для раздавливания и разжевывания пищи. Травоядные рыбы размельчают водную растительность глоточными выростами. У планктоноядных рыб (сигов, ряпушки, толстолобика и др.) для удержания мелких организмов, удаления воды и взвешенных иловых частиц служит жаберный аппарат.

Из глотки через короткий пищевод пища попадает в *желудочно-кишечный тракт*. Строение желудочно-кишечного тракта зависит от характера питания рыб. Многие виды рыб не имеют желудка. Однако в пределах одного семейства встречаются виды, имеющие желудок и безжелудочные. У круглоротых, карповых и рыб некоторых других семейств желудок не развит или полностью отсутствует.

У безжелудочных рыб пищеварение осуществляется в переднем отделе кишечника, который начинается сразу за пищеводом. Желчный проток открывается около глотки. В кишечник пища попадает измельченной глоточными зубами, без предварительной обработки ферментами. У некоторых видов рыб, например камбалы, желудок развит слабо.

У рыб, имеющих желудок, желчный проток открывается позади желудка. В передний отдел кишечника поступает химически переработанная пища. У хищных рыб желудок, представляющий собой начальный расширенный отдел средней кишки, способен сильно растягиваться и совмещает функции пищеварительного органа и депо. Величина желудка зависит от объема потребляемой пищи. Клеточный состав органа и желудочных желез неоднороден. В стенках желудка различают слизистую, наружную мышечную и серозную оболочки. Железы слизистой оболочки продуцируют компоненты желудочного сока.

У хрящевых и большинства костистых рыб полость желудка выстлана однослойным цилиндрическим эпителием и имеет трубчатые желудочные железы. Эпителиальная выстилка желудка представляет собой высокоспециализированный секреторный аппарат. В желудочных железах костистых рыб имеется один тип секреторных клеток, продуцирующих зимогены и соляную кислоту.

Деятельность желудка взаимосвязана с работой поджелудочной

железы и печени, а благодаря нервным связям и действию гормона гастрина желудок сам воздействует на эти органы.

Печень и желчный пузырь. Важную роль в процессе пищеварения играет печень – крупный, объемный орган, разделенный на доли. Так, у хрящевых и многих карповых рыб печень трёхдольчатая, однако у сазана она состоит из двух долей, а у щуки и окуня – из одной. Гепатоциты рыб имеют сходное строение с клетками печени других позвоночных животных. В них содержится высокая концентрация липидов и гликогена. У большинства видов рыб имеется желчный пузырь, проток которого открывается в переднюю часть кишечника или в пилорические придатки, при их наличии.

Большую роль в пищеварении играет желчь, которая вырабатывается клетками печени и по системе желчных протоков поступает в желчный пузырь. Желчь играет важную роль в жировом, углеводном, витаминном, пигментном и других обменах в организме рыб. Способствует выведению ядов и конечных продуктов обмена веществ. Она повышает тонус и усиливает перистальтику кишечника, участвует в пристеночном пищеварении, оказывает бактерицидное действие на кишечную микрофлору, предупреждает развитие гнилостных процессов.

Кишечник. Всасывание питательных веществ и поступление в организм обеспечивается главным образом кишечником. Кишечник выполняет различные функции: секреторную, моторно-эвакуаторную, гидролитическую, всасывательную, эндокринную и иммунную.

Общий вид пищеварительной системы рыб представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Схема пищеварительной системы рыб

Стенка кишечника рыб состоит из трех оболочек: слизистой, мышечной и серозной. Слизистая оболочка образует многочисленные складки, которые могут расщепляться или анастомозировать друг с другом. Каждая складка состоит из выступа собственной пластинки слизистой оболочки, покрытой кишечным эпителием. Собственная пластинка слизистой оболочки состоит из ретикулярной ткани. Она заходит в основные складки и образует тонкий слой между ними. Кишечный эпителий состоит из высокопризматических каемчатых клеток (энтероцитов и эпителиоцитов), каемка которых складывается из микроворсинок. Между каемчатыми клетками лежат многослойные одноклеточные слизевые железы – бокаловидные клетки. Подслизистая оболочка у рыб часто отсутствует (у лососевых, корюшки, карповых). Стенки кишечника у разных представителей костистых рыб имеют индивидуальные особенности, которые выражаются в различной степени развития слоев и их взаимосвязей. Предполагается, что эти развития связаны с характером питания и общим уровнем развития рыб.

У карпа, не имеющего желудка, кишечник представляет собой длинную расширенную в передней части трубку, которая затем постепенно сужается и образует 8 петель. Длина кишечника в 2–3 раза превышает длину тела. Слизистая оболочка кишечника образует складки, которые создают на его поверхности ячеистую структуру. Складки слизистой в 9–12 раз увеличивают всасывающую поверхность. В переднем расширенном отделе высота и число клеток почти в 2 раза больше, чем в последующих.

У форели, имеющей хорошо выраженный желудок, кишечник представлен в виде короткой трубки. Эпителий всех отделов кишечника состоит из клеток двух типов: эпителиоцитов (энтероцитов) и бокаловидных железистых клеток. Бокаловидные клетки вырабатывают слизь, способствующую прохождению пищевого комка по кишечнику.

У многих, костистых рыб в начале желудочно-кишечного тракта имеются мешковидные выросты, называемые пилорическими придатками. Количество их у разных видов рыб неодинаковое. Например, у лососевых их 300–400, а у осетровых они срослись в единое целое. У радужной форели общая длина пилорических придатков превышает

длину кишечника. Структура эпителия, выстилающего пилорические придатки, сходна с таковой переднего отдела кишечника.

Поджелудочная железа является одним из главных органов пищеварительной системы, участвующих в саморегуляции желудочно-кишечного тракта. У млекопитающих, птиц и рептилий поджелудочная железа представляет собой непарный удлинённый орган сероват-розового цвета, расположенный от двенадцатиперстной кишки до селезенки. У костистых рыб поджелудочная железа разбросана в виде маленьких долек между кишечными петлями, в непосредственном соседстве с печенью. Рассеянные панкреатические клетки обычно изливают свой секрет в пилорические придатки. Иногда поджелудочная железа располагается вдоль кровеносных сосудов, облекая их, как футляр, проникает с кровеносными сосудами в печень и прорастает через ее ткани. У рыб вследствие срастания поджелудочной железы с печенью оба эти органа рассматриваются как гепатопанкреис, однако клетки этих органов ограничены и независимы друг от друга.

У хрящевых рыб поджелудочная железа представляет собой компактный орган. У пластинчатожаберных (акул, скатов) она двусторонняя или гроздевидная, как и у млекопитающих, с панкреатическим протоком, открывающимся в кишечник.

Продвижение пищи по пищеварительному тракту происходит благодаря трем типам движений: растяжение и сокращение самого кишечника, перистальтически направленные волны сокращения и биение ресничек кишечной выстилки. Желудок рыб и других позвоночных непроизвольно сокращается каждые несколько минут, выдавливая в кишечник полужидкую переваренную массу пищи – химус. Кишечник также сокращается раз в несколько минут. По нему проходят перистальтические волны, перемешивающие кишечное содержимое и продвигающие химус по направлению к анальному отверстию.

1.2 Пищеварительные ферменты

Пищеварительные ферменты расщепляют сложные соединения – полимеры и эфиры на простые составляющие: белки – на аминокислоты, крахмал, гликоген, полимеры аминокислот – на простые сахара, от

сложных жиров и липоидов отщепляются жирные кислоты и фосфат, нуклеиновые кислоты деполимеризуются и дефосфорируются, от них отщепляются сахара – рибоза и дезоксирибоза.

Ферменты, расщепляющие белки (протеазы), могут быть «кислыми», работающими в кислой среде, или «нейтрально-щелочными», работающими в нейтральной или слабощелочной среде. Кислые протеазы вырабатываются в желудках позвоночных и пищеварительных вакуолях при внутриклеточном пищеварении, а также в пищеварительном тракте у некоторых ракообразных, моллюсков и кишечнополостных. Внутриклеточные кислые протеазы называются катепсинами. Желудочные протеазы позвоночных – рыб, земноводных, зверей – называются пепсинами. Многие рыбы утратили в процессе эволюции желудок и вместе с ним железы, секретирующие соляную кислоту и пепсин. Их пищеварительная система состоит только из кишечника, в котором работают только нейтрально-щелочные ферменты. У рыб, имеющих желудок, и других позвоночных полупереваренная пища из желудка с кислой средой попадает в кишечник и нейтрализуется бикарбонатом натрия (содой), выделяемым поджелудочной железой и железами переднего отдела кишечника. Далее наступает фаза дальнейшего ферментативного гидролиза в нейтральной и слабощелочной среде.

Активность нуклеаз высока у животных, приспособленных к питанию детритом, богатым бактериальной и грибной массой, содержащей очень большое количество нуклеопротеидов. У рыб, питающихся ракообразными, в пищеварительном тракте обнаружена высокая активность хитиназы – фермента, разрушающего хитиновый панцирь ракообразных и других членистоногих. В пищеварительном тракте рыб обнаружено более тридцати различных пищеварительных ферментов (табл. 1).

Усвоение жировых веществ происходит в результате действия ферментов-липаз и эмульгаторов – веществ, превращающих жиры в эмульсию очень мелких капель, которые могут усваиваться энтероцитами (кишечными эпителиальными клетками) без окончательного ферментативного расщепления. У позвоночных эмульгаторы содержатся в желчи. Главными эмульгаторами желчи являются соли желчных кислот,

молекулы которых состоят из остатков холевых кислот (производных холестерина) и одной из аминокислот – таурина или глицина.

Таблица 1

Пищеварительные ферменты рыб

Ферменты	Субстрат	Продукт	pH-оптимум	Локализация
Пепсин	белки	пептиды, аминокислоты	2-4	железы стенок желудка
Трипсин	белки	то же	7-9	панкреас
Химотрипсин	белки	то же	7-9	панкреас
Карбокси-пептидазы	белки	то же	6-7	кишечник
Экзопептидазы	белки	аминокислоты	7-9	панкреас
Олигопептидазы	пептиды	аминокислоты	7-9	панкреас
Коллагеназа	коллаген	аминокислоты	2	желудок
Эластаза	эластин	аминокислоты	7-9	панкреас
Альфа-амилаза	гликоген, крахмал	мальтоза, глюкоза	7	панкреас
Бета-амилаза	то же	то же	7	панкреас
Гамма-амилаза	гликоген	глюкоза	7-8	панкреас
Глюкозидаза	амилопектин	мальтоза, глюкоза	7-8	кишечник
Сахараза	сахароза	глюкоза, фруктоза	7-8	кишечник
Мальтаза	мальтоза	глюкоза	7-8	кишечник
Изомальтаза	изомальтоза	глюкоза	7-8	кишечник
Трегалаза	трегалоza	глюкоза	7-8	кишечник
Ламинариаза	ламинарин	1,3-гликан	7-8	кишечник
Хитиназа	хитин	хитобиоза	3,6-4,0	желудок
Глюкозаминидаза	остатки хитина	ацетилглюкозамин	8-10	кишечник
Лизоцим	муравовая кислота	ацетилглюкозамин	-	желудок, кишечник
Гиалуронидаза	гиалуроновая кислота	ацетилглюкозамин	-	желудок

Ферменты	Субстрат	Продукт	pH-оптимум	Локализация
Муказа	муцин	—	-	кишечник
Липаза	триглицериды, фосфолипиды	жирные кислоты	7-9	кишечник
Лецитиназа	эфиры стерина, лецитин	жирные кислоты	-	кишечник
Эстераза	эфиры низших жирных кислот	кислоты	-	кишечник
Щелочная фосфатаза	фосфорные эфиры	фосфат	щелочная среда	кишечник
Кислые фосфатазы	то же	фосфат	кислая среда	желудок
Нуклеаза	днк, рнк	фрагменты нк	более 7	кишечник
Нуклеотидаза	фрагменты нк	нуклеотиды	менее 7	кишечник
Карбоангидразы	карбонат кальция	кальций, карбонат	-	кишечник

У беспозвоночных эмульгаторы не содержат производных холестерина. У ракообразных это эфир таурина ацил-саркозил-таурин. Переваривание углеводов-полимеров происходит по той же схеме, что и у позвоночных: крахмал разлагается на дисахариды альфа-амилазой, а дисахариды расщепляются до простых сахаров олигосахаридазами. В пищеварительной системе камчатского краба обнаружена смесь ферментов, содержащая коллагенолитическую сериновую протеазу, трипсин, металлопротеазу и аминопептидазу.

Всасывание низкомолекулярных продуктов ферментативного гидролиза белков и полисахаридов (аминокислот и простых сахаров), а также других низкомолекулярных питательных веществ, таких как водорастворимые витамины, в кишечнике происходит значительно быстрее, чем ферментативное переваривание. Всасывание половины веществ занимает приблизительно полчаса. Значительно дольше всасываются жиры и водорастворимые витамины. Эти вещества усваиваются кишечными клетками в виде эмульсии – мельчайших капелек,

стабилизированных поверхностноактивными желчными кислотами путем пиноцитоза (клеточного захвата).

Клетки кишечной выстилки – энтероциты, имеют строение, характерное для всех клеток, сорбирующих вещества из внешней среды. Их поверхность покрыта множеством ворсинок, так называемой щеточной каймой. Расстояние между ворсинками меньше размера бактериальных клеток, но достаточно для проникновения молекул питательных веществ. Ворсинки многократно увеличивают всасывающую поверхность энтероцитов. Пиноцитоз происходит в пазухах между ворсинками. Внутренняя поверхность кишечника покрыта слоем слизи, состоящей из ориентированных слизистых муциновых нитей, на которых сорбированы молекулы ферментов, выделяемых панкреасом (поджелудочной железой) и кишечными железами.

1.3. Перевариваемость пищи и усваиваемость питательных веществ

У хищных рыб пища поступает в полость желудка. Продолжительность пребывания пищи в желудке зависит от ее консистенции, размера, температуры воды, интенсивности сокращения мышц желудка и от моторики переднего отдела кишечника. После ферментативной обработки пища становится жидкой или полужидкой кашцей – химусом, который небольшими порциями передается из желудка в кишечник.

Предварительная обработка пищи происходит в ротовой полости, глотке и пищеводе. В этих органах происходит выделение пищеварительных ферментов, однако активность их низкая и они не играют существенной роли в первичной обработке пищи. В глотке и пищеводе карпа выделяются активные ферменты – мальтаза, амилаза и протеолитический фермент, подобный трипсину. По-видимому, у безжелудочных рыб, таких как карп, ферменты ротовой полости и пищевода играют некоторую роль в предварительном переваривании. У многих рыб в пищеводе выделяется слизь (муцин), обеспечивающая скольжение пищи. Желудочный сок в полости желудка обеспечивает оптимальный уровень pH и осмотическое давление в начальном от-

деле кишечника. У морских рыб вместе с пищей в желудок попадает морская вода, вследствие чего желудочная среда подщелачивается. После прекращения питания, когда желудочный сок выделится в достаточном количестве, щелочная среда меняется на кислую. При голодании содержимое желудка имеет слабо выраженную щелочную среду благодаря присутствию слизи.

Основное пищеварение и всасывание питательных веществ происходят в кишечнике. Переваривание белков в желудке предварительное. Полипептиды, образующиеся при переваривании, представляют собой сложные соединения, которые в желудке не всасываются. В кишечнике они подвергаются дальнейшему расщеплению. В кишечнике перевариваются белки, которые не подвергаются воздействию пепсина, а также жиры и углеводы. У рыб, не имеющих желудка, пища переваривается только в кишечнике, где одновременно выделяется несколько протеолитических, липолитических и гликолитических ферментов.

По современным представлениям гидролитический распад пищи у рыб происходит по следующему принципу: начальный гидролиз осуществляется в полости кишечника, завершается в зоне пристеночного пищеварения, где и происходит всасывание питательных веществ.

Ранее предполагалось, что ферментативное расщепление и всасывание питательных веществ в пищеварительном тракте рыб разделены в пространстве и времени. Однако М.А. Щербиной установлено, что всасывание продуктов расщепления питательных веществ происходит на всем протяжении кишечника. Наиболее интенсивная резорбция нутриентов происходит в передней расширенной части кишечника карпа, на которую приходится около 14% всей длины. В этом отделе всасывается около 1/4 сухих веществ, доступных рыбам, в том числе около 25% белка, от 20 до 80% отдельных аминокислот, до 90% простых сахаров, большое количество липидов. Таким образом, передний расширенный отдел кишечника, кроме депонирующей, осуществляет гидролитическую и резорбтивную функции. Высокая интенсивность всасывания органических веществ сохраняется еще на протяжении 1/3 длины кишечника. Объем резорбции азотсодержащих веществ и аминокислот может быть несколько выше или ниже. Таким образом, от-

сутствие у карпа желудка и связанного с ним пепсинового пищеварения не замедляет темпов переваривания белков, липидов, полисахаридов, а также всасывания аминокислот и моносахаридов. Протео- и амила-литические ферменты, работающие в слабокислой и слабощелочной среде, гидролизуют белки и углеводы с очень высокой скоростью, обеспечивающей их столь же интенсивную резорбцию. Далее она резко снижается и активизируется резорбция минеральных веществ. В конечных участках кишечника завершаются процессы всасывания расщепленных питательных веществ, идет активное всасывание воды. Пищевой химус превращается в экскременты. Они обволакиваются большим количеством слизи и удаляются из организма под действием перистальтических движений кишечника.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какую роль в питании выполняет ротовая полость?
2. У всех ли видов рыб имеются глоточные зубы?
3. Особенности строения ЖКТ у различных видов рыб.
4. Какова функция печени в пищеварении рыб?
5. Какой отдел ЖКТ состоит из трех оболочек: слизистой, мышечной и серозной?
6. Для чего нужны ферменты?
7. Какие ферменты расщепляют белки, жиры?
8. В каком отделе ЖКТ происходит пищеварение и всасывание пищи?
9. По какому принципу происходит гидролитический распад пищи?
10. Как различается процесс переваривания пищи у безжелудочных и рыб с желудком?

Глава 2.

Применение живых кормовых организмов в аквакультуре

2.1. Состав естественной пищи рыб

Питание в естественной среде обитания приносит организму гидробионтов все необходимые для нормальной жизнедеятельности элементы. В большинстве случаев натуральная пища рыб содержит большое количество протеина.

В таблице 2 по многочисленным исследованиям авторов (представленных в работах И.Б. Богатовой, И.Н. Остроумовой, М.А. Щербины, Е.А. Гамыгина) приведен химический состав естественной пищи рыб.

Уровень протеина в сухом веществе беспозвоночных организмов (за исключением гаммарид и моллюсков) колеблется в пределах от 54 до 70%. Высокой концентрацией белка (70–80%) характеризуются также и микроводоросли, служащие пищей организмам зоопланктона и некоторым видам рыб.

Таблица 2

Биохимический состав естественных кормов рыб

Объект	Влага, %	В сухом веществе, %			
		белок	жир	углеводы	зола
1	2	3	4	5	6
<i>Пресноводные беспозвоночные</i>					
Инфузории <i>Paramecia caudatum</i> .	-	58,0	32,0	7,0	3,0
Коловратки <i>Brachionus calyciflorus</i>	91,4	63,5	11,5	18,2	6,8
Ветвистоусые ракообразные					
<i>Daphnia magna</i> Обильное питание	89-90,8	50-61	6-7	20-25	13-18
Ограниченное питание	95-96	29-35	2	31	32-38
<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	87-92	53-55	0,6-6	26-27	12-21
<i>Moina macroscopa</i>	91-95	57-59	4-24	11-27	6-11

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Chydorus sp.	87-96	53-69	3-12	14-27	8-15
Веслоногие ракообразные					
Cyclops strenuous	86-90	43-61	16,2	12,3	8,6
Eudiaptomus zachariaei	88	60	-	-	-
Гаммариды Gammarus	79,2	48,7	7,7	15,6	28,0
Жаброногие ракообразные	86,9	49,1	16,7	-	21,9
Амфиподы (разноногие раки)	83,2	48,4	7,0	-	26,2
Мизиды	78,0	68,8	10,6	-	13,4
Личинки хирономид	87,2	56,2	32,0	2,3	9,0
Черви (Enchytraeus, Tybifex)	86,4	70,6	12,2	10,2	7,0
Моллюски (Lumnaea)					
Целиком	74,9	41,9	7,7	6,4	44,0
Тело без раковины	90,9	68,5	10,4	9,2	7,0
<i>Беспозвоночные морских вод</i>					
Зоопланктон тотальный					
Антарктики	83,1	69,2	5,8	21,6	3,4
Атлантики	85,1	64,7	6,2	22,3	6,3
Ветвистоусые ракообразные Черного моря	93,2	58,0	8,5	22,1	11,4
Веслоногие ракообразные Черного моря	90,1	64,4	7,6	15,2	10,2
Коловратки, культивируемые на морских водорослях	-	50,4	13,6	21,3	-
Науплии Artemia salina, полученные из яиц	89,0	63,0	22,0	-	9,0
Донные беспозвоночные (мидии, креветки, полихеты) Черного моря	82,4	48,0	11,5	27,0	12,6
<i>Микроводоросли</i>					
Диатомовые водоросли	89,6	34,7	7,0	15,6	43,1
Зеленые (протококковые)	94,7	46,0	14,0	32,0	8,0
Синезеленые	95,3	48,2	15,0	11,0	11,0
Культивируемые микроводоросли (сценодесмус, спироулина, хлорелла)	-	44-70	4-14	17-35	4-10

1	2	3	4	5	6
<i>Макрофиты</i>					
Ряска	30,0	19,0	2,2	57,6	21,2
Осока	64,7	15,0	3,4	74,0	7,6
Рдест	88,9	6,3	1,8	53,2	38,7
<i>Детрит</i>					
Из прудового зоопланктона	90,0	28,2	7,0	24,9	39,9
Из ряски	81,2	18,8	2,1	57,6	17,6
Из ложа пруда	72,1	6,1	-	6,9	87,0
Из высокоэвтрофированного озера	-	17,5	11,2	8,8	-

Из высшей водной растительности высокий уровень белка отмечается у ряски, однако его доступность достаточно низкая из-за присутствия большого количества трудноперевариваемой клетчатки.

По своему аминокислотному составу белок инфузорий, коловраток и более высокоорганизованных организмов зоопланктона достаточно сходен. Особенностью аминокислотного состава этих групп организмов является присутствие свободных аминокислот, общее количество которых варьируется в широких пределах от 0,6 до 18% сухого вещества (табл. 3).

Таблица 3

Аминокислотный состав белка у различных групп водных беспозвоночных, в % от белка (по И.Б. Богатовой, 1980)

Аминокислота	Инфузории	Коловратка	Дафния		Моина	Акария
	Paramecium coudatum	Brachyonus calyciflorus	Daphnia magna пруд	культура	Moina macroscopa	Acartia clausi
1	2	3	4	5	6	7
Лизин	4,7	12,9	2,9	3,6	7,5	6,8
Гистидин	3,2	1,8	1,9	3,1	2,1	2,4
Аргинин	7,1	0,6	1,9	2,8	6,6	5,4
Аспарагиновая кислота	10,7	2,4	3,7	7,3	10,7	11,3
Серин	4,2	2,0	2,2	5,2	5,7	4,1

1	2	3	4	5	6	7
Глицин	5,1	4,0	4,3	5,2	4,8	5,8
Глутаминовая кислота	12,8	9,6	4,5	6,1	12,7	11,9
Треонин	6,2	7,0	2,5	2,5	6,6	5,4
Аланин	6,5	2,6	2,3	5,3	6,4	6,8
Пролин	3,2	-	-	-	5,5	5,7
Тирозин	4,9	1,1	1,4	1,2	1,6	1,4
Метионин	1,2	-	-	-	-	-
Валин	6,7	-	-	-	4,2	5,6
Метионин + валин	4,8	4,8	5,7	4,5	-	-
Фенилаланин	6,3	2,9	6,1	7,1	-	-
Лейцин	-	-	-	-	7,8	6,9
Изолейцин	-	-	-	-	3,2	4,4
Лейцин+ изолейцин	14,4	12,4	5,6	6,3	-	-
Триптофан	1,2	-	-	-	-	-
Цистин	1,6	-	-	-	-	-
Цистин + метионин	-	-	-	-	2,0	2,9
Фенилаланин + тирозин	-	-	-	-	9,0	9,1

Артемия, наряду с некоторыми видами коловраток, используется как биологически полноценный корм при заводском выращивании личинок морских и пресноводных видов рыб. Ее использование в момент перехода на внешнее питание способствует нормальному развитию пищеварительной системы и становлению иммунитета. По сравнению с другими низшими ракообразными белок артемии в большей степени богат лизином, что считается положительным фактором при кормлении рыб.

Основная особенность липидов всех водных организмов является их высокая степень ненасыщенности. Ненасыщенные жирные кислоты обеспечивают текучесть жиров в условиях низких температур обита-

ния. Организмы естественной пищи рыб богаты фосфолипидами, а следовательно, ненасыщенными жирными кислотами.

Насыщенные жирные кислоты синтезируются всеми животными организмами, тогда как синтез ненасыщенных жирных кислот различен у разных видов. Рыбы, так же, как и другие виды животных, не способны синтезировать основные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) – линолевую и линоленовую. Эти кислоты являются незаменимыми (эссенциальными) для рыб и других животных. Эффективный синтез линолевой кислоты осуществляется некоторыми микроводорослями, которые и обеспечивают распространение ω 3 кислот среди зоопланктона и зообентоса, а затем по трофическим цепям – в организм рыб.

Выделяют морской и пресноводный типы жирно-кислотного состава липидов. Первый характеризуется наличием длинноцепочечных ПНЖК с 5 и 6 двойными связями семейства ω 3, что обеспечивается в первую очередь характером пищи. У пресноводных организмов во взрослом состоянии преобладают ПНЖК с 18 атомами углерода и 2–3 двойными связями, то есть собственно линолевая и линоленовая кислоты.

В таблице 4 представлен ориентировочный расчет энергетической ценности естественной пищи рыб (по И.Н. Остроумовой, 2012).

Таблица 4

**Энергетическая ценность питательных веществ
в естественной пище пресноводных рыб (обменная энергия)**

Пища	В % от общей энергии			Энергия 100 г сухого вещества	
	энергия белка	энергия жира	энергия углеводов	ккал	кДж
Зоопланктон	60,6	36,0	3,4	398,8	1671,0
Зообентос	61,8	34,5	3,7	334,2	1400,3
Рыбы	50,0	48,5	1,5	466,3	1953,8
Микроводоросли	59,0	26,1	14,9	297,6	1246,9
Высшие водные растения	30,6	11,7	57,7	170,0	716,1
Детрит	43,7	22,1	34,2	188,5	789,8

Основные питательные вещества, к которым относятся белки, жиры и углеводы, обеспечивают живой организм не только пластическим материалом, но и энергией. Большая часть энергии живых организмов представлена протеином, тогда как растительная пища (высшие водные растения) богата углеводами.

Рыбы получают минеральные вещества не только с пищей, но и непосредственно из воды через жабры. В большей степени это характерно для морских рыб, но и в организм пресноводных рыб поступает магний, натрий, калий, железо, цинк, медь, селен, если эти вещества присутствуют в воде. Фосфор содержится в воде в минимальных количествах, поэтому основной источник этого элемента – пища. В естественной пище рыб содержание кальция колеблется в широких пределах от 1 до 100 г/кг сухого вещества. У многих ракообразных органическое вещество панциря содержит соединения кальция. Соотношение кальция и фосфора у беспозвоночных разное и зависит от наличия внешнего скелета. Так, у организмов, имеющих панцирь или раковину, уровень кальция выше, чем фосфора. Гидробионты богаче фосфором, чем наземные растения.

Морские животные богаты натрием, хлором, йодом. В целом содержание микроэлементов у разных групп организмов зависит от их видовой принадлежности, обмена веществ, физиологического состояния и других факторов.

Естественная пища рыб богата витаминами. Витамин С (аскорбиновая кислота) в пресноводном планктоне содержится в меньших количествах, чем в морском. Витамин А в морском зоопланктоне отсутствует или содержится в минимальном количестве. Основным источником этого витамина для рыб – каротиноиды. Уровень витамина Е в зоопланктоне – 112–333 мкг/кг сухого вещества.

В заключение следует отметить, что искусственно культивируемые живые корма отличаются по своему химическому составу от выловленных в естественной среде обитания. Результаты создания технологий культивирования живых кормов отражены в работах И.Б. Богатовой, З.И. Шмаковой, А.Е. Микулина, Е.И. Аксеновой, Н.Н. Моисеева.

2.2. Выращивание и использование пресноводных водорослей

Водоросли имеют большое значение в жизни человека. Некоторые виды используются как продукты питания. Многие виды водорослей служат пищей для рыб и наземных животных. Из водорослей изготавливают различные вещества. Так, агар-агар, который получают из морских водорослей, используется в микробиологии, в кондитерской промышленности и других целях. Зола бурых и красных морских водорослей служит для получения йода. Применяют водоросли и в качестве удобрений. Отмершие водоросли входят в состав озерного ила – сапропеля, который с успехом используется как удобрение и в качестве минеральной добавки в рационах животных, птиц и рыб.

Распространены водоросли очень широко. Они встречаются как в морской, так и в пресной воде, в северных и южных регионах нашей планеты.

Из микроскопических водорослей наибольший интерес представляют хлорелла, сценедесмус и спиролина, но чаще выращивают только хлореллу (*Chlorella vulgaris*) (рис. 2). Эта одноклеточная водоросль, относящаяся к классу зеленых водорослей, достаточно широко распространена в природе. Хлорелла образует зеленый налет на сырой почве, коре деревьев, различных подводных предметах. В воде рек и озер она может находиться во взвешенном состоянии.



Рис. 2. Увеличенная клетка хлореллы

Форма клетки эллипсоидная или шаровидная. Размер обычно колеблется от 3 до 11 микрон, но у некоторых видов – до 23 микрон. Хроматофор чашевидный. Размножается только бесполым путем, образуя 2–4, реже 8 автоспор в каждой материнской клетке. Выход автоспор из материнской клетки, а значит, и продолжительность ее жизни, происходит через 8–48 часов в зависимости от условий выращивания. Нарастание биомассы идет очень быстро. Концентрация клеток в питательной среде может достигать сотен миллионов в 1 мл.

По количеству протеина хлорелла превосходит пивные дрожжи, соевую муку, сухое молоко. Важным является не только высокое содержание протеина, но и аминокислотный состав белков корма. В хлорелле есть все незаменимые аминокислоты и 10 заменимых. Сравнивая белки хлореллы с белками других кормов, можно сказать, что по этим аминокислотам она не уступает, например, гороху, дрожжам и даже мясной муке (табл. 5).

Таблица 5

**Содержание некоторых аминокислот
в белках разных кормов, г/кг**

Вид корма	Лизин	Метионин	Аргинин	Триптофан
Хлорелла	51,5	9,7	61,0	12,4
Мука люцерновая	10,1	2,0	8,3	3,1
Горох	13,4	8,16	14,2	1,1
Дрожжи кормовые	32,6	6,3	23,6	4,1
Рыбная мука	49,4	13,5	42,4	-
Мясная мука	31,0	5,2	33,1	5,8
Яйца куриные	8,2	4,3	8,2	2,1

Жиров в хлорелле накапливается 8–18%, но есть данные и о большем количестве. Жиры жидкие, так как в них много ненасыщенных жирных кислот. Жир – важная составляющая рационов животных. Особенно чувствительны к недостатку жира птицы и звери. Для зверей достаточно вводить в рацион 3–5 г сухой хлореллы, а для птицы – 2–3 г.

Хлорелла богата каротином, которого в ней в 3 раза больше, чем

в травяной муке, и в 500 раз больше, чем в молоке. Потребность животных в каротине зависит от вида, возраста и пола. Витамин С в хлорелле столько, сколько в лимоне, и в 100 раз больше, чем в молоке. Есть в хлорелле и витамины группы В (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12}).

Количество витаминов зависит от среды выращивания и штамма хлореллы. На минеральных средах в хлорелле накапливается больше витаминов, чем на органических.

В хлорелле 5,5–10% золы. В ней много фосфора, серы, магния. Хлорелла богата йодом.

Для нормальной жизнедеятельности хлорелле требуется определенная освещенность, температура, питание, обеспеченность углекислым газом, удаление погибших клеток. Кроме того, в культуральной среде следует бороться с потребителями хлореллы.

В качестве источников света в южных районах служит солнце и различного рода электролампы. Для нормального роста и размножения хлореллы интенсивность излучения колеблется от 700–2000 люкс и более. Отмечено, что чем выше температура среды, тем выше должна быть и освещенность. Освещенность обязательно должна чередоваться с темнотой.

В производственных целях используются мезофильные и термофильные штаммы хлореллы.

Для мезофильных штаммов температура среды должна быть 20–25°C, а для термофильных – 30–36°C. Чаще выращивают мезофильные штаммы хлореллы. Выращивание ведут как под открытым небом, так и в помещениях. Во втором случае температуру среды поддерживают с помощью различного рода нагревателей (электротены, горячая вода, пар и др.).

Питание хлореллы как растительной клетки автотрофное. Она нуждается в таких же элементах, как все растительные организмы: азот, фосфор, сера, магний, железо и др. В отличие от высших растений хлорелла хорошо растет в средах, различных по концентрации даже основных элементов минерального питания. В качестве питательной среды используют растворы минеральных солей и органики различного происхождения. В качестве минеральной среды чаще всего используют среду Тамия (табл. 6).

В литературе приводятся среды Прата, Кнопа, Майерса, Ягужинского, Ленинградского университета и др. Для производственных целей можно рекомендовать отечественную среду № 3: мочевины – 3 г/л, MgSO_4 – 7, H_2O – 0,75 г/л, KH_2PO_4 – 1,5 г/л, FeSO_4 – 0,01 г/л. Ее применяют в разбавлении в 10–50 раз.

Таблица 6

Состав среды Тамия

Основные вещества		Микроэлементы	
название	количество, г/л	название	количество, мг/л
KNO_3	5,0	H_2BO_3	1,4
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2,5	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	88,0
KH_2PO_4	1,25	FeSO_4	53,0
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,003	MnCl_2	14,0
Этилендиаминтетрауксусная к-та	0,037	Mo_3	6,0
Раствор микроэлементов	0,2-0,5	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	11,0
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	177	$\text{CO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5,0

Органические среды более сложные по составу. Исходными материалами для них служат отходы животноводческих ферм, куриный помет, фекалии, отходы рыбной промышленности, барда и др. При использовании органики для составления питательных сред хлореллы применяют разбавление ее не менее чем в 20 раз. Например, на 3 м³ воды берут 4 кг барды и 2,5 кг кукурузного экстракта, или в 20 л воды добавляют 3–3,5 кг навоза, настаивают, затем 3–5 л отстоя добавляют в 1 м³ воды. В проблемной лаборатории Новосибирского государственного аграрного университета для выращивания хлореллы применяли жидкую фракцию свиного навоза в разбавлении в 10 раз.

Важным условием хорошего роста хлореллы является обеспечение

ее углекислым газом. Углекислый газ добавляют в среду как в чистом виде, так и в смеси с воздухом. Подача может быть непрерывной и периодической. Если углекислый газ подается в чистом виде, то поступает он в среду периодически. Если же в смеси с воздухом (1–2%), то постоянно по 0,05 л/м³ в минуту. При использовании органики хлорелла хорошо растет и без подачи в среду углекислого газа.

Селектирование культуры хлореллы. При продолжительном выращивании хлореллы в емкости накапливаются оболочки материнских клеток и клетки с низкой продуктивностью. Происходит старение культуры. С целью предотвращения старения культуры применяют или полный сбор биомассы, или удаление оболочек материнских клеток. В последнем случае применяют селектирование культуры хлореллы. Для этого суспензия поступает через отверстие в дне культиватора в отстойник, где идет выпадение осадка. Верхние слои суспензии хлореллы с молодыми клетками возвращаются в культиватор. По мере необходимости осадок удаляют из отстойника. В данном случае культиватор может работать длительное время без пересевания культуры хлореллы.

Борьба с заражением культуры хлореллы. При выращивании хлореллы, особенно открытым способом и при использовании воды из естественных водоемов, в среде появляются такие организмы, как коловратки, которые быстро выедают хлореллу. Для борьбы с такими вселенцами применяют выращивание хлореллы в тонком (8–12 см) слое с хорошим перемешиванием, пар, формалин (1:10000), 5%-ный раствор хлорамина, 0,1%-ный раствор фенолята натрия.

Химический состав хлореллы подвержен значительным колебаниям в зависимости от условий выращивания. При выращивании хлореллы на минеральных средах в ней накапливается больше белка и каротина, а на органических – больше жира и углеводов. В условиях достаточного азотного питания в хлорелле более 50% по сухому веществу протеина, более 33% углеводов, до 5% жира и более 10% минеральных солей. Колебания по питательным веществам большие. По данным некоторых авторов, содержание протеина в хлорелле может достигать 77% по сухому веществу.

Для выращивания хлореллы используют емкости из различных материалов: кирпича, бетона, стекла, оргстекла, пластмассы, металла, дерева. Форма емкости тоже может быть различной. Каждая емкость должна быть оборудована устройством для перемешивания среды, стабилизации температуры, освещения и снабжения углекислотой.

Для перемешивания среды применяют механические мешалки, насосы, барботаж воздухом с углекислотой и др. Освещают культуру хлореллы дневным светом, другими источниками света. Температуру поддерживают с помощью света, горячей воды и различных нагревательных приборов.

Все устройства для выращивания хлореллы по конструктивным особенностям делят на четыре группы:

- закрытые циркуляционные;
- закрытые глубинные;
- открытые глубинные;
- открытые неглубинные.

Закрытые циркуляционные установки представляют собой стеклянные трубы различного диаметра в виде колец или батарей. Освещение как дневное, так и искусственное. Движение среды по трубам осуществляется насосами.

ВНИИбиотехники разработана установка из стеклянных труб в виде горизонтального змеевика. Движение суспензии осуществляется насосом. Освещение искусственное. Производительность до 50 м³ суспензии в сутки.

В Институте биофизики г. Красноярска стеклянные трубы установки для выращивания хлореллы расположены в виде вертикального змеевика, освещается установка с помощью ламп дневного света. Движение суспензии по трубам производится с помощью насоса.

В Новосибирском агроуниверситете разработана установка для поддержания маточной культуры в виде вертикальных тонких стеклянных труб, расположенных кольцеобразно. Внутри такого кольца находится лампа дневного света. Перемешивание среды производится путем периодической подачи воздуха.

Эти установки позволяют получать высокую плотность биомассы

хлореллы в единице объема и устраняют возможность заражения культуры различными вселенцами. Недостатком конструкции таких установок является сложность борьбы с обрастанием труб.

Закрытые глубинные установки представляют собой емкость (танк) с приспособлениями для перемешивания среды, освещения, поддержания температуры. Примером такой установки может служить танк-охладитель ТО-2000. Над ним установлены 4 лампы дневного света (ЛБ-40) и 2 лампы ДРЛ-400. Углекислый газ подается по трубам на дно танка. Перемешивание суспензии производится с помощью механической мешалки. Продолжительность достижения наивысшей биомассы хлореллы 3–4 дня. После этого все содержимое сливают и в танк подают питательную среду и необходимое количество маточной культуры. Можно ежедневно забирать часть суспензии и доливать такое же количество питательной среды.

В открытых глубинных установках качестве емкостей применяют аквариумы, ванны, бассейны. Слой суспензии не более 25–50 см. Перемешивают среду мешалками, насосами, воздухом. Освещение дневное или искусственное. Примером может служить установка из 168 аквариумов (Польша), расположенных в три этажа. Каждый аквариум имеет длину 50 см, ширину 30 см и высоту 34 см. Перемешивают среду с помощью воздуха. Освещение искусственное. В Японии применяют бетонные бассейны диаметром 3–20 м. Мешалки лопастного типа. Установлены бассейны под открытым небом. В 70-е годы XX в. в России использовались установки, подобные японским, производительностью 50 м³ в сутки.

Открытые неглубинные установки представляют собой лотки, каскады. Глубина слоя суспензии 5–25 см. Перемешивают среду с помощью насосов. Примером может служить установка Ленинградского университета. На ровной площадке устанавливают 4 доски на ребро. Между парными досками укладывают полиэтиленовую пленку. Получаются два лотка. Концевые части лотков соединяют пленочными рукавами. Получаются два сообщающихся лотка. По ним движется среда с помощью насоса. Скорость движения 9 л/мин. Продуктивность установки 2 г/л сырой биомассы хлореллы.

Содержание и выращивание маточной культуры хлореллы. Все операции по содержанию маточной культуры производятся в специальной лаборатории с соблюдением всех условий выращивания микрокультур. Штаммы хлореллы хранятся на твердых средах и регулярно пересеваются. Хранение производится в термостатах. Размножают маточную культуру определенного штамма на минеральных средах, соблюдая принцип постепенного увеличения объема культиватора. При этом соблюдают строжайшую санитарию помещений. Такая лаборатория может быть одна на несколько хозяйств. Устранение этого технологического звена выращивания хлореллы ведет к вырождению штамма и, в конечном счете, к его потере.

Выращивание товарной биомассы хлореллы. В установку наливают питательную среду, затем вносят маточную культуру хлореллы. Оптимальная начальная плотность хлореллы составляет 5–10 млн клеток в 1 мл. Несоблюдение технологических параметров ведет к срыву выращивания хлореллы. Достижение максимальной биомассы происходит в разное время в зависимости от плотности посевного материала, штамма хлореллы, питательной среды и др. В процессе выращивания товарной массы ежедневно подсчитывают количество клеток хлореллы в 1 мл. Вначале идет быстрое нарастание численности клеток. Затем их численность устанавливается на определенной отметке, следом идет падение численности клеток хлореллы.

Начинают собирать «урожай», когда число клеток в 1 мл начнет сокращаться. Биомасса хлореллы в 1 л при производственном выращивании обычно составляет 0,2–0,3 г. Это соответствует 100–200 млн клеток в 1 мл среды. Возможна и большая продуктивность. В производственных условиях продуктивность установки определяется объемом суспензии в сутки.

Для определения продуктивности выращивания хлореллы по сухому веществу ее отделяют от среды, затем сушат. Отделение клеток хлореллы от среды производят на центрифугах. Используют хлореллу в виде суспензии, пасты и в сушеном виде. Для получения пасты, кроме центрифугирования, применяют осаждение хлореллы. В Японии для осаждения применяют соли альгиновой кислоты, жженные квасцы,

кристаллические квасцы, гашеную известь, марганцово-кислый калий. Расход, например, гашеной извести составляет 0,5–1 г на 1 л суспензии. Расход 1%-ного известкового молока – 50–70 мл на 1 л суспензии. Полное осаждение хлореллы происходит за 4–6 часов.

При получении хлореллы не ежедневно, а периодически прибегают к ее хранению. Суспензию можно хранить до 10 суток. Пасту без консервации хранить нельзя. Для консервации пасты рекомендуется на 1 кг добавлять 7,5 г соляной кислоты и 30 г поваренной соли. При этом срок хранения достигает 8 месяцев. В сухом виде срок хранения хлореллы достигает нескольких месяцев.

2.3. Культивирование высших водных растений (на примере семейства ароидных)

Выращивание ряски. В условиях нашей страны ряска р. *Lemna* (рис. 3) встречается повсеместно, кроме полярных и высокогорных районов. Размножается ряска в основном вегетативным путем. Одно материнское растение дает до 20 дочерних. Зиму ряска переживает в виде особых почек, которые погружаются на дно, где находятся в состоянии покоя до весны. У некоторых видов в солнечную погоду наблюдается цветение. Образующиеся при перекрестном опылении семена переносят временное высыхание водоема. В водоемах нашей страны встречаются 4 вида ряски.



Рис. 3. Ряска трехдольная

Ряска малая (*Lemna minor*) — свободно плавающее растение. Пластинки маленькие, до 6 мм длиной и до 4 мм шириной. Растение с одним корнем. Эта ряска теплолюбива, но развивается не только на свету, но и в темноте; зимовку переносит хорошо. Размножается с ранней весны до поздней осени. Предпочитает водоемы, богатые питательными веществами.

Ряска трехдольная (*Lemna trisulca*). Имеет продолговатые пластинки длиной 3–10 мм, шириной 1,5–4 мм. Часто пластинки соединены по три. Эта ряска развивается в толще воды при 3–20°C в затененных водоемах с богатым количеством органических веществ. При жаркой погоде всплывает на поверхность водоема и цветет. Распространена в центральной части России.

Ряска горбатая (*Lemna gibba*). Она имеет пластинки длиной 1–5 мм и шириной 1–4 мм. Корни длиной до 15 мм. Часть растений корней не имеет. Эта ряска способна округляться за счет разрастания полостей, обращенных к воде. За что и получила название горбатой. Она развивается в затененных и освещенных водоемах при температуре 5–15°C, распространена от тропиков до более северных широт, чем другие ряски. В водоемах Европы встречается реже других рясок.

Ряска очень быстро размножается, давая огромные урожаи зеленой массы с единицы площади водоема. Она одинаково хорошо растет как в сухое, так и в дождливое лето. Так, в рыбхозе «Спартак» Курской области при регулярном удалении ее за сезон собирали для кормления рыбы 80 т/га. Западно-сибирские малые озера дают за лето 70–80 т/га зеленой массы ряски. При регулярном сборе за лето можно собрать до 100–150 т сырой массы с 1 га. По некоторым данным, суточный прирост ряски составляет 10–20% от общей массы. Лучше делать сборы каждые 5–10 дней.

Высокая урожайность обуславливается тем, что ряска состоит из фотосинтезирующих и размножающихся клеток. Имея малые размеры и покрывая поверхность водоема, ряска поглощает почти всю физиологически полезную солнечную радиацию. Ряска использует углекислоту как атмосферы, так и растворенную в воде. Все виды рясок усваивают не только минеральные вещества, но и элементы питания из растворенных в воде органических веществ.

Ряска отличается высоким содержанием протеина, количество которого значительно выше, чем в клевере или люцерне. В среднем в ряске 21–30% протеина, в клевере – 19,5%, в люцерне – 18%. Больше всего протеина в трехдольной ряске – 30%, в малой – 25,7%, в многокореннике – 20,9%. Наибольшее количество жира в малой ряске – 4,65%, в многокореннике и трехдольной – 2,7 по сухому веществу.

Для разведения ряски не нужно обрабатывать почву, сеять семена. Достаточно только регулярно ее собирать. С 1 га занятого рясковой водоема можно получить в 3 раза больше протеина, чем с такого же размера поля с горохом, бобами, викой и другими бобовыми культурами.

Кормовая ценность ряски определяется не только высоким содержанием в ней протеина, жиров и углеводов, но и минеральным составом.

Для ее быстрого роста вносят органику и минеральные удобрения. Ряска чувствительна к недостатку азота и серы. В тех водоемах, где она отсутствует, вносят ее по 100–500 г на 1 м². Чем больше будет внесено ряски, тем быстрее накопится нужное ее количество, после чего можно начинать ее регулярный сбор. Для разведения берут тот вид, который имеется в данном регионе. Предпочтение отдается трехдольной ряске. Если окисляемость воды ниже 15–20 мг/л, то вносят навоз крупного рогатого скота по 5 т/га в береговой зоне или по 10 т/га торфа. Ряска лучше развивается при систематическом удобрении водоема. Для получения 100–150 т/га биомассы ряски рекомендуется вносить на 1000 м в декаду 20 кг серно-кислого аммония, 3 кг аммиачной селитры, 5 кг суперфосфата, 100 кг извести, 1 кг серно-кислого магния, 4,8 г серно-кислого кобальта, 1 г бромистого калия, 4 г серно-кислой меди, 10 г серно-кислого никеля. Все это можно заменить органикой разного происхождения.

Выращивание вольфии. Вольфия (рис. 4) – это мельчайшее (диаметр 0,2–2 мм) из высших цветковых растений. Форма шаровидная или яйцевидная. Тело ее лишено дифференцировки на корень – стебель – листья. Тело вольфии состоит из ткани, сохраняющей зародышевую природу в течение всего периода вегетации.

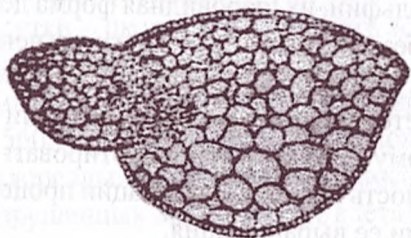


Рис. 4. Вольфия с дочерней клеткой

Вольфия – это как бы автономно существующая и размножающаяся меристемо-паренхиматическая растительная ткань. С точки зрения морфогенеза вегетативных органов растений, отдельные тела вольфии представляются метамерными элементами побега, отчленивающимися от вегетативной оси на 2–3-м этапе органогенеза и ведущими самостоятельное существование.

Вольфия полностью лишена сосудисто-проводящих пучков и опорных элементов, присущих в зачатке другим видам рясок. Тело вольфии – это как бы скопление паренхиматических клеток, осуществляющих и накапливающих питательные вещества. Эти паренхиматические клетки окружают группу меристематических клеток, которые находятся в непрерывном делении и образуют дочерние тела. Причем дочернее тело как бы выталкивается из материнского следующим дочерним телом. В это время оно уже содержит в выводковом кармане свои дочерние тела. У вольфии около половины клеток находится в состоянии роста и размножения, тогда как у других высших растений масса растущих и делящихся клеток составляет всего несколько процентов. В делящихся меристематических клетках любых растений протоплазма находится в состоянии повышенной биосинтетической активности. Ядерные вещества составляют значительную часть объема этих клеток. Они особенно богаты нуклеиновыми кислотами, различными ферментами и витаминами. Клеточные оболочки меристематических клеток содержат очень мало целлюлозы и являются по существу белковыми. В связи с этим вольфия является ценным кормом для питания молодых растущих животных, в том числе и рыб.

Мелкие размеры вольфии, их шаровидная форма делают ее доступной для молоди рыб без предварительного измельчения. Кроме того, мелкие размеры и их округлость препятствуют скучиванию растений, как это наблюдается у других рясок. У вольфии нет корней, как у других рясок, поэтому ее можно транспортировать по трубам, что обеспечивает возможность полной механизации процессов, связанных с заводскими методами ее выращивания.

Климатические условия на большей части территории нашей страны благоприятны для выращивания вольфии только в летний период. Зимовать вольфия не может. Она не образует, как другие ряски, зимних почек — турионов. Поэтому представляет интерес разработка культивирования вольфии в помещениях, в которых можно было бы сохранять в активном состоянии посевной материал до весны. В этих помещениях можно получать и биомассу вольфии для кормления рыб в зимний период, например, в бассейновых рыбоводных хозяйствах.

Вольфия обладает высокими кормовыми достоинствами. В сухом веществе вольфии 24,4% протеина, 3,4% — жира, 2,2% — кальция и 0,38% — фосфора. В сухом веществе содержится 0,65% лизина, 0,303% гистидина, 0,718% аргинина, 1,25% аспарагиновой кислоты, 0,55% треонина, 0,52% серина, 1,65% глютаминовой кислоты, 0,625% пролина, 0,66% глицина, 0,84% аланина, 0,84% валина, 0,19% метионина, 0,645% изолейцина, 1,2% лейцина, 0,45% тирозина, 0,8% фенилаланина. По этим показателям вольфия превосходит все зерновые корма и близка к бобовым. В отличие от зерновых кормов в ней мало клетчатки. Вольфию можно считать высокобелковым кормом.

В рыбоводных хозяйствах тропических стран вольфию выращивают в качестве корма для рыб в небольших водоемах или в отгороженных плавучими барьерами участках больших водоемов.

В России первоначальные попытки интенсивного размножения вольфии были проведены в лаборатории биофизики ИФ СО АН СССР. Среднесуточный прирост составил всего 2–3 г/м². Культура сильно поражалась синезелеными водорослями, грибами, инфузориями. В 1965 г. в лаборатории естественной кормовой базы ВНИИПРХ путем отбора и размножения высокопродуктивных штаммов удалось добиться

интенсивного роста вольфии, достигающего около 250 г сырой биомассы с 1 м² в сутки – около 10 г по сухому веществу. Выращивание велось при температуре 25–28°C.

Для выращивания вольфии используют круглые бассейны диаметром 1120–1560 мм с коническим дном, похожие на бассейны для выращивания хлореллы. Коническое дно способствует концентрации и удалению разрушенных материнских клеток, которые составляют 5–10% от общего прироста биомассы вольфии. Оптимальное освещение – это три зеркальные лампы по 300 ватт на 1 м². Минимальное освещение 100 ватт на 1 м². Питательной средой для выращивания вольфии служит среда Кноппа в разбавлении 1:4 с добавкой экстракта торфа или сточных вод.

Среда Кноппа (г/л): $\text{KJO}_3 - 0,1$, $\text{Ca(NO}_2)_2 - 0,01$, $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 0,02$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,1$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} - 0,0008$.

Растения плавают у поверхности культиватора в несколько слоев, образуя пласт толщиной 8–9 мм. Сырая масса этого пласта на площади 1 м² составляет 5–7 кг. В культиватор дополнительно подают углекислый газ очень мелкими пузырьками и постепенно, чтобы он не уходил в атмосферу. В массе вольфии он хорошо растворяется.

Растения в бассейнах постоянно перемешивают для предупреждения появления на них грибов, водорослей. Появление микроводорослей и грибов ведет к образованию комочков вольфии, после чего наблюдается ее гибель. В опытах лаборатории ВНИИПРХ использовались выюны по 2–4 экземпляра на 1 м². В промышленных условиях необходимо предусматривать мешалки или барботаж воздухом.

В технологическом отношении культивирование вольфии представляется более надежным и в некотором отношении более эффективным, чем выращивание хлореллы. При этом отделение ее от среды гораздо проще, чем хлореллы. Она также более устойчива к болезням.

Выращивание вольфии возможно и на органических средах. Проведен опыт её выращивания на воде из аквариумов с рыбами. Вольфию выращивали в кюветах по 140 см². Кювету устанавливали на аквариум. С помощью микрокомпрессора и эрлифта воду из аквариума подавали в кювету, а из нее она самотеком опять попадала в аквариум. Постоянная

подача воды в кювету способствовала перемешиванию вольфии. Освещали с помощью 100-ваттной лампы накаливания. Подача углекислоты отсутствовала. Суточная съемная биомасса вольфии составила 140 г в пересчете на 1 м². Сам процесс выращивания вольфии несложен. В первое время взвешивали вольфию раз в 5 дней. Взвешивали всю биомассу в кювете. После покрытия вольфией всей поверхности кюветы взвешивали ее ежедневно. После достижения максимальных приростов осуществляли суточный съем биомассы вольфии. При постоянном уровне питательных веществ в воде, поступающей в кювету, продолжительность выращивания вольфии практически не ограничена. В наших опытах выращивание вольфии продолжалось 6 месяцев.

В проблемной лаборатории по переработке отходов животноводства биологическим способом Новосибирского агроуниверситета вольфию выращивали в ваннах по 1,5 м² с селекторами. Селекторы служили для удаления осевших погибших материнских клеток. В качестве питательной среды использовали разбавленную в 20–30 раз жидкую фракцию стоков свиноводческих помещений. Среднесуточный съем сырой биомассы вольфии достигал 100–120 г/м².

Микробиологические исследования показали, что после промывки вольфии на ней нет патогенной микрофлоры.

2.4. Выращивание и использование простейших

Из множества простейших к настоящему времени сделаны попытки массово выращивать эвглену зеленую, вольвокс, тетрахимену, парамецию, дюналиелу. Эвглена зеленая из-за длительного цикла размножения и незначительных кормовых достоинств не нашла применения в практике рыбоводства. Вольвокс молодью рыб практически не потребляется, поэтому его разводят для лабораторных целей. Тетрахимену выращивают в основном для изучения токсичности воды, а не для кормления рыб. Под воздействием веществ, содержащихся в воде, тетрахимена изменяет свою активность. По степени изменения активности судят о степени токсичности воды. Дюналиелу выращивают также для изучения качества воды.

В питании личинок рыб в первые дни жизни большое значение имеет парамеция, или инфузория туфелька. При ее обилии в водоеме личинки рыб растут особенно быстро.

Парамеция (*Paramecium caudatum*), или инфузория туфелька, относится к подцарству простейших, типу ресничных, классу ресничные инфузории (рис. 5).

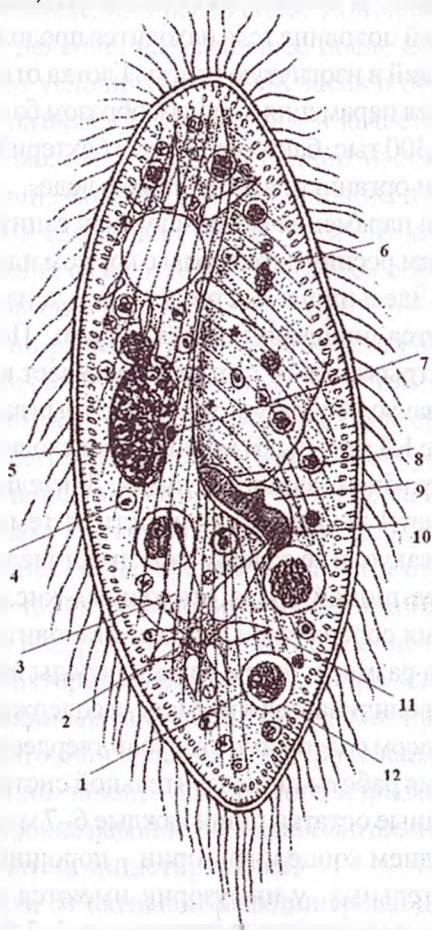


Рис. 5. Парамеция: 1 – пищеварительная вакуоль, 2 – сократительная вакуоль, 3 – приводящий канал, 4 – экскреторные тельца, 5 – макронуклеус, 6 – перистом, 7 – микронуклеус, 8 – ротовое отверстие, 9 – глотка, 10 – ундулирующая мембрана, 11 – трихоцисты, 12 – пелликула и реснички.

Длина тела парамеции до 500 микрон. Ее можно увидеть невооруженным глазом. В воде она представляет собой белую хаотично движущуюся точку. Все тело ее покрыто равномерными ресничками. Их насчитывается до 10–14 тыс. на одной особи. За счет колебания ресничек она движется и может даже прикрепляться к предметам. Это свойство инфузории использовано в технологиях по ее выращиванию. На брюшной стороне в передней половине тела находится продольная ямка, в ней клеточный рот, ведущий в изогнутую глотку. Глотка открывается прямо в эндоплазму. Питается парамеция главным образом бактериями. Она за сутки заглатывает до 300 тыс. бактерий. Кроме бактерий, она поглощает мельчайшие частички органики, взвешенные в воде.

В этом отношении парамеция может служить санитаром наших водоемов. Под действием ресничек ток воды с кормом идет в продольную ямку, а затем ко рту. Здесь пища поступает в рот, а из него – в глотку. В конце глотки имеется пищеварительная вакуоль. После заполнения вакуоли пищей она отрывается от глотки и поступает в эндоплазму. На месте оторвавшейся вакуоли образуется новая. Отрыв вакуолей происходит примерно каждые 1,5 минуты. В вакуоли происходит переваривание пищи. По существу это блуждающий желудок. Длительность переваривания пищи составляет 1–3 часа в зависимости от температуры среды.

При образовании вакуоли ее содержимое имеет щелочную реакцию. После заполнения ее пищей среда становится кислой, и бактерии погибают. В это время содержимое вакуоли становится твердым. Вакуоль уменьшается в размере. Затем реакция среды вновь становится щелочной, вакуоль увеличивается в размере, а содержимое становится жидким. Перед выбросом содержимое вакуоли твердеет и уменьшается. Наблюдается аналогия работы пищеварительной системы высших животных. Непереваренные остатки пищи каждые 6–7 минут выделяются через отверстие в заднем конце инфузории – порошицу.

Кроме пищеварительных, у инфузории имеются сократительные вакуоли. Сократительная вакуоль сокращается 3–3,5 раза в минуту. В 0,5 часа две вакуоли выбрасывают количество жидкости, равное объему парамеции. Поэтому парамеций можно считать очистителями наших водоемов.

Размножаются парameции путем деления на две части. При этом содержимое ядра делится пополам. Это позволяет инфузориям быстро увеличивать свою биомассу. Время от времени у парameций наблюдается половое размножение – конъюгация. При этом у сблизившихся особей сливаются ядра, затем идет их деление, переход частей ядра в инфузорию, и последние расходятся. Конъюгация длится около 12 часов. Простое деление, наступающее после конъюгации, протекает в зависимости от условий через 8–48 часов и более.

В практике разведения парameций в качестве корма используют дрожжи, сухое молоко, хлореллу, сенной настой, специально выращенных бактерий. Корм оказывает влияние на темп деления парameций. Важен не только вид корма, но и его количество и качество. При использовании сухого молока, дрожжей образуется масса разных бактерий, которыми и питаются инфузии.

Инфузии по-разному относятся к различным бактериям. Есть очень токсичные бактерии, токсичные, мало токсичные, неблагоприятные и благоприятные. В чистых культурах бактерий влияние их на инфузорию может быть очень велико. Чем разнообразнее состав бактерий в среде, тем меньше они оказывают влияние на парameций. Важными являются не только вид корма, но и его концентрация. Как недостаток, так и чрезвычайная концентрация корма дают отрицательный эффект. При недостатке пищи инфузии голодают, а при избытке погибают от создавшихся анаэробных условий. Установлено, что оптимальная концентрация бактерий в среде 0,2–0,8 млрд/мл.

Большое влияние на инфузорию оказывают продукты собственного обмена. В непроточной среде они быстро накапливаются и вызывают гибель парameций задолго до полного израсходования пищи. При определенном уровне накопления метаболитов инфузорию наблюдается конъюгация, а затем инцистирование.

В зависимости от активной реакции среды другие факторы могут иметь для инфузорию положительное или отрицательное значение. Оптимальное значение pH для парameций 6,8. Но они хорошо себя чувствуют при pH= 6,6–7. Они могут жить при pH= 4,68–9,13, но при этом плохо размножаются. Это надо учитывать при культивировании парameций.

Парамеции потребляют кислорода 21–56 тыс. мм³ в 1 час на 1 млн особей. Дыхание зависит от рН среды. Наиболее высокое оно при рН=6,6–7,6. В щелочной среде оно резко падает. В кислой среде снижение интенсивности дыхания идет медленнее. Увеличение дыхания зависит и от температуры среды, что характерно для всех пойкилотермных животных. Установлено, что постоянное поступление кислорода в среду позволяет резко увеличить нарастание биомассы инфузорий. Это тоже необходимо учитывать при выращивании парамеций.

Температура оказывает на парамеций огромное влияние. Их относят к эвритермным животным, но их размножение зависит от температуры. При температуре близкой к 0°C парамеции делятся раз в 18 суток. До 28°C темп деления увеличивается. Свыше 30°C темп деления снижается, а при 35–36°C полностью прекращается. При комнатной температуре парамеция делится раз в сутки, а при 29°C – 2 раза в сутки. Для парамеции оптимальной температурой следует считать 26–29°C.

Изучение условий жизни парамеции и ее биологии позволяет наметить пути создания культиваторов для получения наивысшей биомассы. В таких культиваторах температура среды должна поддерживаться на уровне 26–29°C при рН=6,8. В них обеспечивается постоянная подача кислорода и проточность для удаления продуктов обмена инфузорий. Лучшим кормом являются бактерии *Bacillus subtilis* и дрожжи. Подача корма тоже должна быть непрерывной. Кроме того, в культиваторе парамеции должны удерживаться от действия проточности.

В зависимости от целей выращивания парамеции культивируют двумя методами: периодическая и непрерывная культура.

Периодическая культура. Выращивают в бочках, баках, маленьких прудиках и т. д. Как правило, в среду не подают воздух, за исключением небольших емкостей. В емкость или пруд наливают воду и в нее добавляют корм. В прудах это органика разного происхождения. В небольшие емкости вносят дрожжи, сенной настой и др. В подготовленную среду помещают парамеции. При этом соблюдают правило постепенного увеличения объема, т. е. сначала парамеции выращивают в небольшом объеме, затем постепенно объем увеличивают. Следят за нарастанием биомассы инфузорий. Пробы берут ежедневно. Как только прирост

падает, начинают снимать «урожай». Контроль за нарастанием биомассы ведут по количеству парameций в 1 мл. В большинстве случаев максимальной плотности культура парameций достигает через 15 суток. Без подачи в культиватор воздуха плотность парameций достигает 1–4 тыс./мл, а при подаче воздуха – до 7 тыс./мл.

Непрерывная культура. Этот метод культивирования парameций осуществляется пропорционально-проточно и непропорционально-проточно. При пропорционально-проточном методе выращивания инфузорий в культиватор непрерывно подается среда с кормом. Такое же количество среды отводится за пределы культиватора. Концентрация парameций в самом культиваторе и отводимой среде одинакова. Этот метод позволяет увеличить плотность парameций в единице объема, но нерационально используется корм. Проточность не позволяет довести биомассу культуры до максимально возможных величин и тем самым тормозит промышленное получение живого корма.

Непропорционально-проточный метод культивирования инфузорий разработан В.Е. Коковой и Г.М. Лисовским. Этот метод позволяет получать живой корм в промышленных масштабах.

Выращивают парameций в специальном устройстве – реакторе. Он представляет собой емкость с конусным дном, внизу которого имеется сливной кран. В емкость вставлены радиально пластины из оргстекла для увеличения поверхности прикрепления инфузорий. В стенках реактора в донной его части имеются отверстия для эрлифтов. Число эрлифтов зависит от того, какую плотность культуры предполагают получить. Отводящую среду сливают через верхний патрубок. Стенки реактора непрозрачные, чтобы в среде не развивались микроскопические водоросли. Никаких подвижных частей в реакторе нет.

Работает устройство следующим образом. В емкость наливают воду. Из верхнего бака пища инфузорий в жидком виде поступает в реактор. Чистая термостатированная вода подается непрерывно из расчета 8–10 объемов культиватора в сутки. Кормом служат дрожжи, бактерии. Исходная суспензия дрожжей или иного корма составляет 10 млрд клеток в 1 мл. В реакторе плотность корма 0,1 млрд клеток в 1 мл или 1 г сухого вещества в 1 л. Аэрация среды при помощи эр-

лифтов круглосуточная. Наличие пластин в реакторе позволяет создать в нем плотность парameций до 14 тыс./мл и даже более. Продуктивность такого устройства при непропорционально-проточном методе культивирования парameций составляет до 20 г сырой биомассы с 1 л объема культиватора в сутки.

Суточную продуктивность реактора определяют по формуле 1

$$y = (X - B + Xi - Bi + Xn - Bn) / H \quad (1)$$

где: X , Xi , Xn – плотность культуры парameций в отдельном сливе, тыс./мл;

B , Bi , Bn – объем отдельного слива, мл;

H – объем среды в культиваторе.

Снимают продукцию несколько раз в сутки. Подсчитывают парameций в камере Богорова при разведении в 10, 100, 1000 раз в зависимости от плотности культуры под бинокулярной лупой. Фиксируют парameций в камере уксусной кислотой (3–4 капли на 10 мл).

Инфузории обладают высокими кормовыми достоинствами. Это высокобелковый корм для рыб. В сухом веществе парameций содержится 58,1% протеина, 11,8–19,9% жира, 4% углеводов и 3,4% золы. Полноценен и аминокислотный состав белков парameций. В них обнаружено всего 18 аминокислот, включая полный набор незаменимых. Например, лизина – 4,7%, метионина – 1,2%, триптофана – 1,2% от состава белка.

Простейшие играют большую роль в питании личинок рыб. Карповые, сиговые активно потребляют простейших на ранних этапах развития. Растительноядные рыбы в стадии личинки долгое время питаются простейшими.

По использованию парameций, выращенных в заводских условиях, у исследователей нет единого мнения. Большинство из них не рекомендует использовать парameции личинками карпа из-за трудности отделения их от среды, но после отделения от среды они являются прекрасным стартовым кормом.

Простейший способ отделения парameций от среды – это добавление

поваренной соли в собранную культуру. Парамеции быстро концентрируются у поверхности емкости и их можно сливать по отводящей трубке. В этом случае к личинкам рыб меньше будет попадать бактерий и грибов из среды парамеций.

2.5. Выращивание и использование круглых червей

Круглые черви являются хорошим кормом для молоди рыб из-за малых размеров. Они встречаются как в воде, так и в почве.

Коловраток относят к типу круглые черви (Nemathelminthes), классу коловратки (Rotatoria) (рис. 6). Долгое время их отождествляли с простейшими. Коловратки в естественных водоемах нередко составляют до 40% всей биомассы зоопланктона. Они обладают избирательностью питания. В основном они питаются микроводорослями, даже такими, как синезелены.

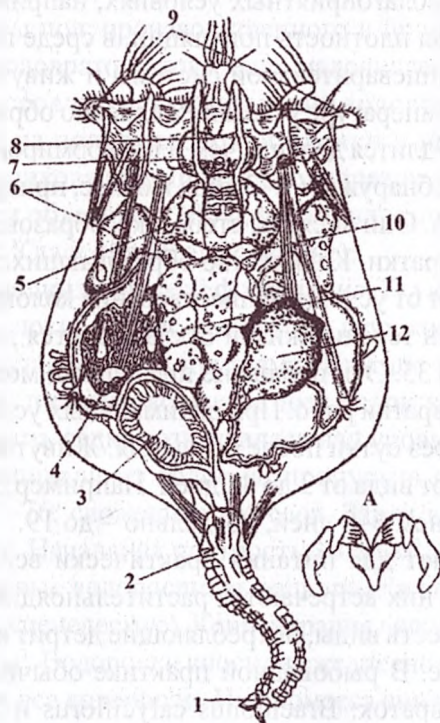


Рис. 6. Коловратка *Brachionus rubens*: 1 – «пальцы» ноги; 2 – «нож-ные железы»; 3 – кишка; 4 – гонада; 5 – жевательный желудок; 6 – мускулы-ретракторы переднего конца; 7 – ганглий (мозг); 8 – дорзальное щупальце; 9 – коловращательный аппарат; 10 – пищевод; 11 – желудок; 12 – яйца. А – жевательный аппарат

Тело коловратки покрыто тонким панцирем. Оно подразделяется на головной, туловищный отделы и ногу. На переднем конце головного отдела расположен состоящий из двух колец ресничек коловращательный аппарат, который служит для передвижения, захвата и продвижения пищи ко рту. Рот, окруженный венчиком ресничек, ведет в глотку, тоже покрытую ресничками. Глотка переходит в расширение, покрытое кутикулой и имеющее аппарат для перетирания пищи. В большинстве случаев пищеварительная система заканчивается анальным отверстием. Но у некоторых видов, например у аспланхны, анального отверстия нет, и непереваренные частички пищи выбрасываются через рот. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Функцию кровеносной и дыхательной систем выполняет жидкость, заполняющая первичную полость тела. Ногой коловратки прикрепляются к субстрату.

Коловратки размножаются в основном партеногенетически, т. е. без участия самца. Но при неблагоприятных условиях, например снижение температуры, высокая плотность популяции, в среде появляются самцы. Они не имеют пищеварительной системы и живут всего 1–2 дня. При оптимальной температуре у самки ежедневно образуется 1–2 яйца. Развитие зародыша длится дольше, чем идет формирование яйца. Поэтому у самок можно обнаружить 2–3 яйца и более, прикрепленных к нижней части туловища. Они висят на стебельке, образованном слизистыми клетками коловратки. Количество образовавшихся партеногенетических яиц зависит от условий существования коловраток. Так, у *Brachionus calyciflorus* в течение жизни откладывается до 14 яиц, а у *Brachyopus rubens* – до 35. Эти цифры не предельны, может быть и больше. Созревают коловратки рано. При оптимальных условиях первые яйца появляются через сутки после рождения. Живут коловратки недолго. В зависимости от вида от 3 до 42 дней. Например, *Brachionus calyciflorus* живет в среднем 6–8 дней, предельно – до 19.

Коловратки используют для питания практически все кормовые ресурсы водоема. Среди них встречаются растительноядные, питающиеся фитопланктоном, есть виды, потребляющие детрит и бактерий, есть хищные и всеядные. В рыбоводной практике обычно разводят растительноядных коловраток: *Brachionus calyciflorus* и *Brachionus*

gubens. Растительная дробь коловратки отфильтровывают из воды микроскопические водоросли; протококковые, сценедесмус, диатомовые. Суточный рацион этих коловраток достигает 100–500% по сухой массе и колеблется от 21 до 572% по сырой массе. Высокие суточные рационы объясняются избыточным питанием, высокой скоростью роста и размножения коловраток. Из съеденного корма коловратки усваивают 40–80%.

Многие коловратки выдерживают резкие колебания температуры. Так, *Brachionus calyciflorus* не погибает при температуре 81°C. Оптимальной температурой следует считать 18–23°C. Эти растительная дробь коловратки могут жить в солоноватой воде соленостью 5–6‰ и даже до 8‰. Эти два вида размножаются при солености воды до 2‰. Представители рода брахионус выносят колебания pH в широких пределах: от 4,5 до 11,0, но оптимум – 7–10. Они могут жить при содержании кислорода до 2 мг/л, но оптимум – более 4–6 мг/л.

Примеры полупроизводственного и производственного культивирования коловраток пока еще малочисленны.

При массовом культивировании коловраток используют бассейны, садки из полиэтиленовой пленки и небольшие прудики. Так, В.В. Овинникова выращивала коловраток в садках из полиэтиленовой пленки объемом в 200 л, установленных в водоеме-охладителе ГРЭС им. Классона (Подмосковье).

Садок цилиндрической формы (рис. 7) укреплялся в каркас из толстой проволоки. Каркас состоял из двух колец, соединенных между собой металлическими прутьями. Нижние концы прутьев выходили за пределы нижнего кольца, и ими садок крепился ко дну водоема. Верхняя часть садка возвышалась над уровнем воды в водоеме. Воду в садок наливали из водоема, пропустив предварительно ее через сито № 70–76, сложенное в 4 слоя. Затем в садок вносили культуру коловраток. Начальная плотность 3 млн/м³. Кормом для них служили протококковые водоросли, выращенные в специальном культиваторе (хлорелла, сценедесмус). Концентрация водорослей в садке составляла 275–350 г/м³. Водоросли вносили ежедневно. За сутки коловратки выедали почти все водоросли. Их биомасса снижалась до 1,0–1,5 г/м³. Без

отлова численность коловраток достигала в конце цикла 149 млн/м³, а биомасса – 547 г/м³. При ежедневном сьеме от 26 до 72% биомассы коловраток их общая биомасса в садке составляла 604 г/м³, а суточная сьемная продукция – 425 г/м³.

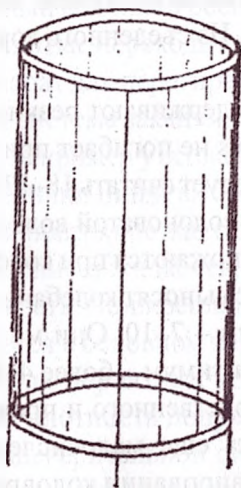


Рис. 7. Садок для выращивания коловраток

В.Е. Кокова предложила новый способ выращивания коловраток в непропорционально-проточном режиме в специальных реакторах. Объектом разведения служила филодина. Культура содержалась в цилиндрическом культиваторе на водопроводной воде. Для увеличения площади прикрепления коловраток в емкость вставлялись радиально расположенные пластины из оргстекла. Вынос продуктов обмена коловраток осуществлялся за счет проточности. Вместе с водой в культиватор поступал и корм. Для создания оптимального газового режима содержимое культиватора перемешивалось с помощью эрлифта. Культура освещалась лампой дневного света, вставленной в центр культиватора.

В качестве корма применяли хлореллу и прессованные дрожжи. Лучше коловратки росли на хлорелле. Корм со средой поступал в реактор из бассейна, расположенного над реактором. Излишки среды удалялись через верхний сливной патрубок. После удаления из них коловраток они стекали в канализацию. Плотность коловраток опре-

деляли раз в сутки. Подсчет вели в камере Богорова после предварительного разбавления. Самая высокая плотность коловраток (70 тыс./мл) оказалась в опытах при концентрации хлореллы в среде 20–80 млн/мл. Оптимальная температура среды составила 23–27°C. Суточная съемная продукция составила от 3,2 до 18 г/л сырой биомассы в сутки. На основании опытов разработаны промышленная установка и технология выращивания коловраток.

Культиватор состоит из цилиндрической емкости с конусным дном объемом 10 л. Внутри этого цилиндра установлены радиально пластины из оргстекла. В центре цилиндра вставлена трубка из оргстекла, в которую помещена лампа дневного света. Корпус цилиндра двухстенный. Это сделано для того, чтобы избежать колебаний температуры в самом культиваторе. Культиватор оборудован эрлифтами, с помощью которых среда в культиваторе перемешивается и обогащается кислородом. Скорость подачи воздуха 1 л/мин.

Средой служит водопроводная отстоянная вода. В качестве корма используются хлорелла или дрожжи. В суспензии хлореллы число клеток должно быть 80–100 млн/мл. Подача среды – 2 объема культиватора в сутки. Концентрация хлореллы в культиваторе 40 млн/мл. Коловратки в среде находятся во взвешенном состоянии, но большинство прикрепляется к стенкам и пластинам. Раз в сутки производится слив по 0,1–0,2 объема культиватора. Перед этим культиватор встряхивают, чтобы коловратки с пластин перешли в среду.

Плотность коловраток в культиваторе достигает 19 тыс./мл. Ежесуточная продукция сырой биомассы достигает 20 г/л или 20 кг/м³. Это в десятки раз больше, чем в садках, бассейнах или прудиках. Один культиватор емкостью 10 л способен в сутки выдавать 200 г коловраток. Этого количества достаточно для кормления 200–250 тыс. личинок карпа.

Нематоды относятся к круглым червям. Количество представителей этого класса огромно. Из них не менее 25 тыс. видов ведут свободный образ жизни, обитая на дне водоемов. Они питаются органическими остатками. До 1 тысячи видов нематод приспособились к паразитическому образу жизни в организме животных (ракообразные, насекомые, моллюски, рыбы, амфибии, птицы, млекопитающие) и даже человека.

Нематоды – космополиты. Часть нематод может жить в горячих источниках. Зимой часть нематод ведет активный образ жизни.

Некоторые представители нематод имеют определенное значение в рыбоводстве, особенно для молоди на ранних этапах развития. Для разведения используют нематод, относящихся к роду *Panagrellus* (рис. 8). Это свободно живущие формы, широко распространенные в природе. Эти нематоды под названием микрокорм широко используются европейскими аквариумистами.

Нематоды (*Panagrellus redivivus*) – это мелкие черви, длина тела которых 0,18–2,63 мм, молочно-белого цвета, находящиеся в постоянном движении. Тело сильно удлинено, задний конец заострен. Тело покрыто гладкой кутикулой и лишено каких-либо придатков. Эти нематоды очень выносливы. При температуре 6–10°C они теряют подвижность, их рост и развитие останавливаются, прекращается размножение. Восстановление всех функций происходит при 2°C. Температурный максимум отмечен при 20–25°C. Переносят они 27–29°C, но культура быстро угасает. Оптимумом следует считать 22–23°C.

Для нематод характерно наличие высокой влажности, но они выдерживают постепенное высыхание. Отмечено, что подсушенные нематоды данного вида не погибают в течение нескольких месяцев. Особенно если их хранить при низких температурах. Молодые особи лучше переносят высыхание. Нематоды выдерживают резкие колебания pH среды. Наиболее быстрый рост наблюдается у них при pH = 3,4–4,2. Нематоды стойки к освещению. Степень освещенности не влияет на

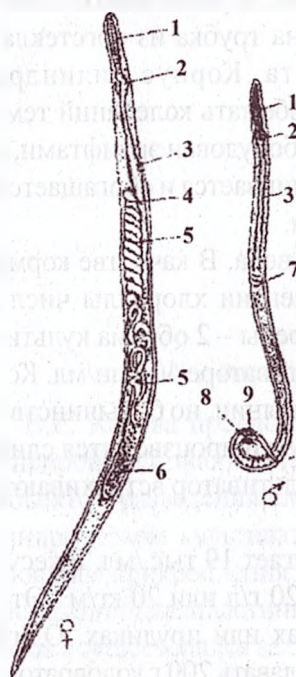


Рис. 8. Нематода *Panagrellus redivivus*: 1 – глотка, 2 – глоточное вздутие, 3 – кишечник, 4 – матка, 5 – эмбрионы на ранних стадиях развития, 6 – яичник, 7 – семенник, 8 – спиккулы, 9 – клоака

размножение и рост. Нематоды не могут жить в полностью анаэробных условиях. При очень низком содержании кислорода они выползают на стенки сосудов.

У нематод хорошо выражен половой диморфизм. Самцы меньше самок. У них стройное тело и загнутая хвостовая часть. Половой аппарат занимает все пространство между стенками тела и кишечника. У самцов он представлен непарным семенником, переходящим в семяпровод. Семяпровод открывается в клоаку, в которой расположен дополнительный элемент полового аппарата – две хитиновые спикулы. Во время совокупления спикулы выдвигаются наружу и вводятся в женское половое отверстие для его расширения. В теле самки хорошо просматриваются непарный яичник и широкая матка, заполненная яйцами и эмбрионами. В популяции соотношение самцов и самок 1: 3,75.

Развитие яиц происходит в матке. Порции оплодотворенных яиц поступают в матку каждые сутки. При 20°C развитие яйца завершается через 2–2,5 суток. Затем эмбрион становится подвижным и покидает матку. Чем крупнее самка, тем больше появляется яиц и эмбрионов. При 20°C отрождение молоди происходит каждые 1–1,5 суток. У особей, размножающихся впервые, эмбрионов в помете 7–19, у старых и крупных – до 42. За 20–25 дней самка дает до 15 пометов общей численностью до 300 потомков.

Наиболее интенсивно растут нематоды первые 3 дня. К этому времени происходит их половое созревание. Нематоды рождаются длиной 0,19–0,29 мм, диаметром 0,013–0,016 мм. При 20°C к концу первого дня размер червя увеличивается в 3 раза, а на 3–4-е сутки – в 5–6 раз. В возрасте 3 дней при длине тела 1,1–1,65 мм около 90% особей достигают половой зрелости. Остальные созревают через сутки. Рост сопровождается несколькими линьками. Их до полового созревания бывает 4. После наступления полового созревания рост резко замедляется, но не прекращается в течение всей жизни. Живут нематоды недолго. При 20°C до полового созревания доживают 67–100%. Чем выше температура, тем меньше живут нематоды. При 20°C через 44 дня в популяции уже нет старых особей.

Наращение биомассы червей идет очень быстро. При температуре

среды 20°C и начальной плотности 300–350 особей в 1 см³ через 10 суток численность популяции возрастает в 400 раз, а биомасса – в 7–8 раз. При частичном обновлении субстрата за последующие 30 суток популяция достигает численности 450–500 тыс./см³ при биомассе 1,41 мг/см³. Данная плотность является предельной для нормального существования нематод. В этом случае поверхность субстрата превращается в компактный слой живых нематод, в массе выползающих из субстрата. При такой численности популяция живет недолго. На рост популяции оказывает влияние температура.

В нематодах содержится 76% влаги, в сухом веществе 40% протеина, 19,9% жира.

Питаются нематоды разлагающейся органикой. Культивируют их или на почвенном субстрате, куда вносят корм, или непосредственно на корме без почвенного субстрата. Последнее предпочтительнее. В качестве субстрата используют заваренные зерновые культуры, разваренные овощи. К этим кормам целесообразно добавлять немного молока. Для массового культивирования нематод рекомендуются среды из овощей или ячменной муки и фуражного зерна. Субстрат должен быть густым. На жидком субстрате развивается бактериальная пленка, подавляющая развитие нематод.

Для приготовления среды берут 150 г овсяной крупы или 200 г овсяной муки, или 300 г фуражного овса, или 250 г ячменной муки и помещают в 1 л кипящей воды. Фуражный овес проваривают 40–45 минут, остальные продукты – 7–10 минут. Полученную среду раскладывают в кюветы слоем 1–1,5 см. Материал для кювет различный. Наиболее удобны эмалированные кюветы размером 33×43 см.

В каждую кювету помещают 1,5–2 л среды. На ее поверхность вносят культуру червей из расчета 300 экз./см² или 350–400 мг на одну кювету. Кюветы помещают на стеллажи, закрыв их стеклом. Оптимальная температура 18–20°C. Возможно выращивание и при более низкой температуре. При 18–20°C культура созревает через 10–11 дней, достигает максимума через 15 дней и начинает угасать через 35–40 дней.

Регулярная подкормка, начиная с 20–25-го дня сухими овсяными хлопьями из расчета 300–500 г/м² позволяет продлить срок существования культуры до 3 месяцев и более. Для отбора червей в кювету

помещают брусочки с гладкой поверхностью. Нематоды выползают на них и их затем лопаточкой счищают с брусочков. Среднесуточная продукция составляет по этой технологии до 75 г/м^2 .

Нематод можно заготавливать впрок. Для этого их высушивают и хранят при низких температурах до 1,5–2 месяцев. Это позволяет накопить нужную биомассу ко времени массового получения мальков рыб в рыбоводном хозяйстве.

2.6. Культивирование олигохет

Олигохеты относятся к типу кольчатых червей, классу малощетинковые кольчецы (Oligochaeta). Среди олигохет встречаются как водные, так и наземные представители. Известно около 2500 видов олигохет. Размеры малощетинковых червей колеблются от нескольких сантиметров до 2 м. Значение олигохет огромно. Питаясь растительными остатками, они очищают дно водоемов и почву.

Водные олигохеты представляют большую ценность в питании многих видов рыб. Они обитают на дне водоема или в толще иловых отложений, заселяя их на глубину до 5–7 см. Рыбы-бентофаги, роясь в иле, добывают их в больших количествах. Численность олигохет в естественных водоемах огромна – до 25 тыс./м^2 , или 10 г/м^2 биомассы. В южных водохранилищах численность олигохет может достигать 373 тыс./м^2 , или 166 г/м^2 биомассы. Короткий цикл размножения, скороспелость позволяют водным олигохетам накапливать большое количество биомассы на единице площади. Изучение питания рыб олигохетами показывает, что в составе пищевого комка в зависимости от вида и численности олигохеты занимают от 14 до 100%. Переваримость их рыбами высокая. Например, сеголетки карпа полностью их переваривают за 1,5–2 часа. Олигохеты не только служат пищей для рыб, но и играют важную роль в разложении органического вещества на дне водоемов, что увеличивает скорость круговорота питательных веществ в водоеме.

Попытки разводить водных олигохет предпринимались давно. Разводили мелких олигохет в аквариумах и чашках Петри на иле, взятом

из аквариумов. Кормом служили листья салата и настой из бактерий. Слой воды составлял 2,5 см. Воду меняли 2 раза в неделю. Такой способ выращивания олигохет пригоден для кормления аквариумных рыб.

Разводили и крупных водных олигохет – трубочников. Их помещали в чашки с песком. Кормили дрожжами и отваренными растительными кормами. Установлено, что водные олигохеты поедают и хорошо переваривают растительные корма и мелких животных. Бактерии и живые водоросли они заглатывают, но не переваривают.

Из всех представителей водных олигохет на сегодняшний день наиболее перспективными являются трубочник (*Tubifex tubifex*) и аулофорус (*Auloforus fureatus*). Разработаны и полупромышленные технологии их выращивания.

Трубочник (рис. 9) широко распространен и встречается в водоемах различного типа. Особенно в больших количествах он населяет загрязненные органикой водоемы. Это довольно крупный червь. Длина тела достигает 10 см. Окраска красноватая с желтым оттенком.



Рис. 9. Трубочник

Половая зрелость наступает через 2–3 месяца после рождения. Продолжительность жизни до 4–6 лет. Как все кольчатые черви, откладывает коконы. В искусственных условиях за один раз откладывает до 10 коконов. В коконе от 1 до 8 яиц. Развитие зародышей при комнатной температуре продолжается 15–18 суток. Взрослые черви в аквариальных условиях размножаются 4 раза в год. Потенциальная продуктивность этих 4 поколений может составлять 8–10 млн экземпляров.

Питается трубочник разложившейся органикой. Передняя часть тела обычно погружена в иловые отложения, концевая же находится в воде, совершая колебательные движения. Трубочники оказывают большое влияние на донные отложения в водоеме. Есть сведения о том, что в некоторых озерах на 1 м² вынос ила водными олигохетами достигает 12,5 кг по сухой массе. Пропуская через свой кишечник ил, трубочники тем самым способствуют утилизации имеющейся на дне органики.

Трубочник, наряду с другими водными олигохетами, является прекрасным кормом для рыб. При массовом его выращивании или добыче в естественных водоемах он может быть использован и для кормления других животных. Кормовая ценность трубочников довольно высокая, в сухом веществе его 46,2% белка, влаги около 83,75%. Трубочник не требователен к высокому содержанию в воде кислорода. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Трубочника можно отнести к эвритермным животным. Он может размножаться при температуре даже 1–4°C, но при этом все процессы развития очень замедлены. Верхняя температурная граница для него 38°C.

Существующие способы выращивания трубочника еще не стали промышленными, но при соответствующем оборудовании можно получать значительную биомассу. Выращивают этих червей с использованием речного и озерного ила. Поверхностный ил промывают через частое сито для удаления посторонних животных и грубого детрита. Через 2 месяца хранения ил снова пропускают через сито для удаления вышедших из коконов червей. Субстрат готов для выращивания трубочников.

Готовый субстрат раскладывают по кюветам размером 40×40×4 см. Толщина ила в кювете 3,5 см. В каждую кювету входит 4 л. Кюветы располагают по стеллажам. Плотность посадки взрослых червей 1 экземпляр на 10 см². При этом каждый червь может дать до 35–40 потомков. Плотность посадки может быть увеличена при регулярной подкормке червей.

Через определенное время содержимое кювет промывают. Взрослых червей вновь помещают в кюветы с илом, а коконы и молодь забирают для кормления рыб. В летнее время трубочников можно выращивать

вне помещения в ящиках, бассейнах и т. д. Внутри этих емкостей укладывают пленку. Выращивание производят на речном или озерном иле, приготовленном так же.

Трубочника можно хранить длительное время в кювете с тонким слоем воды. Для этого надо менять воду не менее одного раза в день и раз в неделю подкармливать молоком. Содержать червей в этом случае следует в прохладном помещении.

Мелкий представитель водных олигохет – *аулофорус фуркатус* (рис.10) является хорошим стартовым кормом для молоди многих видов рыб. Длина взрослого червя не более 10–20 мм при толщине до 0,2 мм. Столь малые размеры делают его пригодным для скармливания личинкам рыб почти с первых дней жизни. Обитатель илистых грунтов, аулофорус питается детритом и способен выдерживать большие скопления на небольшом участке водоема.

В отличие от многих водных олигохет, аулофорус дышит при помощи специальных жаберных выростов, расположенных на концевой части тела. Цвет тела красновато-желтоватый. Плавают аулофорусы при помощи горизонтальных сокращений мускулатуры стенок тела. За такой способ плавания их иногда называют водяными змейками. Размножение в основном бесполое, путем деления на 3–5 частей, что выгодно отличает аулофорусов от других олигохет.



Рис. 10. Аулофорус

Значение аулофорусов как стартового корма для молоди рыб определяется не только малыми размерами, но и высокими кормовыми достоинствами. Выращенные на гранулированном рыбном комбикорме, они содержат в пересчете на сухое вещество 58,7% протеина, 14,5% – жира, 4,53% – золы, 0,885% – фосфора и 0,612% – кальция. По составу аминокислот белки аулофорусов полноценны, так как содержат все незаменимые аминокислоты.

Аулофорусы – высокопродуктивные организмы, способные быстро накапливать биомассу. Специальные исследования показали, что оптимальная температура для аулофорусов находится в пределах 26–30°C. В связи с тем, что аулофорусы являются теплолюбивыми организмами, удвоение их биомассы зависит от температуры воды, что необходимо учитывать при организации промышленного их выращивания. Так, удвоение биомассы при температуре 26°C происходит через 4 суток. Колебания температуры нежелательны.

Аулофорусы довольно требовательны к содержанию в воде кислорода. Оптимум находится в пределах 6–7 мг/л.

У данных червей наблюдается определенная избирательность в питании. Они лучше растут на рационах, богатых животной органикой.

Выращивание аулофорусов достаточно просто и технологично. Для этой цели лучше использовать специальные культиваторы. В культиватор подается чистая термостатированная вода. Важным является постоянство температуры воды. Расход воды в начале работы культиватора небольшой, по мере нарастания биомассы он увеличивается до 8–10 объемов в сутки. При наличии необходимого количества биомассы аулофорусов их помещают в кассеты вместе с кормом 1:1. Начальная зарядка 25 г/м. При этом культиватор выходит на рабочий режим через несколько дней. При недостатке маточной культуры заряжают вначале одну кассету. После непродолжительного времени аулофорусы покрывают кассету и начинают перемещаться на стенки культиватора. В это время ставят новую кассету с кормом. Процесс повторяется. Как только все кассеты будут заселены аулофорусами, начинают регулярный съем биомассы. Число кассет зависит от предполагаемой съемной биомассы аулофорусов.

Процесс съема биомассы несложный: прекращают подачу воды в культиватор, очищают щеткой стенки культиватора, заряжают кассеты кормом. С кассет аулофорусов не счищают. После установки кассет в культиватор сливают осадок через донный вентиль в плоскую кювету. В кювете толщина осадка должна быть не более 3–4 см. На поверхность осадка в кювете укладывают капроновую сетку с ячейей 0,8–1 мм. Через 0,5–1 час все аулофорусы соберутся на сетке. Ее поднимают, и

содержимое помещают в чистую воду. В воде аулофорусы собираются в большие комки. Их промывают и затем скармливают молоди рыб. Операции по съему биомассы аулофорусов и закладке нового корма производят раз в 2–3 дня. Суточная съемная биомасса аулофорусов достигает 2 кг/м. Хранить аулофорусов можно всего несколько суток.

Аулофорусов в неизмельченном виде личинкам карпа можно скармливать с 5–7-дневного возраста. Личинкам лососевых, осетровых, тилляпии скармливать аулофорусов можно с перехода на смешанное питание.

Из множества наземных малошетиновых червей или олигохет чаще всего выращивают белого земляного червя (*Enchytraeus albidus* Henle) и дождевых червей из семейства Lumbricidae.

Белый энхитрей (рис. 11) в природных условиях встречается в почве, побережье водоемов. Он распространен достаточно широко, но чаще встречается в культурных, обработанных почвах. Его использование в качестве корма для рыб было предложено А.А. Протасовым еще в 1945 г. Им же были даны основные биотехнические нормативы по его культивированию. В дальнейшем ряд исследователей изучали биологию этого червя и совершенствовали биотехнику его разведения.



Рис. 11. Белый энхитрей:

а — кокон с яйцами, б — выход молодых червей из кокона

Тело червя молочно-белого или желтоватого цвета разделено на сегменты. В условиях культивирования он достигает 4,5 см. На всех сегментах, за исключением переднего, находятся спинные и брюшные пучки щетинок. Вдоль всего тела тянется прямой кишечник. Спинной и брюшной кровеносные сосуды сообщаются на переднем конце тела

при помощи кольцевых сосудов. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Органы выделения (нефридии) расположены в каждом сегменте. Нервная система состоит из головного надглоточного ганглия и брюшной нервной цепочки. Светочувствительные и осязательные клетки находятся в поверхностных слоях тела.

Белый энхитрей, как и все олигохеты, гермафродит. Размножение перекрестное. Развитие яиц происходит в прозрачном коконе. Величина кокона зависит от размера червя. У мелких червей длина кокона 0,5–0,6 мм, у крупных – 1,4–1,8 мм. Кокон может быть бесцветным или окрашенным в желтоватый цвет. В почве к ним прилипают мелкие частички грунта, и они становятся похожими на мелкие комочки земли. Число яиц в коконе изменяется с возрастом и зависит от условий обитания. Кокон молодых червей содержат 9–12 яиц, зрелых – 20–25, при оптимальных условиях даже до 35. У старых особей в коконе 2–5 яиц.

Молодые особи откладывают яйца каждые 2–3 дня, в возрасте 5–6 месяцев – один раз в 7–8 дней. В течение жизни один червь откладывает до 45–50 кладок общей численностью до 1000 яиц. Развитие яиц при оптимальной температуре продолжается 8 дней. Из кокона молодые черви выходят через 12 дней после начала развития. Размер молодой особи, только что вышедшей из кокона, 1,0–1,5 мм при массе 0,1 мг.

Белый энхитрей интенсивно растет первые 20 дней. Половая зрелость наступает на 21–22-й день. Максимальная продолжительность жизни 8–9 месяцев.

Питаются энхитреи разлагающейся органикой растительного и животного происхождения. При прохождении через кишечник пища переваривается лишь частично. Более полное переваривание происходит в результате многократного пропускания пищи через кишечник.

Культивирование белого энхитрея возможно при температуре 8–25°C. Наиболее благоприятная для его жизнедеятельности температура 16–18°C. Он может существовать при нулевых и даже отрицательных температурах.

Для нормальной жизнедеятельности белого энхитрея большое значение имеют качество почвы, ее структура и влажность, присутствие в ней органического вещества. Лучшими почвами являются легкие и

среднесуглинистые, в которых наиболее благоприятные условия для газообмена и водного режима. Оптимальная влажность почвы хорошего качества 20–25%. При влажности 8–10% черви погибают. Более высокая влажность (35% и более) допустима при хорошем обеспечении кислородом. В условиях достаточного количества кислорода черви могут нормально развиваться и в воде.

Содержащееся в почве органическое вещество используется червями для питания, но оно может ухудшить кислородный режим при своем окислении. Особенно нежелательно загрязнение почвы продуктами разложения животных белков. Органически связанного азота в почве не должно быть больше 0,4%.

Одним из существенных факторов, определяющих возможность существования и уровень жизненных процессов белого энхитрея, является рН среды. Черви хорошо переносят колебания рН в пределах 5,3–7,2. Оптимальное значение этого показателя – 6,3–6,8. Эти черви относятся к типичным ацидофильным животным и не выносят сдвига рН в щелочную сторону. При рН= 7,7 они погибали в опыте через 2–3 часа.

Белый энхитрей характеризуется отрицательным фототаксисом и активно уходит из освещенной зоны в темноту, что связано с постоянным обитанием в почве при отсутствии света.

Производственное культивирование белого энхитрея осуществляется в специальном помещении – олигохетнике. Олигохетник состоит из основного помещения, в котором выращивают червей, кормокухни, где готовят для них корм, склада для хранения сухих кормов и отборочного помещения, в котором отбирают червей из грунта. Основное помещение, размеры которого обуславливаются масштабами культивирования, должно иметь хорошую отопительную систему и теплоизоляцию для поддержания в течение года температуры на оптимальном уровне. В южных районах следует предохранять помещение от перегрева. Для этого целесообразно использовать подвалы. В основном помещении нельзя производить никаких операций, связанных с нагреванием.

В кормокухне находятся плита, оборудование для приготовления необходимого количества пищи, разделочный стол, весы и вспомо-

гательное оборудование. Помещение должно иметь водоподачу и канализацию.

Помещение для отбора червей располагается рядом с основным. В нем должны быть стол с приспособлениями для отбора червей, весы и мойка.

Кормосклад должен быть изолирован от других помещений во избежание заражения червей в основном помещении клещами. Его оборудуют по типу складских помещений для хранения овощей и корма для скота.

Для выращивания энхитрея используются деревянные ящики площадью 0,2–0,3 м² и высотой 10 см. Грунт насыпают ниже краев ящика, так как основная масса червей держится обычно в слое земли толщиной 8 см. Нижние слои земли эти черви практически не осваивают. Наиболее пригодна структурная почва, которая при увлажнении не слипается в комки. В жирные, богатые перегноем почвы следует добавлять 1/3–1/4 часть песка. Засоленные и торфянистые почвы малопригодны. Лучше всего использовать культурные почвы с пашен, садов, огородов.

Червей вносят в подготовленные ящики с почвой вместе с землей или в отмытом от земли виде. В последнем случае зарядка составляет 100 г/м². Меньше этого количества вносить не рекомендуется.

Ящики помещают на деревянные стеллажи в 10–13 ярусов. Нижний ярус располагается на расстоянии 25–30 см от пола. Высота стеллажа 2–2,5 м. Эти параметры могут быть иными в зависимости от конкретных условий помещения. Однако приведенные размеры ящиков и стеллажей оправдали себя при массовом культивировании червей. Для нормального развития червей температуру, влажность, pH и другие факторы поддерживают на оптимальном уровне.

Червей регулярно подкармливают. Перед внесением корма рыхлят всю толщу грунта. В качестве корма при массовом культивировании энхитреид используют различные овощи, фрукты и их отходы, мучные сметки и другие мучные отходы, крупы, отруби, кормовые дрожжи, листья деревьев, траву и др. Наиболее употребительны овощи, мучные отходы, кормовые дрожжи. Овощи варят, пропускают через мясорубку или миксер и вносят в виде полужидкого пюре. В овощное пюре можно добавлять

10–20% мучных отходов. Мучные сметки вносят в виде жидкого теста. К ним рекомендуется добавлять 25–30% отрубей. Смесь мучных сметок и отрубей разводят из расчета 1 кг на 2 л воды, добавляют немного пекарских дрожжей и дают постоять. Перекисшее тесто вносить не следует. При повышенной влажности грунта вносят сухую муку. Кормовые дрожжи в такую почву вносят также в сухом виде. При нормальной влажности почвы кормовые дрожжи за 1–2 часа до кормления размачивают в теплой воде в пропорции 1 кг сухих дрожжей на 4 л воды.

Корм вносят в бороздки глубиной 4–6 см, расположенные на расстоянии 6–10 см одна от другой. После внесения корма бороздки засыпают землей слоем не менее 3 см. Корм вносят по мере его выедания червями. Обычно раз в неделю. Разовая норма внесения мучных отходов – 180–200 г (по сухой массе), овощей – 500–600 г (сырой массы), кормовых дрожжей (сухой массы) – 50–60 г на ящик площадью 0,2 м². Корм вносят по графику, соблюдая поочередное кормление червей в разных группах ящиков.

В культуре энхитреид могут появиться вредители и конкуренты. К их числу относят клещей, нематод, личинок насекомых и др. Довольно часто встречаются личинки мух. При массовом их развитии может произойти полная гибель культуры олигохет. Для защиты от нежелательных вселенцев ящики закрывают стеклянными или деревянными крышками. Корм хорошо проваривают. В крайнем случае, землю прогревают или полностью заменяют и производят новую зарядку чистой культурой червей.

При достижении биомассы червей 750 г/м² производят их сьем для кормления рыб. При отборе червей из земли используют их способность уходить от света или чрезмерного нагревания. Отбор производят в тот момент, когда черви съели весь корм, но еще не разошлись по ящику, а сконцентрировались в тех местах, где был корм. Землю для отбора червей берут из мест их высокой концентрации, насыпают в кювету и помещают под источник тепла или света. Черви уходят в нижние слои земли. Верхний слой осторожно снимают, а червей помещают в емкость для промывания. Снятый грунт помещают в новый ящик и вновь заселяют его червями.

При круглогодичном культивировании энхитреид и кратковременном выращивании молоди рыб большое значение имеет возможность длительного хранения червей. При длительном хранении их помещают в условия низких температур ($1-2^{\circ}\text{C}$), а концентрацию доводят до $5-7 \text{ кг/м}^2$.

Из множества живых организмов особого внимания заслуживают *дождевые черви*. Дождевыми их называют потому, что люди давно заметили их обилие на поверхности земли после дождя. Всего насчитывается около 150 видов дождевых червей, от небольших до настоящих чудовищ длиной более 2 м. В нашей стране их насчитывается около 100 видов. Питаются они разложившейся растительной органикой. Вместе с органикой черви заглатывают большое количество бактерий, водорослей, спор грибов, простейших, нематод. А количество бактерий в почве огромно. На 1 га их $5-10 \text{ т}$, а в навозных кучах еще больше.

В процессе переваривания растительных остатков в пищеварительном канале червей формируются гумусные вещества. Они отличаются по химическому составу от гумуса, образующегося в почве при участии только микрофлоры. В пищеварительной трубке червей развиваются процессы полимеризации низкомолекулярных продуктов распада органических веществ и формируются молекулы гуминовых кислот, которые образуют комплексные соединения с минеральными компонентами почвы (гуматы лития, калия, натрия – растворимый гумус и гуматы кальция, магния, других веществ – нерастворимый гумус) и долго сохраняются в почве в виде стабильных агрегатов (водоёмких, водостойких, гидрофильных и механически прочных). Поэтому деятельность червей замедляет вымывание из почвы подвижных питательных веществ и препятствует развитию водной и ветровой эрозии. В копролитах червей естественных популяций содержится $10-15\%$ гумуса в пересчете на сухое вещество. Кроме того, черви делают ходы в земле, мелиорируют ее. За лето популяция из 50 червей в пахотном слое на 1 м^2 прокладывает около 1 км ходов и выделяет копролитов на поверхность земли слоем 3 мм.

Каждый червь за сутки пропускает через кишечник количество почвы, равное его массе. Если средняя масса одного червя $0,5 \text{ г}$, то при

количестве 50 экземпляров на 1 м за сутки будет переработано 250 г почвы. В пересчете на 1 га это составит 250 кг. При длине лета 200 дней на 1 га будет переработано 50 т почвы. Приведенные данные говорят о том, что роль дождевых червей в почвообразовательных процессах огромна. Они создают плодородие почвы.

Не менее известна и кормовая ценность дождевых червей. Сравнительные данные показывают, что дождевые черви являются высокобелковым кормом, не уступающим в этом отношении другим кормам животного происхождения (табл. 7).

Таблица 7

Содержание питательных веществ в кормах животного происхождения, % от сухого вещества

Вещество	Дождевые черви	Молоко	Свинина	Говядина	Птица
Влага	8,0	9,0	7,0	8,0	7,9
Жир	10,1	30,0	50,3	50,8	18,3
Белок	69,1	26,1	30,0	28,0	60,0

Идея промышленного культивирования дождевых червей принадлежит американскому врачу Баррету. На собственной ферме он занимался разведением дождевых червей, выращивая их в деревянных ящиках. В ящики закладывали землю, навоз, растительные остатки, затем туда помещали дождевых червей. К 1980 году в США работало более 140 крупных специализированных производств по переработке органики с помощью дождевых червей. Некоторые из них перерабатывали в сутки до 150 т навоза.

Полупромышленная технология выращивания дождевых червей была разработана итальянцами в 1975 году. Для этой цели они использовали пленочную теплицу тоннельного типа длиной 40 м, шириной 5 м. Пол теплицы покрывали галькой, на нем располагали 3 лотка размерами 33×1×0,27 м каждый. Общая площадь лотков

100 м². В тамбуре теплицы устанавливали сепаратор для отделения червей от субстрата.

Субстрат готовили из навоза крупного рогатого скота, конского и кроличьего. В навоз добавляли садовую землю и резаную солому. При использовании свиного навоза его выдерживали в буртах 3–4 месяца.

На 100 м² лотков помещали после тщательного перемешивания 25–30 м³ субстрата, увлажняли его и заселяли червями из расчета 5 тыс. на 1 м². Всего на лотки помещали 500 тыс. червей, или 90–100 кг. Кислотность среды поддерживали в пределах 6,5–7,5 рН, влажность 75–80%, температуру 22–23°C. Сверху субстрат закрывали соломенными матами или компостом для удержания влаги. Субстрат систематически увлажняли. По мере его оседания в лотках за счет выедания червями добавляли свежий субстрат. Весь цикл длился 140–155 дней. За это время количество червей достигало 30–40 тыс./м². Биомасса на 1 м² составляла 6–9 кг.

По мнению итальянских исследователей, можно получать до 100 кг/м² в год. Для этого следует каждые 2 месяца удалять часть червей. После окончания цикла субстрат с червями подсушивали до 50–60% влажности. Он становился сыпучим. Затем его сепарировали для удаления червей. В 1982 году итальянец Карло Ферручи опубликовал руководство по культивированию червей. Вместо лотков он предложил культиватор в виде огородных грядок.

Выращиванием дождевых червей занимались и в других странах. В Англии в 1980 году первыми начали заниматься выращиванием дождевых червей сотрудники Ротхэмстедской опытной станции. Затем на ее базе была создана компания «Бритиш эртсдорм технолоджи» – Британская техника применения дождевых червей. В Англии же впервые были проведены работы по скормливанию червей рыбам и сельскохозяйственным животным. Было установлено, что субстрат лучше добавлять в культиваторы не весь сразу, а по частям. Под действием дождевых червей снимался неприятный запах отходов.

Занимались выращиванием дождевых червей в Германии, Японии, Финляндии, Швеции и даже в Саудовской Аравии, которая вначале покупала гумус в Европе, а затем наладила его производство у себя.

Культивированием червей занимаются и в странах Востока. В большинстве стран основная цель культивирования червей – получение гумуса. Биомасса дождевых червей – побочный продукт.

В России культивированием дождевых червей в полупромышленных масштабах начали заниматься с середины 80-х годов XX в. В 1984 г. во Владимирском пединституте под руководством А.М. Игониной были начаты работы, которые позволили создать определенную технологию промышленного выращивания дождевых червей. Был получен и аналог красному калифорнийскому червю.

Дождевые черви имеют червеобразную форму (рис.12) и состоят из многочисленных хорошо различимых колец. На 30–31-м или 32-м членике имеется особое образование – поясок, который четко выделяется на теле червя. На переднем конце червя имеются мужские и женские половые отверстия. Щетинок на теле мало. Органы чувств расположены в коже, поэтому червь реагирует на прикосновение, свет, температуру. Ротовое отверстие располагается на втором членике и прикрывается первым. Ротовое отверстие открывается в широкую глотку, которая суживается и переходит в длинный пищевод. В пищевод открываются своеобразные известковые железы. Поскольку червь пи-

тается растительными остатками, в которых много гумусных кислот, известь, выделяемая этими железами, их нейтрализует. Пищевод расширяется в зоб. Из зоба захваченная пища поступает в желудок. В желудке пища измельчается, чему способствуют захваченные песчинки, и переходит в кишку. В кишке пища перева-

Рис. 12. Дождевой червь



ривается и усваивается. Дождевые черви способны пропускать через пищеварительную систему землю с остатками растительности, но они способны затаскивать в свои норки листья и мелкие молодые побеги различной мягкой растительности.

Кровеносная система замкнутая. На переднем конце тела имеется своеобразное сердце. Кровь имеет гемоглобин и красную окраску. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Дождевые черви – гермафродиты. Оплодотворение перекрестное. Обмен только семенной жидкостью. После такого обмена из пояска выделяется секрет, который образует вокруг него муфту. Под действием сократительных движений червя муфта постепенно сдвигается к переднему концу. При прохождении через половые отверстия в муфту откладываются яйца, и происходит их оплодотворение. Соскользнувшая муфта закрывается с обеих сторон и превращается в кокон. В коконе 1–3 яйца и более. В нем они и развиваются. Из яиц выходят молодые черви. Личиночных стадий нет. Продолжительность развития яиц, количество отложенных коконов, наступление полового созревания зависят от вида и условий среды.

Для оптимального развития дождевых червей рН среды должна быть около 7, температура 20–22°C. При температуре 5°C черви освобождают кишечник, уходят в глубокие слои почвы и становятся малоактивными. Весной за 10–15 дней до оттаивания почвы они вновь становятся активными. При рН=9 черви гибнут. Оптимальная влажность субстрата 75–85%, близкая содержанию влаги в дождевых червях. Влажность ниже 30–35% тормозит развитие червей, а при влажности 22% и ниже они погибают.

В субстрате содержание клетчатки должно быть не менее 20%. Черви не выносят высокой концентрации протеина в субстрате. В его сухом веществе протеина не должно быть более 40%. Черви отрицательно реагируют на содержание в почве солей и продуктов распада органических веществ и метаболитов микрофлоры. Поэтому при разведении скормливают червям измельченную органику растительного происхождения.

Черви могут выдерживать большие плотности биомассы. В хороших

почвах на 1 м² насчитывается до 450 экземпляров, на глинистых – до 240 экземпляров, а на кислых – до 25 экземпляров. В компостных кучах их может насчитываться до 8 тыс. шт./м². Плодовитость червей высокая. Одна особь может за лето дать до 1,5 тыс. потомков. При хороших условиях один червь откладывает за лето 18–24 кокона. В каждом коконе 1–21 яйцо. Через 2–3 недели из яйца выходит молодая особь, а через 7–12 недель она становится половозрелой. Живут черви до 10–15 лет.

Для интенсивной технологии разведения лучше всего подходит красный калифорнийский червь, обладающий скороспелостью и высокой плодовитостью.

Червей помещают в специальный культиватор. Им служит небольшая грядочка из заранее приготовленного субстрата. В качестве субстрата применяют компост или смесь земли, навоза, компоста. Высота грядки 40–50 см.

Ее увлажняют и закрывают соломой. Выдерживают 5–7 дней для удаления аммиака. Затем в центре культиватора делают ямку и в нее вносят червей. Ямку закрывают соломой. 3–4 недели червей не беспокоят. Грядку регулярно смачивают для придания субстрату определенной влажности. За лето в культиваторе накопится большое количество червей. До наступления морозов верхнюю часть грядки переносят на новое место и закрывают компостом слоем 40–50 см. Бока крепят досками, чтобы в нее не проникли мыши. На следующий год можно приступить к промышленному выращиванию дождевых червей. Зимой червей можно содержать в помещении. В этом случае их надо кормить.

Важное место в технологии выращивания дождевых червей занимает подготовка субстрата. Для этого образуют компостные кучи-бурты. Высота бурта до 1,5–2 м, длина произвольная. На 1 т органики желательно внести 2–3 кг двойного суперфосфата, 1 кг сульфата калия, 1 кг сульфата магния, 60 г борной кислоты, 3–5 кг извести. Все это разбрасывают по верху бурта. Затем борт увлажняют до 60% и закрывают старым компостом или землей. Во время компостирования клетчатка распадается до моносахаров, поднимается высокая температура, которая губительна для семян сорных растений и яиц

гельминтов. Через 3–5 дней летом и 7–10 дней в зимнее время происходит разогрев компоста в бурте. Гибель яиц гельминтов наблюдается через 5–7 суток после разогрева бурта. Всего на созревание компоста уходит 45–60 суток. В готовом компосте нет запаха. Бурт увлажняют раз в 2–4 недели. Количество приготовленного компоста должно быть израсходовано в течение 2–3 месяцев. Если закладка компоста в бурт производится осенью, то субстрат для червей будет готов в апреле-мае. Для выращивания червей непригоден свежий навоз из-за большого количества аммиака, мочевой кислоты и др. Несоблюдение условий компостирования ведет к заражению компоста нематодами.

В зависимости от целей культивируют дождевых червей в ящиках, грядках, специальных контейнерах и др. Культивирование в ящиках и грядках производится под открытым небом или в легких помещениях: пленочные теплицы, старые животноводческие помещения. Для круглогодичного получения биомассы червей и гумуса процесс культивирования осуществляется в теплом помещении.

При промышленном выращивании червей на 1 м² наземного культиватора перерабатывается до 1 т компоста за сезон, а в помещении – до 10 т в год. С 1 т компоста получают 500 кг гумуса и до 100 кг сырой биомассы червей. Первоначальная зарядка червей составляет 3–5 тыс. на 1 м культиватора.

В период выращивания следят за нарастанием численности червей. Для этого берут столбик субстрата 10×10 см на всю глубину и подсчитывают количество червей во взятой пробе. Максимально допустимое количество червей – не более 100 тыс. на 1 м². Выращивание червей может быть непрерывным и прерывистым. В первом случае по достижении большой плотности часть червей удаляют и одновременно удаляют из культиватора часть переработанного субстрата. Во втором случае после переработки всего компоста червей отлавливают, гумус удаляют, а культиватор вновь заряжают свежим компостом и червями.

Отделение червей от субстрата – наиболее сложный процесс при их выращивании. Существует ряд способов отделения червей от субстрата: применение света, тепла, приманок. Для промышленного культивирования наиболее подходит способ приманок. Культиватор накрывают

черной пленкой на 30 суток. Червей не кормят, но субстрат увлажняют. Черви голодают и стремятся уйти в свежий компост. Затем пленку снимают и вместо компоста укладывают солому, смоченную раствором патоки или другого сладкого вещества. Культиватор снова закрывают пленкой. Через 3 дня все черви перейдут в солому. Затем солому с червями снимают и помещают в бак с водой. Черви уйдут в воду, солома останется на поверхности воды. Воду из бака сливают, а червей собирают. Вместо соломы на культиватор помещают сетку с пророщенным или расплюснутым зерном, смоченным сладким раствором.

Разработан контейнер и технология культивирования в нем червей, которые могут быть использованы для фермерских рыбоводных хозяйств.

Размеры контейнера произвольные и зависят от конечной массы червей. На 1 м² открытой поверхности должно находиться до 5–10 кг червей. Высота контейнера 30–35 см. Более глубокие контейнеры нежелательны из-за трудности создания в них хорошего газового обмена во всей толще субстрата. В нижней части контейнера делают боковой люк для выемки готового гумуса. Для изготовления контейнера пригодны любые материалы, кроме тех, которые выделяют вредные вещества, например древесно-стружечные. В дне контейнера делают отверстия для воздухообмена и удаления лишней влаги. Контейнер снабжается крышкой.

При выращивании червей в контейнер на дно кладут подстилку из соломы, измельченной бумаги, картона. В углубление подстилки помещают необходимое количество червей. Газетную бумагу применяют без цветной печати. На 1 м² требуется 6–7 кг подстилки. На подстилку укладывают садовую землю с небольшим количеством песка. На 1 м² требуется 5 кг земли. Начальная плотность биомассы червей 1–2 кг/м², или 3–6 тыс. особей. Предельная плотность червей 70–100 тыс./м², или около 20 кг. Пищей для червей служат пищевые отходы. Не следует кормить червей кислыми и солеными продуктами, а также продуктами с большим содержанием протеина. Для лучшего поедания корма его рекомендуется измельчать. Частишки корма не должны превышать 1–2 мм. Черви любят влагу, поэтому содержимое контейнера следует регулярно увлажнять, но не заливать.

Через 2–3 дня червям дают корм, примерно 1 кг. После недельной адаптации приступают к регулярному кормлению червей. Можно кормить червей раз в неделю, но можно и ежедневно.

Каждые 2 месяца подстилку следует менять. Работу червей видно по выровненной поверхности и копролитам на ней. Ежедневно субстрат протыкают в разных участках тупым предметом для улучшения снабжения червей воздухом. Плотность популяции червей контролируют путем взятия пробы субстрата и подсчета в ней червей. Затем делают пересчет на 1 м². При достижении предельной плотности необходимо часть червей отселить. Для этого им дают поголодать, а затем сверху старого субстрата помещают немного свежего корма, черви перейдут в него и их можно отобрать.

2.7. Выращивание и использование ветвистоусых ракообразных

Ракообразные являются прекрасным кормом для многих видов рыб. Они могут служить кормовыми добавками и для наземных животных. Их массовое развитие в водоемах позволяет заготавливать до 700–800 кг/га. Среди ракообразных, применяемых в рыбоводстве, встречаются как низшие, так и высшие ракообразные.

Биологические особенности ветвистоусых ракообразных

Ветвистоусые рачки (*Cladocera*) являются массовыми формами планктона большинства водоемов. Их массовое развитие обусловлено возможностью быстрого воспроизводства численности популяции за счет скороспелости, высокой плодовитости. Ветвистоусых рачков относят к низшим ракообразным. Это животные небольших размеров. По внешнему виду они очень разнообразны. Тело сжато с боков и покрыто тонкой прозрачной двухстворчатой раковинкой. Тело состоит из головы, туловища и постабдомена. На голове имеются глаза, пара неветвистых антеннул и пара ветвистых плавательных антенн. Рот находится на нижней части головы. У рачков-фильтраторов ротовая система предназначена для проведения пищевого комка из пищевого желобка в кишечник.

На туловище 4–6 пар ножек. Они предназначены для отфильтровывания пищи от воды. На них имеются мешочки, наполненные кровью и выполняющие роль дыхательной системы. Постабдомен лишен конечностей. Он изогнут и направлен вперед. У некоторых видов он несет коготки и щетинки.

Щетинки играют большую роль в систематике ракообразных. Из органов чувств наиболее развиты органы зрения – глаза. Органы осязания расположены на антеннулах. Пищеварительная система состоит из пищевода, средней и задней кишки. Средняя кишка у рачков имеет вид прямой трубки. Кровеносная система слабо развита. Кровь бесцветная или слабо окрашенная, циркулирует от сердца в пространстве между органами. Дыхание осуществляется через стенки задней кишки и с помощью дыхательных мешочков на ножках туловища.

Размножение у ветвистоусых рачков может быть половым и партеногенетическим, в зависимости от условий среды. При половом размножении в выводковую камеру, которая находится на спинной стороне, поступают оплодотворенные яйца. Этот процесс происходит при неблагоприятных условиях для рачков (низкая температура, плохое питание, повышенная плотность популяции и др.). В это время в популяции появляются самцы. Пол рачка определяется внешними условиями за 15 минут до поступления яиц в выводковую камеру. У многих рачков оно всего одно. Яйцо покрывается твердой оболочкой. Образуется диапаузирующее яйцо. Оно выдерживает высыхание, промерзание и другие неблагоприятные условия. Так ракообразные переживают высыхание временных водоемов или зимний период. При благоприятных условиях из такого яйца выходит самка, которая начинает откладывать амиктические (неоплодотворенные) яйца. Из партеногенетических яиц в выводковой камере образуются зародыши, которые некоторое время находятся в этой камере. Развитие зародыша длится 1–4 дня. Отрождение молоди (науплий) происходит во время линьки рачков. Линька длится 1–3 минуты. Количество партеногенетических яиц в одном помете зависит от вида рачка и внешних условий.

На жизнедеятельность рачков влияют температура, характер пищи, кислородный режим и другие факторы среды обитания.

Из множества видов ракообразных для выращивания пригодны пластичные, скороспелые и высокоплодовитые виды. К ним относят прежде всего дафний и моин. Технология их выращивания достаточно отработана. Имеются работы по разведению цериодафний, хидорусов и других ветвистоусых рачков, но промышленного развития они еще не получили.

Из дафний чаще всего разводят дафнию магна (*Daphnia magna*) и дафнию пулекс (*Daphnia pulex*), а из моин – моину макрокопа (*Moina macrocopa*) и моину ректирострис (*Moina rectirostris*).

Дафния магна отличается по внешнему виду от других дафний не только размерами, но и строением постабдомена, в частности расположением на нем щетинок. Длина самки 2,2–6,0 мм, самца – 2,0–2,2 мм. В помете может быть до 100 яиц и более. Длина рачка в момент вылупления 0,7–0,8 мм, что соответствует размеру пищи для личинок рыб. Половая зрелость наступает на 6–8-й день жизни. Отрождение молоди происходит раз в 2–3 дня. Продолжительность жизни до 4–5 месяцев. Чем выше температура воды, тем короче жизнь рачка. Благоприятная температура для дафний магна 18–24° С. Температурные границы от 5–6° до 33–34°С. Оптимальное содержание кислорода – не менее 6–7 мг/л. Может жить и при содержании кислорода в воде 1 мг/л. При такой концентрации кислорода у дафнии образуется гемоглобин, и рачок становится красноватого цвета. Окисляемость воды для дафнии не выше 80 мг/л, pH 7–8. Часто дафнию магна используют как тест-объект для определения токсичности воды.

Питается дафния магна микроводорослями, бактериями, мелкими частичками детрита. Чем меньше размер дафнии, тем большее значение в ее питании играют бактерии. Одна дафния за сутки поглощает до 300 тыс. клеток протококковых водорослей. Помимо протококковых водорослей, дафния потребляет эвгленовые, диатомовые и синезеленые водоросли, но крупных эвглен и вольвокс дафнии не используют. При массовом развитии синезеленых водорослей они составляют до 80% пищевого комка дафнии. Массовое развитие дафний приводит к осветлению воды. Детрит в питании дафнии магна играет большую роль. У нее он составляет до 92,5% пищевого комка. Крупные дафнии магна всегда держатся вблизи дна водоема. Используя в пищу детрит,

дафнии способствуют его минерализации. Дафнии способны усваивать и растворенные вещества.

По данным Г.И. Родиной, содержание их в растворе аминокислот не ведет к гибели рачков, но при этом дафнии теряют способность к размножению. Интенсивность питания зависит от возраста, концентрации пищи, температуры и других условий водоема. Чрезмерная концентрация пищи не только ухудшает условия фильтрации, но и снижает ее усвояемость. Например, при концентрации 6 мг/л пища переваривается дафниями на 83–84%, при большей концентрации – всего на 15%. При высокой концентрации корма в среде движение туловищных ножек замедляется, что ведет к ухудшению дыхания рачков вплоть до их гибели.

Дафния пулекс отличается меньшими размерами и иным строением щетинок на постабдомене. Длина самки 1,4–4,0 мм, самца – 0,9–1,5 мм. В отличие от дафнии магна выдерживает большую загрязненность воды. Распространена повсеместно. Плодовитость достигает 50 яиц, чаще намного меньше. Менее теплолюбива по сравнению с дафнией магна. Хвостовая игла длинная. Живет до 51–63 дней. Половозрелость наступает на 6–7-й день жизни. Остальные жизненные проявления аналогичны дафнии магна. Детрит использует слабее. Держится в толще воды.

Моины относятся к тому же семейству (*Daphniidae*), что и дафнии, но к другому роду (*Moina*). В связи с этим многие биологические особенности моин сходны с дафнией, но есть и различия. В отличие от дафний тело их на спинной стороне как бы перешнуровано. Самки почти сферической формы (рис. 13), особенно в период максимальной плодовитости. Антеннулы у моин подвижны в отличие от дафний. Длина самок 1,2–1,7 мм, самцов – 0,8–1,0 мм. Раковинка более тонкая. Молодь рыб более охотно поедает моин по сравнению с дафниями. Новорожденные моины имеют длину всего 0,45–0,6 мм. Половозрелость наступает на 3–4-й день жизни. Плодовитость достигает 50 яиц, чаще до 30. Отрождение молоди происходит через 1–2 дня. Продолжительность жизни моин не более 20–25 суток. Созревание самок зависит от температуры воды. Например, при температуре около 30°C самки созревают через сутки после рождения, а потомство дают через 2 суток.

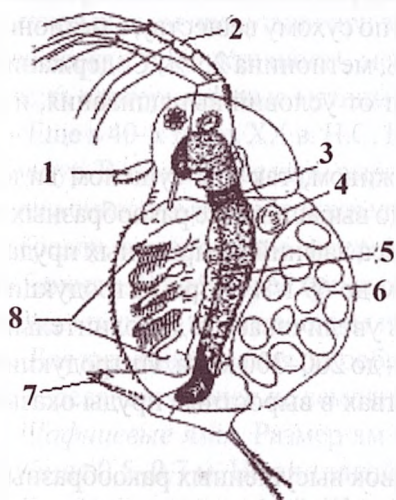


Рис. 13. Моина макрокопа (самка):

- 1 – первая антенна, 2 – вторая антенна,
3 – кишечник, 4 – сердце, 5 – яичник,
6 – выводковая камера с яйцами, 7 –
постабдомен; 8 – грудные ножки

Оптимальная температура для жизни моин 24–26°C. Они теплолюбивее дафний. Могут жить при температурах, близких к 0°C и до 41°C. Размножаются нормально при pH 5,2–9,2. Ниже и выше этих величин моины могут погибнуть. Моины более выносливы по сравнению с дафниями. Они нормально размножаются при окисляемости воды выше 80 мг/л. Оптимальное содержание в воде кислорода для моин более 4 мг/л, но они могут жить и при 0,3–0,6 мг/л.

Питаются моины микроводорослями и бактериями. Причем на бактериях они растут лучше всего.

Моина макрокопа отличается от ректирострис более округлым телом и наличием хвостовой иглы.

Дафнии и моины являются высокобелковыми кормами, причем не только для рыб, но и для других животных и птиц. По химическому составу ветвистоусые ракообразные не уступают животным кормам, например рыбной муке (табл. 8).

Таблица 8

**Содержание питательных веществ в моинах,
дафниях и рыбной муке, %**

Корма	Влага	Протеин	Жир	Зола	Кальций	Фосфор
Моина	90,3	44,2-58,7	10,6- 24,3	5,8-6,9	1,2	0,55
Дафния	89,4	60,36	21,6	16,7	9,6	1,48
Рыбная мука	60,7	59,2	6,4	23,4	-	-

Аминокислотный состав белков ракообразных тоже близок к рыбной муке. Например, лизина в мойнах 2,8% по сухому веществу, а метионина – 0,59%, в рыбной муке лизина 7,9%, метионина 2,9%. Содержание питательных веществ в рачках зависит от условий выращивания, и в частности от кормления.

Скармливать рачков можно как в живом, так и в сушеном виде. Наибольшее распространение получило выращивание ракообразных в прудовых хозяйствах. При этом биомасса дафний в выростных прудах колебалась от 20 до 390 г/м³, в среднем до 69 г/м³. При интродукции дафний магна их рыбопродуктивность увеличивается дополнительно на 100–300 кг/га, а при вселении мойн – до 200–300 кг/га. Интродукция дафний и мойн на фермерских хозяйствах в выростные пруды оказывает долговременный эффект.

Примечательно, что на основе добавок высушенных ракообразных разработаны специальные рецепты комбикормов для карпа.

Методы культивирования дафний

Первые опыты по культивированию дафний были проведены в России в конце XIX в. Работами Н.Д. Деппа и ряда других ученых были заложены основы разведения дафний. К настоящему времени четко определились два основных метода выращивания ракообразных: выращивание культивируемых ракообразных и корма для них в одном водоеме (его называют методом удобрений) и раздельное выращивание рачков и корма для них. Он был предложен Н.С. Гаевской.

Наиболее простым является метод удобрений. Он заключается в том, что рачков выращивают в непроточной среде. Кормом им служат бактерии и микроводоросли, развивающиеся в этом же водоеме за счет вносимых минеральных или органических веществ. Большое распространение получили работы по культивированию ракообразных в бетонных бассейнах. Некоторые авторы предложили использовать для выращивания рачков деревянные ящики или земляные ямы. Л.Н. Максимова разработала методику выращивания дафний в дюралевых застекленных бассейнах.

Эффективность метода удобрений невелика, и он применяется толь-

ко при выращивании молоди ценных видов рыб, например осетровых. Суточный съем продукции при этом методе всего 5–40, редко 50 г с 1 м³. Невысокая продуктивность метода удобрений заставила рыбоводов искать альтернативные методы выращивания ветвистоусых рачков.

Еще в 40-х годах XX в. Н.С. Гаевская предложила метод отдельных культур. В этом случае корм выращивали отдельно от рачков, а затем вносили в емкости с рачками. В качестве корма было предложено использовать хлореллу, выращивание которой и сейчас представляет определенные сложности. В настоящее время оба метода используются в рыбоводстве. Однако первый из-за простоты имеет более широкое распространение.

Для культивирования ракообразных используют различные емкости: от деревянных бочек до земляных ям.

Дафниевые ямы. Размер ям произвольный, но обычно 2–3 м² при глубине 0,5–0,7 м. На дно такой ямы кладут навоз из расчета 1,5 кг/м² и затем заполняют водой. Желательно брать воду не из естественного водоема. Если воду берут из естественного водоема, то ее желательно пропускать через капроновое мелкоячеистое сито. Через несколько дней, когда процессы гниения навоза утратят бурный характер, в яму вносят дафний из расчета 20–50 г/м³.

При теплой погоде через 3 недели в яме плотность дафний в отдельных участках может достигать более 1 кг/м³. Каждую неделю вносят навоз по 0,75 кг/м³. Съем продукции производят разово или частично. В первом случае через канаву вся вода из ямы с рачками поступает в рыбоводный пруд. Затем яму вновь используют для выращивания дафний по той же технологии. Во втором случае забирают часть биомассы дафний (до 50%). Через 3–4 дня вновь можно забирать такое же количество биомассы рачков. Навоз вносят по такой же схеме. Через 25–30 дней эксплуатации ямы воду в ней полностью заменяют на свежую, так как в ней накапливаются метаболиты дафний. Вместо дафний можно культивировать мойн. При ее выращивании съем продукции производят через 3 дня при заборе 60% всей биомассы. Вылавливают рачков с помощью мелкоячеистых сачков.

Выращивание в бассейнах. Для разведения дафний используют прямоугольные непроточные бассейны длиной 12 м, шириной 3–4 м и

глубиной 0,5–0,6 м. Через 1–2 дня после заполнения бассейна водой и внесения в него пищи для рачков в него вносят 30–50 г/м³ дафний. Бассейны удобряют по М.М. Брискиной ежедневно дрожжами из расчета в первые дни по 16 г/м³, в последующие – по 8 г/м³. По М.К. Аскерову бассейны удобряют минеральными веществами. Каждые 5 дней вносят по 18 г/м³ аммиачной селитры и по 32 г/м³ суперфосфата. Перед посадкой дафний в бассейн вносят 37,5 г/м³ аммиачной селитры и 65 г/м³ суперфосфата. При температуре 20–24°C и содержании кислорода 6–7 мг/л, pH 7,6–8 созревание культуры происходит через 20–25 дней. После этого каждые 2–3 дня собирают сачком до 50% всей биомассы рачков. При хорошем росте дафний ежедневно можно получать 20–50 г/м³. Оптимальная температура для культивирования мойн 24–26°C. Норма зарядки 50 г/м³. Культура быстро созревает. Отлавливают раз в 2–3 дня до 60% всей биомассы рачков в бассейне. Суточный съем биомассы достигает 100–110 г/м³ в течение 10–16 дней эксплуатации бассейна. Затем необходимо произвести смену среды в бассейне. Во ВНИИПРХ разработана технология выращивания дафний в проточных бассейнах. Длина бассейна до 50 м. Глубина воды 50–70 см. Дно имеет уклон в одну сторону для полного осушения бассейна. Во избежание попадания в бассейн других гидробионтов воду пропускают через газ № 56, а выходные трубы обтягивают газом № 38. Проточность составляет 20–25% объема бассейна в сутки. Первоначальная зарядка дафний 20 г/м³. Лучше брать дафний в специализированных хозяйствах, транспортировать в полиэтиленовых мешках с кислородом. Норма посадки 25 г/л. В качестве корма используют кормовые дрожжи, рыбную муку. Первую дозу корма (50 г/м³) вносят одновременно с посадкой в бассейн рачков. Затем каждые 2 дня вносят подкормку из расчета 20 г/м³. Корм вносят в виде суспензии, разбрызгивая ее вдоль стенок бассейна. Развитие культуры контролируют регулярно. Температуру, содержание в воде кислорода, pH, окисляемость, количество аммонийного азота измеряют ежедневно. Наилучшие условия для дафний: температура 18–24°C, содержание кислорода 6–8 мг/л, pH 7–8, окисляемость – 20–30 мг/л, содержание аммонийного азота не более 2–3 мг/л. Ежедневно проверяют состояние культуры рачков. Для этого

рачков отлавливают и определяют количество эмбрионов на самку, соотношение взрослых и молоди. Раз в неделю проводят количественный состав культуры. Через 2–3 недели биомасса рачков в бассейне достигает 500 г/м. С этого момента начинают отлов части биомассы рачков. Ловят их сачком из газа № 18–20. Изымают 40–50% один раз в 2–3 дня. Суточная съемная биомасса рачков достигает 100–150 г/м³.

Выращивание дафний в садках, плавающих на поверхности водоема, предложено В.А. Копец. Это сетчатые садки (рис. 14) с ячейёй 1 мм. В таких садках содержится культура дафний. При размножении взрослые особи остаются в садке, а молодь уходит в водоем. Если в водоеме недостаточно корма для дафний, то их подкармливают дрожжами. В водоеме молодь становится пищей для рыб.

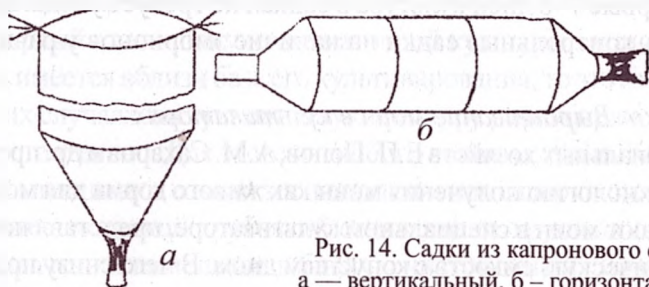


Рис. 14. Садки из капронового сита:
а — вертикальный, б — горизонтальный

И.Б. Богатова с сотрудниками разработала технологию выращивания дафний в садках открытого и закрытого типов. Садки изготавливают из полиэтиленовой пленки и из капронового сита разной частоты. Полиэтиленовые садки предназначаются для самых мелких ветвистых рачков. Садки из полиэтилена могут быть различного размера, но высота их не должна превышать 1,5–1,7 м. Удобны полиэтиленовые садки цилиндрической формы, когда полиэтиленовую пленку натягивают на проволочный каркас. Все швы запаивают теплом. Садки устанавливают на мелководных участках водоема. Садки из капронового сита отличаются от садков из полиэтилена тем, что продукты обмена рачков уходят через сито в водоем. Вода с пищей поступает в садок из водоема. Капроновые садки устанавливают в местах с медленным течением. Ячея сита должна быть такой величины, чтобы молодь и

взрослые рачки не могли уйти в водоем. Капроновые садки открытого типа устанавливают вертикально в водоеме на неглубоких местах. Заряжают рачков через горловину садка. Суточная продукция дафнии magna достигает 600 г/м^3 .

Садки закрытого типа строят из каркаса, обтянутого капроновым ситом. Они имеют горловины с двух сторон. После посадки в них рачков горловины завязывают, а садки помещают в толщу воды. Садки обычно цилиндрической формы. Облов закрытых садков производят после того, как в них накопится максимальная биомасса рачков. Суточная съемная биомасса составляет $50\text{--}100 \text{ г/м}^3$. Такие садки лучше использовать на сбросных теплых водах. Если в водоеме мало бактериопланктона и фитопланктона, то в садки надо вносить корм или удобрять пруды. Первые 7–8 дней культура в садках не требует ухода. Затем надо проверять контрольные садки на наличие эмбрионов у рачков.

Выращивание мойн в культиваторах

Для индустриальных хозяйств Е.П. Попов, А.М. Сахаров и др. предложили новую технологию получения мойн как живого корма для молоди рыб. Выращивают мойн в специальном культиваторе, представляющем собой цилиндрическую емкость с конусным дном. В него снизу подают воду, насыщенную кислородом до $6\text{--}12 \text{ мг/л}$ и температурой $27\text{--}28^\circ\text{C}$. Сливают среду через верхнюю часть культиватора. В емкость помещают мойн из расчета $550\text{--}600 \text{ мг/л}$. Проточность составляет 0,3 объема культиватора в час. Кормят мойн дрожжами из расчета $480\text{--}600 \text{ мг/л}$ в сутки. Корм раздают каждые 1,5–2 часа. Нарастание биомассы контролируют каждые 4 часа. По достижении биомассы мойн 900 мг/л продукцию снимают 3 раза в сутки. Общая суточная съемная биомасса достигает при этой технологии $560\text{--}600 \text{ мг/л}$, или 600 г/м^3 . В.Е. Кокова предложила выращивать мойн в реакторах, представляющих собой цилиндрическую емкость с конусным дном. Внутри емкости вставляют сетчатый стакан, где и содержат мойн. Емкость оборудована эрлифтами. Кормили мойн дрожжами и хлореллой. Суточная съемная биомасса рачков составила $1,1 \text{ г}$ сырой массы с 1 л объема культиватора. При выращивании дафний по этой технологии суточная съемная биомасса составила $0,5 \text{ г/л}$.

Выращивание дафний и мoin в водоемах. В замкнутых водоемах рачков можно выращивать на небольших участках, отгороженных капроновой сеткой. Высадку культуры рачков производят как можно раньше, пока другие гидробионты еще имеют небольшую численность. В период культивирования рачков подкармливают дрожжами, рыбной мукой, добавляют органические удобрения.

Известен экологический способ увеличения численности дафний в выростных прудах. Он заключается в том, что в прерывистых биоценозах в водоем вносят нужные организмы. При создании необходимых условий они начинают усиленно размножаться и затем своей численностью будут подавлять развитие остальных гидробионтов. Такой способ обогащения кормовой базы выростных прудов делится на три этапа.

Первый этап – получение маточной культуры ветвистоусого рачка. Если имеется вблизи база его культивирования, то этот этап выпадает. В других случаях чистую маточную культуру рачков приходится получать самостоятельно. Для этого из любого водоема, где имеется требуемый вид, отлавливают сачком зоопланктон и помещают в стеклянную банку. Из нее стеклянной трубочкой отлавливают крупных особей нужного вида рачков и помещают в банку с чистой водой. Затем рачков снова пересаживают в следующую банку с чистой водой. Эти операции производят для получения чистой культуры желаемого вида рачка. Затем рачкам дают корм и следят за их размножением. В последующем рачков помещают в большие емкости для получения маточной культуры не менее 100–200 г. Такие работы можно проводить как весной, так и осенью. При осенних работах рачков придется сохранять всю зиму. Начало весенних работ связано со сроками посадки рачков в пруды.

Второй этап заключается в размножении маточной культуры. Для этого ее помещают в небольшие прудики, рыбоуловители. Вода фильтруется через мелкое капроновое сито. Предварительно заполняют небольшой участок прудика и в него вносят 100–200 г рачков, затем вносят кормовые дрожжи в количестве 500 г в виде суспензии или навоз конский или крупного рогатого скота. Через несколько дней прудик заполняют полностью водой и повторно вносят минеральные

вещества или органику, получая через 2–3 недели рачков для зарыбления выростных прудов.

Третий этап начинают с заполнения выростных прудов. Для этого вначале заполняют небольшой (0,1 га) участок выростного пруда. Поступающая вода также проходит через газовый фильтр. Как только вода отстоится, вносят рачков из расчета 200–250 г на 1 га выростного пруда. Посадку молоди карпа в этом случае производят через 7–10 дней после посадки дафний. Если используются моины, то личинок рыб сажают через 10–15 дней. Моин молодь карпа поедает почти сразу после вселения, а дафний только через 2–3 недели.

Одновременно с посадкой молоди карпа в пруды добавляют минеральные или органические удобрения согласно принятым в рыбоводстве методикам.

2.8. Разведение жаброногих ракообразных

Рачок артемия *Artemia salina* (рис. 15) широко распространен в ультрагалинных водоемах различных континентов. Артемия обитает в соленых водоемах побережья Азовского, Черного и Каспийского морей, Крымского полуострова, степной части Украины, в соленых водоемах Кавказа, Казахстана, Киргизии, Западной Сибири, Алтая, Дальнего Востока. Является наиболее ценным живым кормом для молоди рыб.

Тело разделено на три отдела – голову, грудь и брюшко. Грудной отдел состоит из одиннадцати сегментов, где находится по паре листовидных ножек. Придатки грудных ножек выполняют дыхательную функцию, служат для движения и отфильтровывания пищи. Брюшко состоит из 8 сегментов и не имеет конечностей. Первые два сегмента брюшка слиты в один половой сегмент, на котором у самок находится яйцевой мешок, а у самцов – совокупительный орган. Брюшко заканчивается концевой пластинкой, от которой отходят две ветви – фурки, оперенные многочисленными щетинками.

Окраска артемии определяется характером потребляемой пищи, а также концентрацией растворенного в воде кислорода и варьирует от зеленоватой до красной. В зависимости от степени солености водоемов



Рис. 15. Артемия салина

артемия образует различные морфологические расы. При высоком уровне солености уменьшается размер рачков, происходит редукция каудальной фурки и щетинок на ней, а также другие морфологические изменения, связанные с уменьшением поверхности тела.

Артемия салина может размножаться половым путем и партеногенетически, то есть без участия самцов. Яйцевой мешок самок имеет округлую форму. На свободном конце мешка имеется отверстие, через которое при размножении выбрасываются наружу яйца или выходят науплиусы. Одна самка может давать до 170 яиц или науплиусов за одну кладку и около 30 кладок в течение своей жизни.

Для рыбоводства используют покоящиеся (диапаузирующие) яйца артемии. В таких яйцах эмбрионы покрываются плотными оболочками на стадии гаструлы,

и дальнейшее развитие прекращается, то есть наступает диапауза. Диаметр диапаузирующих яиц обычно равен 0,2 мм, масса сырых яиц – 0,004 мг, сухих – 0,002 мг. Масса оболочки составляет примерно 30% массы яйца. Цвет яиц варьирует от светло-серого до темно-коричневого. Находящиеся в покоящихся яйцах эмбрионы могут переносить неблагоприятные внешние условия, они выдерживают значительное засыхание и могут находиться в сухом состоянии в течение нескольких лет, переносят нагревание до 130°C, сохраняют жизнеспособность при понижении температуры до -196°C. После периода диапаузы при благоприятной температуре и высоком содержании в воде кислорода и прочих оптимальных условиях в яйце продолжается развитие эмбриона, которое завершается в течение 48 ч. Оболочка яйца разрывается, и науплиусы выходят во внешнюю среду. Вылупившиеся из яйца науплиусы имеют длину 0,45 мм, сырая масса равна 0,01 мг, сухая – 0,003 мг.

Сроки массового появления науплиусов из перезимовавших яиц артемии в природных ультрагалинных водоемах зависят от климатических характеристик местности. Так, в соленых озерах Крыма науплиусы артемии появляются обычно в марте, в соленых озерах Западной Сибири и Казахстана – в середине мая.

Метаморфоз науплиуса во взрослого рачка при оптимальных условиях продолжается 17–25 дней, личинки проходят 15 стадий развития. Внешний вид науплиусов отличен от взрослых рачков. Их тело имеет только зачаточную сегментацию, зачатки антенн и плавательных ножек, один личиночный глаз. Далее строение личинки усложняется и она превращается во взрослого рачка. Длительность жизни взрослых артемий достигает четырех месяцев.

Артемия является активным фильтратором, она прогоняет воду через оттеживающий аппарат грудных ножек, так происходит отделение пищевых частиц от воды. Пищей для артемии в водоемах служат бактерии, планктонные водоросли и детрит.

В теле артемии содержится 84,63% влаги, в сухом веществе 43–50% протеина, 1,0–1,5% полиненасыщенных жирных кислот, обладающих высокой биологической активностью.

Заготовка диапаузирующих яиц

Яйца артемии салина заготавливают на ультрагалинных водоемах. Сбор диапаузирующих яиц из воды можно осуществлять, начиная со второй половины лета, все осенние и зимние месяцы и ранней весной до прогревания воды до 10–14°C. Массовая заготовка яиц артемии происходит в конце лета и осенью. Скопления яиц артемии происходят под воздействием гидрометеорологических факторов (ветер, волнения, течения) и морфологических особенностей водоема (степень изрезанности береговой линии). Основная часть выметанных яиц артемии всплывает в верхние слои плотной осенней рапы, преобладающие в период заготовки ветры сгоняют яйца артемии к подветренным берегам ультрагалинных водоемов, яйца концентрируются в прибрежной полосе и выбрасываются волнами на берег. В России и за рубежом работают хозяйства, в том числе фермерские, по заготовке диапаузирующих яиц на продажу. Основным покупателем этих яиц в мировой аквакультуре является Китай.

До заготовки обнаруженных скоплений яиц следует определить степень их доброкачественности. Для этого яйца раздавливают между двумя предметными стеклами и рассматривают в лупу при 10–15-кратном увеличении. Наличие жирных пятен свидетельствует о том, что яйца живые. Часть яиц опускают в прозрачный сосуд (пробирка, стакан) с пресной водой. Скорлупа всплывает в верхние слои воды, доброкачественные яйца опускаются на дно. Кроме этого, небольшое количество яиц зажимают между подушечками пальцев, затем производят несколько перетирающих движений. Яйца просматривают непосредственно на пальце через лупу 10–15-кратного увеличения. Если материал скатывается в веретенца или рассыпается на чешуйки – сбор недоброкачественный, если остался в виде отдельных яиц – сбор доброкачественный.

Участки скоплений яиц обычно расположены полосой параллельно береговой линии. Их собирают следующим образом: при наличии мощных выбросов совками или совковыми лопатами собирают яйца с примесями в тару и выносят за пределы прибойной зоны, при небольшой мощности собирают ленты выбросов в кучи за пределами прибойной зоны, затем погружают в тару для транспортировки.

Сбор яиц артемии из поверхностных слоев рапы производят волокушами, сачками, ловушками и другими отцеживающими орудиями лова, которые могут быть пассивными (установка ловушек на пути дрейфа яиц) или активными.

Ниже приводится описание конструкции сачка, разработанной во ВНИИПРХ (рис. 16).

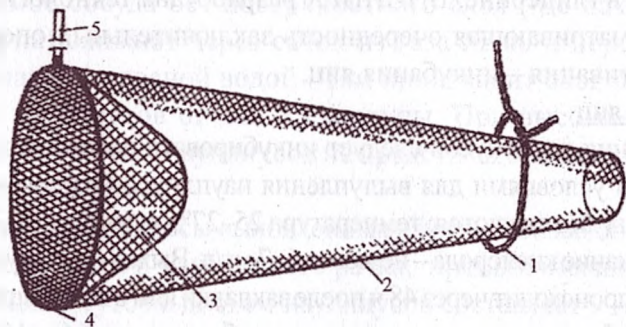


Рис. 16. Сачок для сбора яиц артемии:

1 – петля, 2 – корпус, 3 – внутренний сачок, 4 – обруч, 5 – ручка

Сачок состоит из рукоятки, навинчивающейся на резьбовой выступ входного кольца сачка диаметром 40–50 см, к которому крепятся накопитель, сороуловитель.

В целом конструкция следующая:

- сороуловитель, изготовленный из мельничного сита № 10–12 и предназначенный для задержания крупных загрязнений;
- сачок, выполняющий роль накопителя собираемых яиц и изготовленный из мельничного сита № 58–60 и выше, с размерами ячеек, обеспечивающими удержание яиц в накопителе;
- шнур, служащий для закрывания выходного торца сачка.

Входное отверстие сачка перекрыто сороуловителем, выполненное в виде входящего в сачок неглубокого мешка.

При заготовке яиц артемии салина для кормления личинок рыб важно определять процент вылупления личинок. Яйца, собранные летом или осенью, без специальной обработки дают 3–5% выхода. Выход яиц, собранных ранней весной до массового вылупления науплиусов в естественных водоемах, бывает сравнительно высокий и достигает 60–70%, однако при хранении процент выхода понижается и достигает такой же величины, как и у летне-осенних яиц.

Качество покоящихся яиц и выход при их инкубации зависят от условий хранения. Хорошие результаты получают при охлаждении яиц в растворе поваренной соли при 10–100‰ солености и температуре от -1 до -20°C в течение 80–90 дней. Известен способ хранения яиц в вакууме в глицерине. ВНИИПРХ разработана технологическая схема, предусматривающая очередность заключительных операций: хранение – активация – инкубация яиц.

Инкубация яиц

Для получения науплиусов следует инкубировать покоящиеся яйца. Оптимальными условиями для вылупления науплиусов из покоящихся активированных яиц являются: температура 25–27°, соленость 30–50‰ и высокое содержание кислорода – не менее 6–7 мг/л. Выход науплиусов при этих условиях происходит через 48 ч после закладки яиц в инкубационные аппараты. Инкубацию можно проводить и при более низкой (до 15–16°C) температуре, но время инкубации при этом удлиняется.

Яйца артемии инкубируют в 3–5%-ном растворе поваренной или глауберовой соли. Для инкубации яиц необходимо высокое содержание кислорода в воде, которое обеспечивается непрерывной подачей воздуха или кислорода в солевой раствор с находящимися в нем яйцами. Соотношение массы яиц и солевого раствора, в зависимости от аэрации, выражается величиной 8–15 г/л.

В качестве инкубатора могут быть использованы различные инкубационные емкости, в том числе стеклянные сосуды или сосуды из оргстекла емкостью 40–100 л, представляющие собой сочетание с конусом (рис.17). Сток раствора из этих аппаратов производится через нижнее отверстие, которое заканчивается металлической трубкой с надетым на нее резиновым шлангом с зажимом. Также успешно применяют аппараты такой же конструкции, изготовленные из полиэтиленового рукава, который при этом складывают вдвое внутрь. Эффективны и аппараты шириной 50 см, длиной 120 см. В середине нижнего края полиэтиленового рукава припаивают металлическую трубку, на конце которой надет резиновый шланг длиной 25 см. Аппараты устанавливают в стойке. К нижней перекладине стойки прикрепляют дель, которая служит опорой аппарата. Верхний край аппарата прикрепляют к верхним перекладинам. Инкубацию можно также проводить в ваннах или прямоточных лотках.

По завершении инкубации и выхода науплиусов компрессор отключают, диффузор вынимают из сосуда, через 10–15 минут содержимое сосуда без поверхностного слоя (где находится пустая скорлупа) сливают через сачок из газа № 60 и переносят в такой же аппарат с пресной водой. Там происходит окончательное отделение науплиусов от яиц и скорлупы. При высоком качестве яиц отделение чистых науплиусов не представляет больших трудностей, используют сифон.

Определение массы выловленных рачков производят двумя путями: по численности и массе одного рачка; прямым взвешиванием.

Средний суточный съем науплиусов составляет 9–10 г/л. Науплиусы артемии используют для кормления личинок рыб в первые дни активного питания.

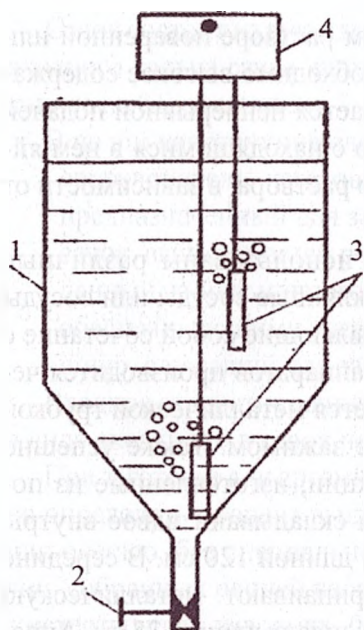


Рис. 17. Устройство для получения науплиусов артемии: 1 – корпус, 2 – сливной кран, 3 – распылители, 4 – компрессор

Декапсулирование яиц

Яйца артемии покрыты двумя оболочками: наружной, плотной, серого цвета, не разрушаемой пищеварительными ферментами личинок рыб, и внутренней прозрачной, которая переваривается в их кишечнике. Декапсуляция разрушает только наружную оболочку, а внутренняя остается целой. Разрушение оболочки происходит путем ее окисления гипохлоритом кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ и кальцинированной содой Na_2CO_3 . Выпускаемый промышленностью гипохлорит кальция содержит 18–40%, а импортные образцы – 60% активного хлора. Окислитель упакован в мешки, деревянные и металлические барабаны, имеет белый и серый цвета. Для целей декапсуляции могут использоваться все выпускаемые образцы окислителя, однако предпочтительнее использовать гипохлорит, содержащий 40% активного хлора и упакованный в оцинкованные барабаны.

Декапсуляцию яиц проводят в аппаратах (1) ВНИИПРХа (рис.18). Верхний, расположенный в стороне от нижнего, снабжен зажимом (2), а нижний – краном (3), соединенными резиновыми шлангами (4). Отношение высоты конуса к диаметру верхнего аппарата должно быть 1:1. В конус верхнего аппарата вмонтирован прозрачный полихлорвиниловый шланг (5) сечением не менее 10 мм. На свободном конце шланга прикреплен крючок (6), которым он фиксируется в кольце (7). Наружная стенка верхнего аппарата градуирована делениями через 10 л (8). Аппараты устанавливают на металлических стойках-треногах (9). Могут быть и другие способы установки.

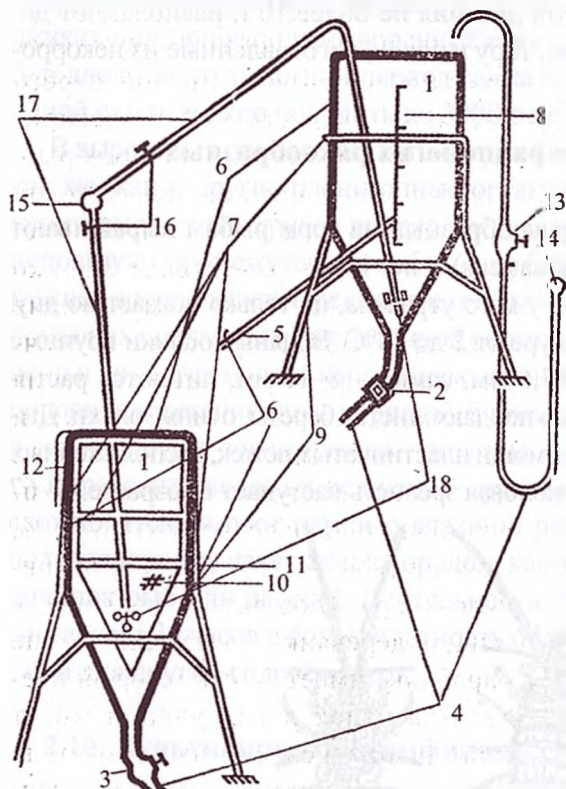


Рис. 18. Схема установки для декапсуляции яиц

В нижний аппарат помещают мешок с коническим дном (10), сшитый из мельничного газа № 40 – № 46, размером, соответствующим форме аппарата, но высотой на 15 см короче его. К месту соединения цилиндрической и конической частей мешка прикрепляется металлическое кольцо (11), изолированное химически инертным материалом сечением 6 мм. К верхней части мешка крепятся капроновые оттяжки (12), заканчивающиеся крючками (6), при помощи которых он фиксируется на кольцах (7). Мешок необходимо шить капроновыми нитками, а еще лучше рыболовной леской сечением 0,1–0,15 мм.

Водоснабжение декапсуляционной установки обеспечивает кран-«гусак» (13), соединенный резиновым шлангом (4) с водопроводом (14). Растворение декапсулирующих веществ, очистку яиц от оболочек и декапсуляцию проводят перемешиванием сжатым воздухом (15), оборудованным краном (16). В аппараты воздух подается по хлорвиниловым шлангам (17), оканчивающимся барботерами (18). Барботер изготовлен из медных трубок. К осевой трубке сечением 8 мм припаиваются под углом 120° три горизонтальных отводка и один торцевой сечением 4 мм. К отводкам прикрепляются аквариумные распылители.

Вблизи от декапсуляционной установки оборудуют весовую, где

устанавливают весы с ценой деления не более 10 г, располагают деканселяционные материалы, тару и совок, изготовленные из некоррозионных материалов.

2.9. Культивирование равноногих ракообразных

Из отряда равноногих ракообразных на корм рыбам выращивают водяного ослика (*Asellus aguaticus*) (рис. 19).

Способность к плаванию у него утрачена, он только ползает по дну. Живут ослики при температуре от 2 до 28°C. Водяные ослики крупные рачки: самцы длиной 8,5–17,6 мм, самки – 8–11 мм, питаются растительностью, особенно охотно поедают листья березы, осины, ольхи. Дыхание осуществляется при помощи пластинчатых ножек, расположенных на брюшке, живут до 2 лет, половая зрелость наступает в возрасте 47–67

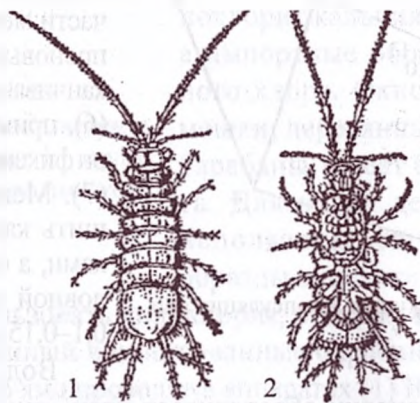


Рис. 19. Водяной ослик:

1 – самец (вид со спинной стороны); 2 – самка (вид с брюшной стороны)

дней. Они раздельнополые, соотношение самцов и самок в популяции 1:1.

Водяные ослики размножаются только в летнее время, интенсивнее при температуре выше 20°C. После оплодотворения самцы и самки расходятся. Затем самка линяет, у нее образуется выводковая сумка, заполняющаяся яйцами, где идет развитие яиц до образования подвижного рачка. Инкубационный период длится летом 7–10 дней, весной 14–20 дней. Всего в сумке может быть 100–180 и более яиц. Рачки

из выводковой сумки через щель выходят в воду. Затем самка снова линяет, повторное оплодотворение самки может произойти уже через 5–6 дней. Всего за летний период самка может дать 4–5 пометов. От одной самки можно получить до 3000 особей.

В выростных прудах водяного ослика можно культивировать точно так же, как и другие планктонные организмы. Для этого при заполнении выростных прудов вносят чистую культуру водяных осликов, используют промежуточные небольшие безрыбные водоемы. Оттуда в нужное время рачков пересаживают в выростные пруды. В выростных прудах их подкармливают наземной растительностью, листьями берез, осин и др. Когда молодь карпа переходит на питание бентосом (вторая половина вегетационного периода), биомасса осликов к этому времени в водоеме будет значительная – до 3 тыс. на 1 м², или 400–450 г/м².

Перевозить водяных осликов в другие фермерские хозяйства несложно. Используют рамки с влажной растительностью в ящиках, полиэтиленовые пакеты с кислородом, как это делается при перевозке личинок рыб или дафний. Длительность транспортировки при этом составляет 20 часов и более, плотность посадки по биомассе такая же, как и для других гидробионтов.

2.10. Культивирование амфипод

Весьма полноценным кормом являются рачки-бокоплавы. Это разноногие раки (амфиподы, гаммарусы или бокоплавы), они обитают в пресных водах, в море, среди них имеются как донные, в том числе роющиеся в грунте или живущие в защитных трубках, так и планктонные виды (рис. 20).

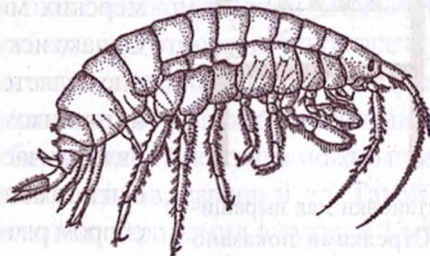


Рис. 20. Бокоплав (*Gammarus lacustris*)

Рачки довольно крупные. Тело сжато с боков, голова цельная, к ней присоединены 1–2 грудных сегмента, имеют фасеточные глаза. Ножки всех грудных сегментов устроены различно, некоторые вооружены хватательными крючками и почти все несут листовидные жаберные пластинки. Ножки брюшные достаточно развиты, три передние пары двуветвисты, снабжены плавательными щетинками и служат для плавания, задние пары направлены назад и вместе с тельсоном служат для прыгания.

Обитают гаммарусы в массовых количествах в литоральной зоне морей, рек, возможна их заготовка в значительных количествах.

Высокая питательность по белку и жиру, наряду с высокой численностью и биомассой, – следствие того, что рачки служат одной из основных составных частей в пище многих видов рыб в естественных условиях.

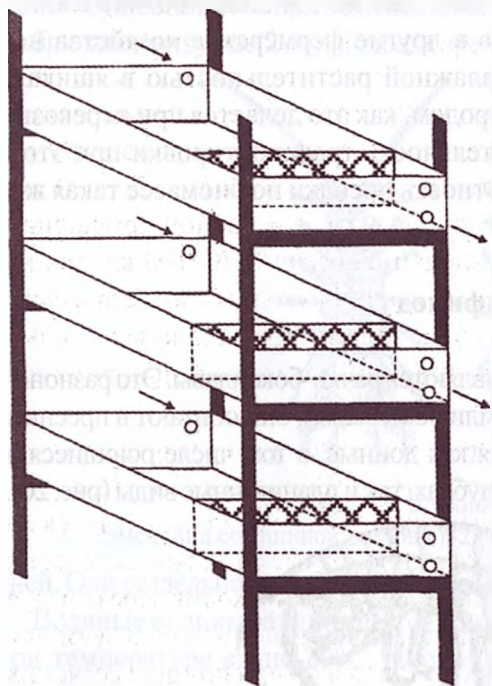


Рис. 21. Схема установки для выращивания гаммарусов. Стрелками показано направление движения воды

Литоральные бокоплавы российских северных морей, несмотря на высокие значения численности и биомассы, характерные для них во многих местах обитания, до сих пор мало используются фермерами-рыбоводами. Их собирают, сушат и применяют как кормовую добавку в составе кормов для разных видов рыб. Для этого бокоплавов следует в массовых количествах разводить на фермерских морских хозяйствах. Однако искусственное разведение является не единственным источником живых кормов. В ряде случаев разведение может быть заменено или дополнено сбором рачков в природе.

Сотрудниками Мурманского

морского биологического института РАН предложена установка для выращивания гаммарусов (*L. oceanicus*), работающая на морской воде (рис. 21).

2.11. Культивирование насекомых

Насекомые являются излюбленным кормом для многих рыб. Рыбы охотно поедают не только личинок насекомых, обитающих в водоеме, но и взрослых, попадающих на их поверхность. Для кормления рыб фермеры разводят насекомых, личинки которых живут в воде, и насекомых, личинки которых развиваются на суше.

Для кормления рыб А.С. Константинов предложил культивировать комаров, выращивая *Chironomus dorsalis*.

Для массового культивирования предложена многоярусная установка для получения личинок с целью воспроизводства маточного роя.

Площадь культиватора составляет 10–15% от площади установок в выростном помещении. Культиватор представляет собой металлический или деревянный каркас, где размещены одна над другой кюветы. Площадь одной кюветы 0,2–0,25 м², высота – 2,5–3,0 см. Расстояние между кюветами 5–7 см. Кюветы в маточном помещении заполняют илом и вносят туда кладки из расчета 70–100 кладок на 1 м², в них личинки развиваются до стадии куколки и вылета имаго. Вылет происходит не одновременно, кормят личинок до вылета последних комаров. Для кормления личинок лучше всего использовать кормовые дрожжи.

Кладки с вылупившимися личинками равномерно распределяют по поверхности иловой массы из расчета 100–150 кладок на 1 м². При этом следят, чтобы ил не был слишком жидкий. Иначе кладки опустятся на дно, и личинки погибнут. Для отбора личинок все содержимое кюветы процеживают через сито с ячейей 0,7–0,8 мм. Ил проходит через сито, а оставшихся на нем личинок отмывают, взвешивают и используют для кормления рыб. Отбирать личинок из ила можно при помощи сетчатых устройств: барабанов, ящиков, сачков и др. Такой способ позволяет получать до 34 г личинок хирономид в сутки с 1 м².

Весьма эффективна технология выращивания комнатной мухи

(*Musca domestica*). Новосибирским аграрным университетом разработан способ культивирования личинок этой мухи с использованием навозных стоков для кормления рыб.

Комнатная муха – высокопродуктивное насекомое. За короткое время от мух можно получать значительное количество биомассы. Считают, что потенциальная биологическая продуктивность за первые 50 дней жизни у олигохет может составить 8 т, у дафний – 1600 т, а у мухи – 12800 т.

В искусственных условиях мух содержат в садках в специальном помещении – инсектарии. Для нормальной жизнедеятельности мухи в садках необходимо на каждую особь предусмотреть: 0,5 см² для отдыха, 0,04 см² для посадки на корм, 0,01–0,03 см² для поения. На одну особь должно приходиться 6–8 см объема садка.

В Новосибирском агроуниверситете разработан и прошел испытания блок-модуль садка промышленного типа. Он рассчитан на содержание 1,43 млн мух, из них 0,71 млн самок. При плодовитости мухи в среднем 15 яиц в сутки с одного садка получают 710 г яиц, что достаточно для переработки 1 т навоза.

Лучшим кормом для мухи в садках являются неоплодотворенные миражные куриные яйца с добавлением сыворотки и патоки. При таком рационе наблюдается самая высокая плодовитость мух. Пищу раздают каждый час в течение суток. Величина суточного рациона равна массе мух.

Для переработки отходов животноводства с помощью личинок мухи пригодна только твердая фракция. Сначала жидкие отходы животноводства разделяют на фракции. Жидкая фракция поступает на поля фильтрации, в аэротенки или прямо на сельскохозяйственные угодья. Твердая фракция поступает в цех для переработки. Сепарация производится на специальной установке. Основным рабочим органом ее является сегчатый наклонный барабан, куда подается навоз влажностью 85–95%. Барабан вращается, жидкая часть стекает в приемник, а твердая скатывается по наклонному барабану на транспортер и поступает в цех переработки. Установка проста в изготовлении и надежна в работе.

Для переработки твердой фракции навоза личинками мухи разработаны разные установки. Самой простой из них является деревянный

наклонный лоток. Наклон лотка 30° . Навоз помещают по всей длине лотка, но на ширину $1/3-1/2$. После этого вносят яйца мухи равномерно по всей поверхности. Через 5–6 дней личинки покидают субстрат в стадии предкуколки и по свободной части лотка скатываются в приемное устройство. Лоток работает периодически.

Более сложной является установка циклического действия, состоящая из 24 лотков, расположенных в 2 яруса. В этой установке личинки мухи выполняют роль разгрузки лотков. Еще более сложной является установка непрерывного действия карусельного типа УКТ-1,0 А. Она состоит из лотков треугольной формы, которые ярусами располагаются в стойке, закрытой со всех сторон. Площадь одного лотка $0,715 \text{ м}^2$. Масса навоза на лотке 30,45 кг. Всего в установку помещается 1600 кг навоза. В сутки получают 10–32 кг личинок, ежедневно загружают 320 кг навоза, выход зоогуруса составляет 90–190 кг в сутки.

Установка по отделению личинок от субстрата представляет собой бесконечную сетчатую ленту, которая приводится в движение с помощью электромотора. Над лентой располагаются лампы. Субстрат с личинками из бункера подается на ленту с одного конца разделителя. По мере движения субстрата на ленте личинки под действием света и тепла уходят сквозь сетчатую ленту в наклонные желоба. По ним личинки попадают в приемник. Чистый зоогурус собирается в бункер на другом конце устройства.

Кроме этих организмов, имеются разработанные технологии культивирования мучных хрущей, тараканов, зерновой моли, моллюсков для кормления рыб.

2.12. Использование моллюсков

В качестве корма для рыб могут использоваться моллюски: физа, катушка, прудовик, дрейссена, перловица, беззубка. Большинство брюхоногих моллюсков питается растительной пищей, благодаря чему их мясо содержит большое количество различных витаминов.

Дрейссена, перловица и беззубка являются санитарями водоема. Они очищают воду, пропуская ее через себя. Следовательно, массовая их за-

готовка может нанести вред водоему. Для уменьшения наносимого вреда водоему лучше отлавливать наиболее крупные экземпляры с максимальным числом колец (5–7) на раковине. При этом, однако, следует помнить, что моллюски являются промежуточными хозяевами ряда паразитов рыб, и поэтому перед использованием их мясо нужно проварить. Будучи фильтраторами, они могут накапливать в своем организме значительное количество вредных веществ. Перед скармливанием рыбам нарезанное мясо брюхоногих и двусторчатых моллюсков, а также кальмаров можно несколько месяцев хранить в холодильной камере.

Для содержания брюхоногих моллюсков пригодны любые емкости: пластмассовые или каркасные аквариумы. Аквариум с моллюсками нужно прикрыть стеклом. Это необходимо для создания под стеклом влажной среды для некоторых моллюсков, например ампулярий, откладывающих свою икру выше уровня воды. В качестве корма для моллюсков можно использовать: свежий или мороженный трубочник, энхитерию, мелконарезанные кусочки мяса или рыбы (лучше пропущенные через мясорубку), манную крупу, листья капусты. Мелкие брюхоногие моллюски созревают в возрасте 1–3 месяца; виды, достигающие крупных размеров, например прудовики, – в возрасте 6–7 месяцев. Живут они 1–2 года. В одной кладке прудовика можно насчитать до 275 яиц. Темп роста моллюсков зависит не только от наличия пищи и соответствующей температуры, но и от наличия в воде солей, необходимых для формирования раковины. Поэтому для интенсивного их выращивания необходима регулярная подмена воды.

В качестве корма для рыб можно использовать также различных наземных улиток. Их сбор принесет пользу природе, так как большинство из них наносят вред растениям. Более того, наземные моллюски не являются промежуточными хозяевами паразитов рыб. Из водных моллюсков лучше использовать дрейссену: она вредит деревянным сваям и селится на затопленных стволах деревьев, где ее и собирают. Дрейссена в массе размножается в водоемах-охладителях. Моллюски, особенно растительноядные, весьма богаты витаминами. Перед скармливанием рыбам их раковины разбивают, обломки раковин удаляют, тело моллюска промывают и нарезают на кусочки.

Мясо моллюсков лучше пропустить через мясорубку, промыть водой, отжать и после этого скармливать рыбам. Полученное таким образом «филе» из моллюсков можно заморозить. Оно выдерживает многократное оттаивание и замораживание без потери качества. Перед скармливанием его необходимо разморозить, обдав кипятком, промыть водой и только после этого давать рыбам. Судя по темпам роста рыб, мясо моллюсков по своим питательным качествам является наиболее оптимальным кормом для большинства аквариумных рыб. Единственный его недостаток заключается в том, что если его дать больше, чем могут за один раз съесть рыбы, то оно опускается на дно, начинает гнить и портит воду.

Держать многих моллюсков можно в трехлитровых (и большего объема) банках при комнатной или пониженной до 4°C температуре в жесткой воде. Физ, катушек, прудовиков и ампулярий можно разводить, скармливая им листья свежей капусты, резаного или мелкого трубочника и энхитерий.

2.13. Совместно-раздельное культивирование гидробионтов двух трофических уровней

Поскольку в отечественной практике отсутствуют промышленные установки для совместно-раздельного культивирования кормовых организмов различных трофических уровней, в АзНИИРХ в 1982 г. был разработан макетный образец такой установки для совместно-раздельного культивирования протококковых водорослей и коловраток рода брахионус в интенсивном стационарном режиме в системе оборотного водоснабжения.

Установка состоит из двух соединенных между собой частей: водорослевой и коловраточной (рис. 22).

В качестве емкостей для установки рекомендуется использовать стеклопластиковые лотки Ейского типа.

Конструкция установки выполнена в сборно-разборном варианте и может применяться как в полевых условиях, так и в стационаре. При работе в полевых условиях необходимо спланировать горизонтальную площадку 4×3 м. Габаритные размеры установки: 4,3×3×2,3 м. Вес около 500 кг.

Водорослевая часть опытного образца установки отличается от макетного наличием дозатора для сухих компонентов питательной среды, ёмкости для питательного раствора, дозатора для питательного раствора, электронасосов, подающих суспензию в коловраточную часть установки, и бака для уксусной кислоты.

Коловраточная часть опытной установки отличается наличием сборной ёмкости, дозатора для подачи суспензии хлореллы, фильтрующего устройства для сбора урожая беспозвоночных и вентиля с электромагнитным приводом.

Блоки датчиков водорослевой и коловраточной частей установки, помимо датчиков температуры, освещенности, уровней в и pH среды, дополнены датчиками кислорода, электропроводности и оптической плотности. Кроме того, установка снабжена устройством термостабилизации, предназначенным для поддержания заданной температуры суспензии в водорослевой части установки и культуральной жидкости в коловраточной её части.

Помимо описанной установки для совместно-раздельного культивирования организмов двух трофических уровней в интенсивном стационарном режиме, разработаны два других образца малогабаритных установок, предназначенных для тех же целей. Используемые в качестве модульных, они с успехом могут служить для оснащения биотехнических комплексов как в закрытом помещении, так и под открытым небом на берегу рыбоводных ёмкостей – прудов, бассейнов, лотков.

Технологический процесс выращивания живых кормов в установках начинается с предварительного лабораторного культивирования маточных культур микроводорослей и беспозвоночных животных до плотности, необходимой для эффективной зарядки установки.

Маточную культуру микроводорослей первоначально выращивают в лабораторных условиях, используя вегетационные сосуды, пробирки или малогабаритную установку № 1. При этом необходимо поддерживать на постоянном уровне основные параметры культивирования – температуру в пределах 27–28°C; освещенность 20–25 клк, создаваемую люминесцентными лампами ЛДЦ, или 35–40 клк – лампами ЛБУ; активную реакцию среды 6,5–7,0 с корректировкой её уксусной

кислотой 2–4 раза в сутки. Культивирование предпочтительно вести на питательных средах Таймия, Пратта, Елсукова и др. В таких условиях микроводоросли к седьмым суткам достигают стадии стационарного роста и при численности 5–10 млн кл/мл и биомассе около 0,5–1,0 г/л готовы к внесению в водорослевую часть установки для массового культивирования.

Заряжать коловраточную часть установки можно вегетирующей популяцией коловраток, выращенной в лаборатории из покоящихся яиц, вегетирующей популяцией коловраток, полученной из водоёма, или покоящимися яйцами.

Выращивание маточной культуры коловраток из имеющейся в лаборатории популяции ведут в трех-, пятилитровых ёмкостях, используя в качестве корма суспензию хлореллы, которую добавляют по мере осветления культуры. При этом терморегуляторами поддерживают температурный режим 26–27°C и световой режим на уровне 3 клк лампами ЛДЦ. Соблюдение указанного режима через 7–10 дней позволяет довести первоначальную плотность коловраток 2–5 экз./мл до 50–100 экз./мл. Такую культуру можно использовать для зарядки установки.

При отсутствии вегетирующей лабораторной популяции коловраток маточную культуру последних получают из зоопланктона естественных водоёмов по методике Д.А. Эрмана. Для этого под бинокулярной лупой пипеткой отлавливают несколько самок брахионуса с партеногенетическими яйцами. Затем их рассаживают в стаканчики по 100 мл и подкармливают протококковыми водорослями. Через 6–7 дней культуру переносят в сосуды большей ёмкости (3–5 л) и выращивают дальше до высокой плотности (50–100 экз./мл) так же, как при культивировании маточной культуры из лабораторной популяции. Общая продолжительность выращивания маточной культуры по такой методике занимает от 14 до 20 суток.

Установка, кроме того, может быть заряжена покоящимися яйцами. Для этого одновременно с внесением в водорослевую часть установки маточной культуры хлореллы в культиватор для коловраток помещают их покоящиеся яйца в количестве 10 г/м³ (10 мг/л) из расчёта 50 экз./мл и заливают небольшим количеством суспензии хло-

реллы. При поддержании с помощью терморегулятора температуры на уровне 27°C и круглосуточном освещении лампами на второй-третий день происходит массовый выклев коловраток. Ежедневная подача водорослевого корма из водорослевой части установки в количестве, соответствующем вышеприведенным нормативам (500–1000% биомассы), через 3–5 дней обеспечивает плотность коловраток, необходимую для запуска установки.

Питательный раствор через вентиль подается в сборную ёмкость водорослевой части установки. Затем сюда же вносится маточная культура хлореллы плотностью не менее 5 млн кл/мл из расчета 100 л такой суспензии на 1 м³ питательного раствора. По мере роста альгокультуры концентрация компонентов питательной среды корректируется по формуле 2

$$C_n = C_1 \cdot B_n \cdot P/B, \quad (2)$$

где: C_n – концентрация компонентов среды, соответствующая исходной биомассе водорослей, г/л;

C_1 – концентрация компонентов, соответствующая исходной биомассе 1 г/л;

B_n – биомасса водорослей, г/л;

P/B – коэффициент оборачиваемости, безразмерная величина (или удельная продукция).

В процессе работы установки альгокультура непрерывно циркулирует в контуре: сборная емкость – расходная емкость – световой реактор – сборная ёмкость, в которую по мере роста культуры добавляется питательный раствор. В течение 4–5 дней водорослевая часть установки работает в накопительном режиме, без снятия урожая. Лишь когда биомасса водорослей достигнет не менее 2,5 г/л во всем объёме циркулирующей суспензии, установку переводят на пропорционально-проточный режим работы, при котором съём урожая водорослей и обновление среды ведут пропорционально приросту биомассы в единицу времени. При этом плотность водорослей увеличивается в несколько раз.

Для расчета количества снимаемого урожая используется эмпирическая формула 3

$$U = P \cdot V / B_n, \quad (3)$$

где: U – снимаемый урожай от валовой биомассы в объёме реактора, л;

V – объём реактора, л;

B_n – валовая биомасса в момент наблюдения, представляющая сумму исходной биомассы и продукции, г/л;

P – суточная продукция, г/л.

Урожай в виде суспензии подается в накопительную ёмкость, откуда частично через вентиль поступает самотеком и подаётся дозатором на корм коловраткам в культиватор для них, частично сливается для накопления и хранения. Во время работы установки все параметры жизнеобеспечения водорослей поддерживаются на оптимальном нормативном уровне.

Полученную одним из рассмотренных выше способов точную культуру коловраток вносят в реактор для их культивирования и заполняют его водой с суспензией хлореллы. При этом исходная плотность коловраток в установке оптимально должна быть не менее 50 экз./мл. На протяжении 5–7 суток культуру выращивают в накопительном режиме без снятия продукции, доводя её плотность до 100 экз./мл и более. Снижение исходной плотности удлиняет, а повышение её сокращает продолжительность накопительного периода.

Во время накопительного периода работы установки в реальных условиях её эксплуатации численность коловраток колебалась от 10 до 90 экз./мл. Переход на стационарный пропорционально-проточный режим культивирования сопровождался увеличением численности животных в десятки раз, достигая на 20-е сутки (в стадии экспоненциального роста) 900 экз./мл. При более высокой исходной плотности коловраток (50 экз./мл) накопительный период сокращался с 7–10 до 3 суток.

С окончанием накопительного периода установку переводят на пропорционально-проточный режим культивирования, при котором

ежесуточно снимается урожай организмов в объёме, рассчитанном по формуле 2, как при эксплуатации водорослевой части установки. Чтобы удалить продукты метаболизма и поддерживать непрерывность процесса продуцирования, слитый объём заменяют равным ему объёмом свежей среды с кормовой суспензией. Необходимое количество корма рассчитывается с учетом биомассы животных и величины рациона по формуле 4:

$$B_{\text{к.с.}} = B_{\text{к}} \cdot R_{\text{к}}, \quad (4)$$

где: $B_{\text{к.с.}}$ – необходимая биомасса кормовой суспензии, г/л;

$B_{\text{к}}$ – биомасса коловраток, г/л;

$R_{\text{к}}$ – рацион коловраток, принятый равным 5 (500%).

Для расчета необходимого количества вносимой кормовой суспензии в единицах объёма использовалась предложенная нами формула 5

$$V = \frac{B_{\text{к}} \cdot R_{\text{к}}}{B_{\text{в}}} \cdot V^1, \quad (5)$$

где: V – объём кормовой суспензии микроводорослей, вносимой на весь объём реактора коловраток, л;

V^1 – объём реактора коловраток, л;

$B_{\text{к}}$ – биомасса коловраток, г/л;

$B_{\text{в}}$ – биомасса кормовых микроводорослей в суспензии, г/л;

$R_{\text{к}}$ – суточный рацион коловраток (в нашем случае равен 5).

Биомассу микроводорослей в суспензии ($B_{\text{в}}$) рассчитывают с учетом их численности и размерно-вещного состава согласно приложению V. В случае, если $B_{\text{в}}$ меньше необходимой коловраткам биомассы корма ($B_{\text{к.с.}}$), недостающую часть рациона компенсируют по весу за счет продуктов переработки хлореллы (25–50%) и дрожжей (не свыше 25%). Если же $B_{\text{в}}$ оказывается больше биомассы корма ($B_{\text{к.с.}}$), необходимой находящимся в установке коловраткам, избыточное количество водорослевой суспензии по шлангу сливается в живорыбную машину и перевозится в рыбоводные ёмкости: бассейны, лотки, садки или выростные пруды.

Урожай коловраток в зависимости от цели либо концентрируют

через воронку с газом и сразу же скармливают личинкам рыб, либо вносят в рыбоводные ёмкости в виде суспензии.

Ежесуточное кормление и сбор урожая осуществляются самотеком. При этом водный поток регулируют с помощью расходомера, поддерживающего скорость водообмена в пределах 15–20 л/мин.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие виды микроводорослей выращивают для кормления рыб?
2. Какие среды используются для культивирования хлореллы?
3. Какими технологическими приемами пользуются для выращивания вольфии?
4. Каких простейших выращивают для кормления рыб?
5. Что используется в качестве корма при выращивании парameций?
6. Какие технологические приемы используются при культивировании коловраток?
7. Что является субстратом при культивировании нематод?
8. Чем питается трубочник?
9. Какие виды олигохет являются кормом для рыб?
10. Как выращивают аулофорусов?
11. Как происходит промышленное разведение белого энхитрея?
12. Какие технологии применяют для культивирования дождевых червей?
13. Какие виды ветвистоусых ракообразных разводят в качестве живого корма?
14. Какие существуют методы культивирования дафний?
15. Каким способом получают декапсулированные яйца артемии для кормления рыб?
16. Какова технология инкубации яиц артемии салина?
17. Как разводят водяных осликов?
18. Личинок каких насекомых разводят?

Глава 3.

Состав кормового сырья для производства полноценных комбикормов

Комбикормовая промышленность производит смеси из различных видов сырья (компонентов), комбинируя их в самых разных сочетаниях и пропорциях. Смесь составляется таким образом, чтобы недостатки одних компонентов компенсировались преимуществами других. Требования к комбикормам для рыб чрезвычайно велики. В современных условиях интенсивного выращивания рыб все питательные вещества, необходимые для роста и развития, компенсируются комбикормами. При производстве комбикормов, премиксов используют большое разнообразие различных по происхождению компонентов, добавок, биологически-активных веществ и препаратов. Считается, что чем больше компонентов входит в состав комбикорма, тем выше его питательность и эффективность. Однако есть и малокомпонентные высокопитательные комбикорма на основе сырья высокого качества.

3.1. Кормовое сырье растительного происхождения

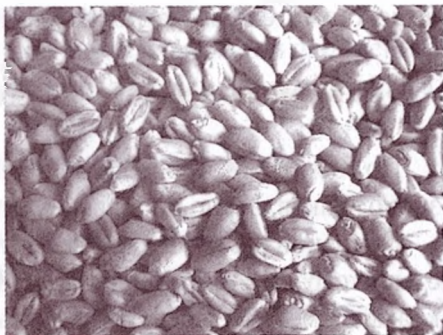
По составу питательных веществ эти корма делятся на 3 подгруппы: зерно злаков, зерно бобовых культур и семена масличных культур.

Основной частью сухого вещества **зерна злаков** являются безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), из которых 55–57% представлены крахмалом. В зерне злаков содержится 85–90% сухого вещества, оно небогато протеином (5–22%). Содержание жира колеблется от 2 до 5%, липиды зерна содержат главным образом линолевую, олеиновую кислоты (до 85 %), иногда линоленовую кислоту. Белки представлены альбуминами, проламинами, глобулинами и глютеинами. Из минеральных элементов больше всего в зерновых компонентах фосфора, калия, магния (до 13%), кремния (в оболочках). По качеству кормовое зерно подразделяют на высоконатурное, средненатурное и низконатурное. Эти компоненты широко применяются в составе продукционных комбикормов для карповых рыб и форели. В составе кормов для других видов рыб они также используются, но в меньшей степени.

Пшеница (рис. 23) является одним из наиболее питательных кормов, протеин и аминокислоты пшеницы хорошо усваиваются, однако пшеница, как и другие злаки, имеет дефицит лизина. Особенностью пшеницы является высокое содержание клейковины, которая способствует связыванию компонентов комбикорма. В комбикормовой промышленности используется фуражная пшеница. В пшенице, особенно проросшей, содержится значительное количество витаминов и ферментов. Витамины А и D, представлены в форме провитаминов – каротиноидов и стирола, витамина Е. В оболочке зерна достаточное количество витаминов группы В. Содержание углеводов составляет 69–85%, экструзия зерна пшеницы приводит к повышению в нем уровня сахаров и декстринов. В 1 кг пшеницы содержится 4,7 г лизина, 1,6 – триптофана, 1,8 метионина и 2,0 – цистина. Жир пшеницы представлен ненасыщенными жирными кислотами – линолевой (56%), олеиновой (12%) и линоленовой (2–4%).



А



Б

Рис. 23. Пшеница: А – колосья; Б – зерно

Ячмень по питательности близок к пшенице, однако отличается худшим использованием на прирост. Среди незаменимых аминокислот в белке ячменя, кроме лизина (4,4 г/кг), имеется также недостаток метионина (1,8 г/кг). Кроме того, в эндосперме ячменя обнаружен ингибитор α -амилазы – абсцизовая кислота. Содержит витамины Е, РР и группы В. Липиды ячменя представлены ненасыщенными жирными кислотами. Используется в качестве

заменителя пшеницы в кормах для карпа, канального сома и некоторых других видов рыб.

Рожь (рис. 24) характеризуется меньшей кормовой ценностью. В мелком и щуплом зерне, которое обычно используется для комбикормовой промышленности, содержится до 12% протеина, более 70% БЭВ, до 4% клетчатки. В ней много лизина, но недостаточно триптофана. Карп поедает рожь менее охотно, чем пшеницу и ячмень. Зерно ржи содержит много слизистых веществ. Жир представлен олеиновой (20%), линолевой (60%) и стеариновой (20%) жирными кислотами.



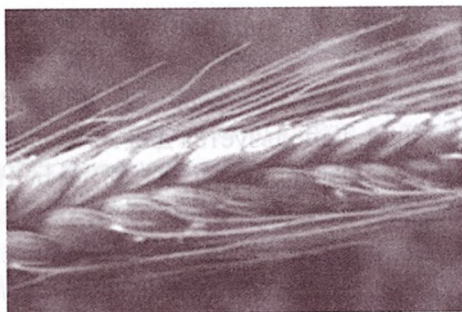
А



Б

Рис. 24. Рожь: А – колосья; Б – зерно

Тритикале (рис. 25) – пшенично-ржаной гибрид. По сравнению с другими хлебными злаками, оно содержит больше белка и имеет лучший аминокислотный состав. Как источник энергии тритикале успешно заменяет пшеницу, кукурузу, ячмень и зерновое сорго. Белок тритикале по содержанию незаменимых аминокислот более полноценен и лучше усваивается, чем белки пшеницы. Зерно тритикале также характеризуется повышенной зольностью и наличием в нём специфического углевода ржи-трифруктозана. Главным компонентом зерна тритикале, как и других злаковых, является крахмал. На его долю приходится 3/4 веса зерна. Тритикале содержит фосфолипиды, значительное количество клейковины, макро- и микроэлементов и т. п.



А



Б

Рис. 25. Тритикале: А – колос; Б – зерно



Рис. 26. Овес

Овес (рис. 26) отличается невысокой кормовой ценностью и используется в составе комбикормов для рыб ограниченно. В зерне содержится 10–14 % сырого протеина, до 5% жира. В кормах для рыб применяют овес, в котором пленки составляют не более 25% массы зерна. Наиболее ценен очищенный овес.

Кукуруза (рис. 27) – ценный кормовой компонент, она содержит много крахмала, но в ней мало протеина, при дефиците лизина и триптофана. Растворимость белков составляет менее 17%. Переваримость протеина кукурузы низкая, что обуславливает ее ограниченное использование в составе комбикормов для рыб, однако этот компонент незаменим при изготовлении плавающих и медленно тонущих экструдатов. Корма с высоким содержанием кукурузы плохо хранятся и быстро плесневеют.



Рис. 27. Зерна кукурузы

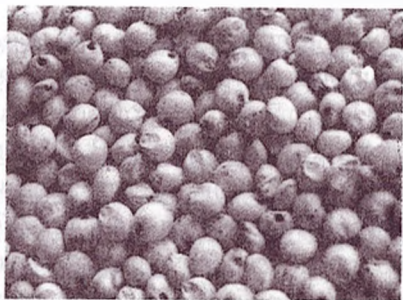
Сорго (рис. 28) – по химическому составу и пищевой ценности близко

к кукурузе. В зерне сорго содержится 8,5–11,2% протеина, 2,8–4,5% жира. Тепловая обработка и другие способы (гранулирование, экстрадирование) улучшают усвоение питательных веществ в большей степени, чем других видов зерна.

Зерно сорго отличается большим количеством танинов (до 5%), которые тормозят рост и развитие рыб, поскольку связывают ферменты трипсин и амилазу. Белок сорго дефицитен по метионину и лизину. Может использоваться в составе продукционных комбикормов для карпа, форели в количестве 7–10%.



А



Б

Рис. 28. Сорго: А – колос; Б – зерно

Зерно *риса* (рис. 29) содержит мало протеина (7–9%) и жира (0,5–2,6%), много углеводов (63–89%), в том числе – до 60% крахмала и незначительное количество минеральных веществ. Перевариваемость риса для рыб составляет около 60%.



Рис. 29. Рис

Просо (рис. 30) содержит значительное количество углеводов (до 80%), 10–14% белка. Фосфор в составе проса хорошо усваиваемый. В составе аминокислот наиболее дефицитны метионин и лизин.

Помимо зерна, в комбикормах часто используются продукты его переработки и

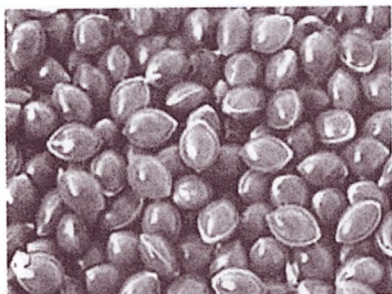


Рис. 30. Зерна проса

отходы мукомольной промышленности.

Отруби получают при помоле зерна на муку. Различают отруби грубого и тонкого помола. Их питательность зависит от содержания мучнистых частичек — чем их меньше и больше оболочек, тем ниже питательная ценность продукта.

Пшеничные отруби — побочный кормовой продукт при мукомольном производстве. В среднем в 1 кг пшеничных отрубей содержится 8,85–9,28 МДж обменной энергии, 97–112 г переваримого протеина, 34–41 г сырого жира, 80–88 г сырой клетчатки, 526–530 г БЭВ, 5,7 г лизина, 1,9 г метионина, 1,9 г триптофана. Отруби богаты витаминами комплекса В. Так, в 1 кг пшеничных отрубей содержится в среднем 7,1 мг тиамина, 2,9 мг рибофлавина, 308 мг никотиновой кислоты. Аминокислотный состав протеина пшеничных отрубей и соотношение фракций по растворимости в этом компоненте выше, чем в зерне. Водорастворимые белки составляют около 26% белковых веществ, преобладают белки с молекулярной массой от 1,5 и выше тыс. Да. Перевариваемость сухого вещества для рыб низкая — до 42%. Питательная ценность этого компонента может быть повышена за счет экструзии.

Ржанные отруби по питательности близки к пшеничным отрубям. Могут иметь антипитательные вещества, что ограничивает их использование в кормах для рыб. В 1 кг ржанных отрубей содержится 8,97–10,87 МДж обменной энергии.

Кукурузные отруби редко используются в кормлении рыб в связи с тем, что их перевариваемость в 2 раза ниже, чем пшеничных.

При переработке зерна в муку, кроме отрубей, получают кормовую муку. В ней содержится большее, чем в отрубях, количество крахмала и меньшее — золы и клетчатки (табл. 9). Протеин кормовой муки имеет достаточно высокую биологическую ценность, содержит необходимые жирные кислоты и витамины В₁, В₂, Е.

Состав сухого вещества кормовых мучек из различного сырья

Показатели	Вид мушки			
	кукурузная	ячменная	пшеничная	овсяная
Сырой протеин	10,3	14,9	16,9	12,6
Сырой жир	4,2	3,6	3,9	5,5
БЭВ	80,7	73,6	72,0	68,3
Сырая зола	1,6	3,5	2,6	5,0

Рисовая мука – получается при шлифовке и очистке рисовых зерен. Питательность аналогична питательности зерна, отличается высокими связующими свойствами.

Мука из тапиоки используется в основном в Юго-Восточной Азии. Изготавливается из клубней тапиоки (рис. 31). Содержит 2,5% протеина при дефиците лизина и метионина. Отличается высоким уровнем углеводов (до 80%) – в основном за счет крахмала.



Рис. 31. Клубни тапиоки

Мучная пыль представляет собой смесь тонкой муки и отрубей. Наиболее питательна белая пыль, менее – серая. Состав питательных веществ соответствует зерну, поступающему на помол. Неприятный запах пыли возникает при заражении зерна грибками, клещами. Кислый, сладкий или солодовый вкус муки свидетельствует о развитии бактерий.

В качестве весьма перспективного кормового сырья для продукционных, стартовых комбикормов для рыб следует считать пшеничные зародышевые хлопья (ПЗХ) и витайзар.

Пшеничные зародышевые хлопья (ПЗХ) – это отходы мукомольной

промышленности, они представляют собой лепестки золотисто-желтого цвета. В ПЗХ содержится от 29 до 41% протеина, жира 8–13%, углеводов – 37–52%. Липиды содержат 65–70% полиненасыщенных жирных кислот.

Витазар – продукт, получаемый из зародышей пшеницы путем специальной их технологической переработки в процессе получения масла зародышей пшеницы и заключающейся исключительно в «холодной» механической обработке. В нем содержится 30–40% сырого протеина, 4–9% сырого жира, 2–5% золы, 40–50% углеводов. Отличается высоким содержанием водорастворимых белковых веществ, почти на 70% представленных пептидами с молекулярной массой менее 6,5 тыс. Да. Жиры представлены на 90% в виде свободных липидов, что способствует полной утилизации при минимальных энергозатратах организма. Витазар содержит витамины B_1 , B_2 , B_6 , пантотеновую, фолиевую кислоты, бета-каротин, D, E, H, PP, содержание которых в этом компоненте в среднем в 5 раз превышает их концентрацию в необработанном зерне. Витазар содержит 21 минерал, и среди них железо, кальций, магний, марганец, селен, фосфор, цинк.

Витал (пшеничный глютен) – продукт, получаемый специальным методом экстракции из пшеничной муки, рафинируется, тщательно сушится и просеивается. Витал представляет собой нерастворимый в воде комплекс белков, состоящий из низкомолекулярного глиадина и высокомолекулярного глютенина. Этот компонент характеризуется высоким содержанием протеинов и весьма специфическим спектром аминокислот. Связывающие свойства и высокая усваиваемость пшеничного глютена позволяют его использовать в гранулированных или экструдированных кормах для рыб.

Глютен кукурузный (рис. 32) – побочный продукт производства крахмала из кукурузы. Это белок кукурузного зерна, который отделен от остальных частей зерна (крахмала, клетчатки и жира) в процессе его переработки. Содержит около 42% протеина, 5–6% жира, 3–3,4% золы, 21–28% углеводов. Протеин глютена представлен в основном проламинами и глютелином. Аминокислотный состав кукурузного

глютена обладает низкой биологической ценностью в связи с дефицитом лизина и триптофана. Содержит большое количество линолевой кислоты, а также натурального пигмента ксантофилла. Кукурузный глютен содержит комплекс микроэлементов, жиро- и водорастворимых витаминов Е (токоферол), В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин), В₄ (холин), В₅ (кислота пантотеновая), В₆ (пиридоксин), РР (кислота никотиновая).



Рис. 32. Кукурузный глютен

Зерно бобовых культур отличается высоким содержанием протеина (20–40%) и незначительным количеством БЭВ (30–35%), из которых крахмал составляет 33–37%. Практически все зернобобовые культуры, за исключением сои, содержат малое количество жира и минеральных веществ.

К бобовым, которые используют для кормления рыбы, относятся соя, горох, люпин, вика, чечевица, содержащие до 25–35% протеина, который усваивается на 70–80%. Соотношение

белка и крахмала у бобовых культур находится в пределах 1: 2,5–3,0 (в то время как у злаковых – 1:6–7).

По питательности первое место среди бобовых занимает соя (рис. 33). В ее семенах содержится 32–45% сырого протеина, 15–24% сырого жира и сравнительно мало углеводов. Протеин сои характеризуется высокой растворимостью. Ее аминокислотный состав приближается к составу животного протеина, из нее изготавливают заменители молока для сельскохозяйственных животных. В 1 кг сои содержится 21,1 г лизина, 4,3 г триптофана, 4,6 г метионина, 5,3 г цистина. Состоит протеин в основном из глобулинов (78,7%), альбумины составляют лишь 6,64%. Водорастворимая фракция составляет 72–94%, солерастворимая 3–23%, щелочерастворимая 3–22, в белках преобладают щелочные незаменимые аминокислоты. В жире сои нет холестерина.

Однако соя содержит значительное количество антипитательных ве-

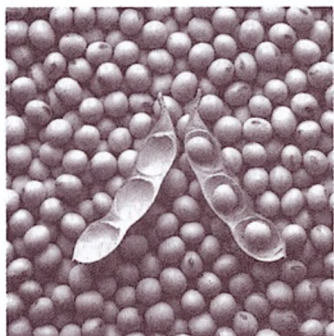


Рис. 33. Соя

ществ: ингибитор трипсина, гемагглютинин, соланин, уреазу, липоксидазу и др., которые не позволяют скормливать сою без тепловой обработки (все антипитательные вещества имеют белковую природу и разрушаются при прогревании – в экструдерах и пр.). Как правило, в состав рыбных комбикормов входят продукты сои – жмых и шрот, соевая мука, отруби.

Молоко сухое соевое содержит не менее 38% протеина, не менее 20% жира, не более 7% влаги, может заменять в стартовых комбикормах сухое молоко и сухой обрат.

Соевый протеин – новое ценное кормовое сырье. Изолированный соевый протеин – очищенный от углеводов, растительной клетчатки и жира кормовой компонент, содержит не менее 92% белка в абсолютно сухом веществе. Кормовой соевый белок используется в комбикормах для форели, осетровых рыб.

Соевый протеиновый концентрат – это белковый продукт, содержащий 60–62% сырого протеина. Этот компонент производится из обезжиренного соевого шрота, освобожденного от растворимых сахаров в процессе спиртовой экстракции. Основные фракции белков концентрата представлены в легкодоступной для переваривания форме. Соевый протеиновый концентрат, являясь высококачественным источником белка, может быть альтернативным заменителем рыбной муки в кормах для рыб. Аминокислотный состав этого компонента представлен лизином (3,8%), метионином (0,9%), цистином (1,5%), триптофаном (0,8%) и треонином (2,4%).

Полножирная экструдированная соя (рис. 34) – кормовой компонент из полножирных соевых бобов. Технология производства этого компонента предусматривает экструзию, которая протекает при избытке тепла, вырабатываемого в процессе прохождения сои через ствол экструдера. Процесс экструдирования занимает менее 30 секунд. В течение этого времени температура в стволе

экструдера повышается до 110–130°C. Этого достаточно, чтобы нейтрализовать содержащиеся в соевых бобах антипитательные вещества. В процессе экструзии сои аминокислоты не разрушаются, так как максимальная температура поддерживается в течение очень короткого времени – 5–6 секунд. В стволе экструдера в результате процессов давления и размалывания, происходит частичное разрушение стенок клеток. При выходе сои из экструдера, в результате резкого перепада давления, стенки клеток окончательно разрываются. Это повышает переваримость питательных веществ, в том числе и жира, высвобождаются токоферолы (естественные антиокислители) и лецитины (фосфатиды, необходимые для нормального функционирования нервной системы, мозга и усвоения жира). Полножирная экструдированная соя используется в кормах для рыб. Норма ввода в корма для форели и лосося – 10%, карпа и сома – 20%, креветки – 10%.

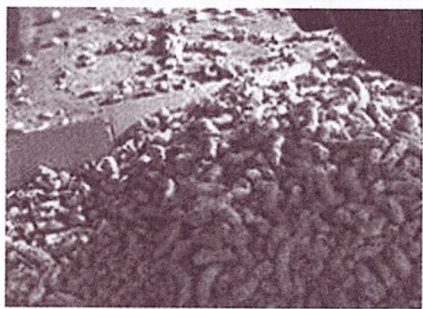


Рис. 34. Полножирная
экструдированная соя

превышает 5%. Горох достаточно легко переваривается рыбой, однако наличие в нем веществ, подавляющих действие трипсина, требует его предварительной тепловой обработки (экструзии).

Гороховый протеин представляет собой концентрат горохового протеина, выделенный из весеннего желтого гороха *Pisum sativum*. Содержание белка в этом компоненте достаточно высокое – 70–85%. Гороховый протеин обладает высокой степенью усвояемости

Горох (рис. 35) является традиционным компонентом карповых кормосмесей. В нем содержится 18–24% протеина, до 5% клетчатки, 22–26% белка, 2–3% жира. Из минеральных веществ богат фосфором. В водорастворимой фракции преобладают высокомолекулярные белки с массой свыше 12,6 тыс. Да. Углеводы в основном представлены крахмалом. Уровень клетчатки не

и отличается низким содержанием полисахаридов. Основное преимущество этого продукта – высокое содержание лизина (7,5%) и присутствие в достаточных количествах незаменимых аминокислот. Гороховый протеин используют в комбикормах для форели и осетровых рыб.



Рис. 35. Горох.

Люпин используют реже. Он содержит алкалоиды (главным образом люпинины, оказывающие парализующее действие на нервную систему), придающие зерну горький вкус. В настоящее время выведены сладкие сорта люпина с минимальным содержанием алкалоидов (до 0,1%) и хорошей переваримостью питательных веществ (БЭВ 68–81,1%, протеина 73,5–86%). Протеин люпина состоит из глобулинов: α -конглобулина, содержащего 17,9% азота, и β -конглобулина, содержащего 17,9% азота. В протеине зерен люпина содержится 23–50% водорастворимых, 47–70% соластворимых и 3–9% щелочерастворимых фракций.

В ограниченном количестве используют *вику* и *чечевицу*, что частично связано с особенностями их состава. Зерна этих бобовых сходны по составу с горохом. В 1 кг вики содержится 258 г, а в чечевице 252 г сырого протеина. Чечевица содержит 0,6–2,1% жира, 47–60% БЭВ, 2,9–4,6% клетчатки и 2,3–4,4% минеральных веществ (зола); вика, соответственно: 0,86, 54,35, 3,96, 2,94%.

Кроме того, вика содержит токсичные соли синильной кислоты и плохо поедается рыбами.

Семена масличных культур содержат значительное количество жира (35% и более) и протеина (до 25%). Наиболее часто в комбикормах для рыб используются отходы маслоэкстракционной промышленности.

Жмыхи являются побочным продуктом, получаемым при отжиме масла на шнековых и гидравлических прессах из предварительно очищенных, перемолотых и обработанных теплом и влагой маслосемян. Они содержат 8–10% жира.

Шроты получают при экстрагировании масла из предварительно

очищенных и перемолотых маслосемян органическими растворителями (бензин, дихлорэтан). После экструдирования из остатков растворитель удаляют с помощью пара, остатки семян высушивают. При этом способе получения масла в отходах сохраняется около 1% жира.

Кормовые достоинства шротов и жмыхов (рис. 36) определяются высоким содержанием в них протеинов. 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. Названные отходы масленичного 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.

Многие жмыхи и шроты содержат вещества, тормозящие усвоение протеина – ингибиторы трипсина, антиметаболит триптофана, они вызывают расстройство обмена веществ. Для инактивации этих веществ шроты подвергают влаготепловой обработке (50°С в течение 60–90 минут). Питательность жмыхов и шротов также зависит от вида и сорта зерна.



Рис. 36. Соевый шрот

Соевый шрот по общему содержанию белков и их биологической ценности является самым качественным растительным сырьем в производстве комбикормов. Цвет компонента от светло-желтого до светло-бурого, он характеризуется благоприятным аминокислотным свойством. Вырабатывается из семян сои при производстве

масла. Соя при переработке отдает только свою «маслянистую» часть, оставляя в отходах расплюснутые «лепестки» зерен (соевый шрот). В составе соевого шрота содержится 46–48% протеина и не более 2% жира, богатый набор минеральных веществ – кальций, железо, фосфор, марганец, цинк.

В последние годы во всем мире соевый шрот широко используется в составе рыбных комбикормов. Соевым шротом заменяют более половины рыбной муки, сохраняя при этом необходимый состав и баланс аминокислот. Кроме соевого шрота, промышленность предлагает соевую муку, которая не уступает ему по продуктивному действию, но ее стабильность существенно выше.

Соевый жмых получают при механическом извлечении масла из семян сои. По пищевой ценности и химическому составу соевый жмых имеет наилучшие показатели из всех жмыхов других культур. Белок жмыха обладает высокой биологической ценностью и усваиваемостью. Кроме высококачественного белка, в соевом жмыхе содержатся микроэлементы – кальций, железо, фосфор, марганец и цинк. Еще одна отличительная особенность соевого жмыха и его преимущество перед другими видами жмыхов – это низкое содержание в его составе клетчатки (не более 7%).

Подсолнечниковый шрот, по сравнению с соевым, менее ценен, поскольку содержит до 15% клетчатки. Получают его из облущенных и необлущенных семян. Первый содержит 40–46% протеина, 10–14% клетчатки, 1% жира, 0,4% кальция, 1% фосфора. Протеин имеет высокую растворимость. Лизин подсолнечника плохо усваивается карпом (на 60%), однако подсолнечный шрот широко используют в продукционных комбикормах для карпа, радужной форели и осетровых рыб. В его липидах содержится в основном олеиновая и линолевая жирные кислоты.

Подсолнечниковый жмых содержит до 40% сырого протеина, 6–8% жира, 10–12% клетчатки. Растворимость протеина зависит от режима тепловой обработки в процессе получения масла и находится в пределах 30%. Водорастворимая фракция до 75% представлена поли- и олигопептидами с молекулярной массой менее 6,5 тыс. Да.

Льняное семя (рис. 37) является ценным источником полиненасыщенных жирных кислот, клетчатки и лигнанов. Оно богато калием, витамином Е, клейковиной, незаменимыми аминокислотами и минеральными веществами. Семя льна богато растительными жирами, особенно полиненасыщенными или незаменимыми жирными кислотами омега-3 и омега-6, которые благоприятно влияют практически на все процессы жизнедеятельности рыб. Семена, кроме того, содержат: макроэлементы (мг/г) – калий (до 15), кальций (до 5), магний (около 4), железо (около 0,1); микроэлементы – марганец, медь, цинк, хром, алюминий, селен, никель, йод, свинец, бор. Семена концентрируют селен, содержат слизистые вещества, пектин, жирные масла – глицериды, линоловаты, линоловую, олеиновую, стеариновую, пальмитиновую, изолиноловую кислоты, цианогенный гликозид линамарин, энзим линамараза, протеины, сахара, витамин А (каротин), метиловый эфир.

Семена содержат жирное высыхающее масло (30–48%), слизь (5–12%), белок (18–33%), углеводы (12–26%), органические кислоты, ферменты, каротиноиды, витамины В₁, В₂, С, Е, стеролы. Цвет в зависимости от сырья и технологии производства – от желтого до зеленовато-желтого цвета с буроватым оттенком.

Лигнаны (пищевые волокна) обладают антимиотическим, эстрогенблокирующим действием. Они также вызывают антибактериальный, антигрибковый, противовирусный эффект.



Рис. 37. Льняное семя

Состав льняного семени канадских сортов, по сухому веществу: жировая составляющая – 41%, диетическая клетчатка – 28%, зольный остаток – 4%, протеин – 21%, прочие углеводы (сахар, ароматические кислоты, лигнин и гемицеллюлозы) – 6%.

Льняной шрот и жмых благодаря содержанию пектиновых веществ обладает хорошими диетическими свойствами, он содержит линоленовую жирную кислоту. Следует иметь в виду, что льняной шрот, особенно из незрелых семян, может содержать вещество глюкозидинамарин, образующий при гидролитическом расщеплении синильную кислоту (иногда до 300 мг в 1 кг корма). Поэтому предварительно шрот проверяют на содержание синильной кислоты.

Конопляный жмых получают при извлечении конопляного масла. Он содержит 33–35% протеина, однако клетчатка в составе углеводов превышает 50%. Протеин дефицитен по лизину. Конопляный жмых обладает аттрактивными свойствами для карповых рыб и используется в качестве приманки при любительском и спортивном рыболовстве.

Хлопчатниковый шрот содержит большое количество клетчатки, он изготавливается из отшелушенных семян. Хлопчатниковый шрот может содержать ядовитое вещество – госсипол, поэтому он применяется в кормах ограниченно. Можно использовать шрот с содержанием госсипола не более 0,1%.

Хлопчатниковый жмых из очищенных семян содержит 40% протеина, из неочищенных – 17%. Наличие в нем шелухи и ваты в значительной степени снижает его кормовую ценность.

Клещевинный шрот и жмых получают при переработке семян на касторовое масло. Семена клещевины в своем составе содержат сильнодействующие ядовитые вещества рицин и алкалоид рицин. Последний удаляется с маслом при прессовании.

Рапсовый жмых и шрот содержат в среднем 33–38% протеина, 12–13% клетчатки. Несмотря на относительно высокую питательность, использование рапсовых жмыхов и шротов сдерживается из-за наличия в них горчичных масел (в виде глюкозидов) и танинов.

Горчичный жмых получают в процессе производства горчичного масла при прессовании горчичных семян. Содержит до 35% протеина.

Однако наличие в семенах горчицы значительного количества глюкозидов ограничивает его использование. В последнее время разработан способ обработки жмыхов для удаления из них ядовитых веществ путем увлажнения и прогрева массы паром при температуре 100–105°C, при постоянном перемешивании и последующей сушке. Конечный продукт имеет коричневый цвет, приятный запах и вкус.

Белковую кормовую добавку «Сарепта-5» получают специальной обработкой горчичного жмыха. Она содержит 38–40% протеина, 2% лизина, метионина и цистина – 0,9–1,5%, 3–4% жира, до 10% влаги, витамины А и группы В, фосфор, калий, кальций, магний, железо, цинк, медь, обладает асептическими свойствами, снижает токсичность кормов. Ее норма ввода в сухие продукционные комбикорма для осетровых рыб не превышает 5%.

Арахисовый шрот отличается приятным сладким запахом, богат протеином (до 42%), содержит большое количество лизина, при этом метионина в нем мало. В комбикормах арахисовый шрот применяется с подсолнечным, конопляным шротом, а также с пшеницей и рожью.

Из **других кормовых** компонентов растительного происхождения следует выделить водорослевую муку, травяную муку, свекловичную патоку (мелассу), хвойную муку.

Водорослевая мука изготавливается из хлореллы, ламинарии, фукуса и др. водорослей. Наиболее питательной является хлорелла, содержащая 42% протеина. Богата углеводами и минеральными веществами, особенно йодом. Водорослевая мука обладает свойством связывать кормосмесь. В комбикорма для рыб добавляют 1–3% этого компонента.

Травяная мука – витаминно-белковый компонент, готовится из высушенных трав, убранных в стадии бутонизации бобовых и начала колошения злаковых. Технологический процесс включает в себя скашивание травы, измельчение, сушку, дробление, гранулирование и упаковку. Этот компонент содержит значительное количество клетчатки и плохо усваивается рыбами. В комбикорма вводится в количестве 2–5% с целью усиления перистальтики кишечника и более полного усвоения питательных веществ комбикорма.

Хвойная мука содержит много витаминов, микроэлементов,

биологически активных веществ. В состав рыбных комбикормов вводят 1–3%.

Свекловичная патока (меласса) – сгущенный паточный раствор, остающийся после кристаллизации сахара. В состав патоки входит 63% БЭВ, 9,9% протеина, 7,5% золы, 19,6% воды. Она содержит 48% сахарозы, ее азотистые вещества отличаются высокой переваримостью. Меласса улучшает процесс гранулирования комбикормов, повышает их качество. Обычно ее вводят в комбикорм в количестве 3–5 %.

3.2. Кормовое сырье животного происхождения

К этой группе относятся компоненты, наиболее широко используемые при кормлении различных видов рыб: продукты рыбной промышленности (мука из рыб, ракообразных и моллюсков, свежая сорная рыба), кормовые продукты переработки сельскохозяйственных животных (сырая селезенка и другие боенские продукты, мясокостная, мясная, кровяная, костная, перьевая, мясоперьевая мука), продукты переработки молока (сухой обрат, пахта, сыворотка, молочно-белковый концентрат), шелкового производства (мука из куколки тутового шелкопряда) и др. Эти корма отличаются высоким содержанием протеина и минеральных веществ. Есть и низкобелковые компоненты животного происхождения, содержащие БАВ и минералы (мука из панциря ракообразных, моллюсков, хитин-хитазан).

Мука кормовая рыбная является основным и наиболее важным из используемых в рыбоводстве концентрированных источников питательных веществ. Изготавливается из рыб, морских млекопитающих, ракообразных, а также из отходов, полученных при разделке и переработке на пищевую продукцию морских продуктов. Уровень протеина в зависимости от качества рыбной муки составляет 48–70%, сырого жира – 10–30%, золы – 15–18%. В протеине рыбной муки имеются все незаменимые аминокислоты, в нем много лизина, аргинина, метионина, триптофана, валина. Переваримость рыбами составляет 80%. Качество рыбной муки зависит от содержания в ней жира, поваренной соли и фосфата кальция. Чем меньше содержится в муке этих веществ и чем

больше протеина, тем она ценнее в кормовом отношении. В составе жирной муки преобладают ненасыщенные жирные кислоты, что, с одной стороны, обеспечивает организм энергией и необходимыми элементами питания, а с другой стороны, делает компоненты легко усвояемыми. Однако жирная мука быстрее окисляется и менее удобна при приготовлении сухих гранул и крупки комбикормов.

Количество рыбной муки в рецептуре комбикормов для рыб (особенно стартовых) может достигать 65%. В составе комбикормов для рыб используется рыбная мука высшего или первого сорта. Она должна быть сухой, рыхлой, легко рассыпаться, без комков, плесени и затхлого запаха. Цвет муки может быть от светло-серого до темно-желтого, причем чем темнее мука, тем ниже ее пищевая ценность. Рыбная мука должна содержать не менее 55% протеина, не более 12% жира, 5% хлористого натрия, 28% фосфорно-кислого кальция. Срок хранения нестабилизированной рыбной муки – не более 6 месяцев, стабилизированной антиоксидантом – 12 месяцев. Испорченная мука приобретает ржавый оттенок.

Немаловажное значение имеет качество исходного сырья. Так, в рыбной муке, изготовленной из цельной рыбы (балтийской салаки), содержание растворимых белковых веществ на 13% выше по сравнению с мукой из тюльки, атерины и отходов переработки судака.

Концентрат рыбного бульона – побочный продукт при производстве рыбной муки, получаемый в результате сушки подпрессовых бульонов. Характеризуется высоким уровнем протеина (50–78%). Содержание сырого жира – 1,5–20%, золы 4–15%. Растворимость его белковых веществ превышает 95%, в которых преобладают поли- и олигопептиды с молекулярной массой менее 6,5 тыс. Да. Количество их составляет 45–65% от общего уровня растворимых белковых веществ. Переваримость протеина КРБ составляет более 90%.

Сухой концентрат подпрессового рыбного бульона – «Суберкон» характеризуется высокой переваримостью сырого протеина и доступностью аминокислот – 97–98%. Растворимая фракция белка в «Суберконе», по сравнению с рыбной мукой, выше почти в 5 раз, полипептидов М.М. 1,5–10 тыс. Да – в 1,5, олигопептидов М.М. <1,5 тыс. Да – в 13, свободных аминокислот – более чем в 2 раза, при

снижении доли белков М.М. > 10 тыс. Да в 1,5–1,6 раза. Несмотря на высокую питательную ценность «Суберкона», количество его в комбикорме лимитируется из-за повышенного содержания NaCl, которое достигает 14%.

Гидролизаты из рыбы и отходов ее переработки характеризуются высоким уровнем протеина (58–75%), более чем на 50% представленного водорастворимыми белковыми веществами с содержанием низкомолекулярных белковых веществ с молекулярной массой ниже 6,5 тыс. Да. Гидролизаты (ферментолизаты, автолизаты) вводятся в стартовые комбикорма при выращивании ценных объектов аквакультуры. Включение этих компонентов в рецептуры позволяет создавать стартовые корма для ранней молоди различных объектов аквакультуры, когда их пищеварительная система еще не достаточно развита.

Сырьем для производства кормовых гидролизатов обычно служит фарш, а также отходы от разделки рыбы, образующиеся в консервном производстве, при филетировании и других операциях, мелкая маломерная сорная рыба.

Сухие гидролизаты (автолизаты, ферментолизаты) отличаются составом белковых соединений разной молекулярной массы (свободные аминокислоты, пептиды, полипептиды, растворимые в воде белки). От этого зависит их эффективность в составе стартовых кормов для личинок рыб. Существуют гидролизаты животного и микробного происхождения.

Мидийный жидкий гидролизат представляет собой темно-коричневую жидкость с запахом сухих грибов. Этот препарат содержит много свободных аминокислот, минеральные соли, биологически-активные вещества. Он обладает широким спектром лечебно-профилактических свойств и иммуностимулирующим действием.

Мясокостная мука (ГОСТ 17536-82) применяется в составе рыбных комбикормов достаточно широко. Ее вырабатывают из отходов и внутренних органов сельскохозяйственных животных. В зависимости от сорта в своем составе содержит 30–50% протеина, 13–20% жира, 26–38% золы, 19–23 г/кг лизина, 6–13 г/кг метионина. Однако высокий уровень жира и насыщенных жирных кислот (стеариновой, пальметиновой) ограничивает возможность его использования в кормосмесях в количестве более 5–10%.

Для кормления рыбы рекомендуется использовать мясокостную муку первого и второго сорта, содержащую не менее 42% протеина, не более 16% жира и от 12 до 32% фосфата кальция. Она должна быть серого цвета, сухой, рассыпчатой и без комков плесени, со специфическим (не гнилостным) запахом. Срок ее хранения – не более 2 мес.

Мясная мука является разновидностью мясокостной и содержит несколько больше протеина – 54-64%, жира – 14-20%, меньше золы – 11-14%. Это белковый компонент высокого качества. Однако содержание костей не должно превышать 10%. Мука представляет собой порошок желтовато-серого, черного и коричневого цвета. Следует использовать мясную муку только первого сорта, содержащую 50-60% протеина и не более 12% жира.

Кровяная мука изготавливается из крови, фибрина, шлея сельскохозяйственных животных и птиц, ее добавляют в корма в количестве не более 5-10%. Светлая мука более высокого качества, чем темная. В корм для рыб допускается использовать кровяную муку первого сорта. В ней содержится не менее 70% протеина и не более 5% жира. Питательная ценность кровяной муки невелика из-за дисбаланса аминокислотного состава, она недостаточно хорошо переваривается, но стимулирует пищевую запаховую реактивность рыб, в ней много железа.

Гемоглобин сухой – это порошок темно-бурого цвета, полученный методом фракционирования и распылительной сушки крови животных. Содержание белка в компоненте достигает 94-96%, количество лизина в составе белка – 9%. В комбикормах для рыб используется в качестве стабильного источника протеина с высоким содержанием жира.

Костная мука содержит меньше белка и является минеральной добавкой. Цвет муки белый с сероватым оттенком. Применяется в кормах для объектов аквакультуры ограниченно. Металлическую примесь допускают в количестве до 0,1%, тонина помола – до 0,5 мм. Костная мука в основном является минеральной добавкой. Допускается использование муки первого и второго сорта.

Крилевая мука является весьма ценным источником протеина и нена-

сыщенных жирных кислот линоленового ряда. Она богата каротиноидами (астаксантин), участвующими в важных обменных процессах. Промышленность вырабатывает муку двумя способами – прессово-сушильным и методом прямой сушки. Мука, приготовленная первым способом, имеет розовато-красный цвет и размер частиц до 1–2 мм. Мука, полученная способом прямой сушки, отличается темно – коричневым цветом и содержит более крупные частицы – до 5–6 мм. Крилевая мука, полученная прессово-сушильным способом, обладает более высокой питательностью. Производится также обезжиренная крилевая мука, однако при экстракции жира одновременно происходит удаление каротиноидов. Норма ввода крилевой муки не более 20%, в ней много хитазана.

Мясоперьевую и перьевую муку вырабатывают на птицеперерабатывающих комбинатах. В комбикормах используют гидролизованную муку. Однако в ее составе недостаточное количество триптофана, метионина, лизина и гистидина, в рецептах комбикормов она применяется ограниченно.

Мука из куколки тутового шелкопряда применяется в ограниченном количестве. Это связано с тем, что наряду с высоким содержанием протеина этот компонент чрезвычайно богат жиром (до 25%), который быстро окисляется.

Незаменимыми компонентами кормосмесей для рыб, особенно в стартовых комбикормах для молоди, являются продукты молочного производства, из которых наиболее доступен *сухой обрат и сухое обезжиренное молоко*. Они являются источниками хорошего сбалансированного белка (25–34%) и легкодоступных углеводов, а также витаминов группы В. Молочные компоненты должны быть свежими, доброкачественными, с содержанием протеина не менее 25%, жира – не более 3%. Вместе с тем следует учитывать, что в этих продуктах много молочного сахара – лактозы, которая рыбами не усваивается, поэтому в рецептах комбикормов норма ввода сухого молока, обраты обычно не превышает 10%.

В комбикормах для объектов аквакультуры используют добавки *муки из панциря креветки, крабов, речных раков*. Эти компоненты содержат астаксантин, необходимый в кормах для форели и лососей,

а также различные биологически-активные вещества, хитин-хитазан. Креветочные отходы используются не только в сухом, но и в замороженном виде, в виде силоса, пигментного экстракта. Силосованные креветочные отходы являются более эффективным источником астаксантина, чем свежие креветки. Это связано с тем, что при силосовании отходов вымываются минеральные вещества, отрицательно влияющие на усваиваемость астаксантина.

Кормовая белково-минеральная мука из моллюсков (перловица, беззубка) как кормовая добавка эффективна в составе продукционных кормов для рыб, она содержит протеин с благоприятным составом аминокислот, а также много кальция. Во влажных гранулах, пастах, колбасах (для ремонтно-маточного стада осетровых) используют сырую биомассу этих и других моллюсков при норме ввода до 20%, однако это сырье требует санитарной обработки.

3.3. Компоненты микробиологического происхождения

В настоящее время до сих пор разрабатываются методы получения высокобелковых кормов путем их промышленного биосинтеза с помощью низших автотрофных организмов – дрожжей и бактерий. Микроорганизмы превращают простые, сложные и синтетические вещества (целлюлозу, простые сахара, соли аммония, спирт, уксусную кислоту, ацетальдегид, углерод, парафин, нефть, природные газы и т. д.) в ценные кормовые белки. Дрожжи выращивают на различном сырье – соломе, стержнях кукурузных початков, подсолнечной лузге, хлопковой шелухе, сульфитном щелке, гидролизатах древесины, отходах крахмальных заводов, камыше, древесных отходах и т. д. По своему назначению дрожжи делятся на пекарские, пивные, спиртовые, винные, кормовые и др.

По биологической ценности протеин продуктов микробиального синтеза незначительно уступает протеину животного происхождения (табл. 10).

В настоящее время продукты микробиосинтеза выпускаются на основе отходов сельскохозяйственного производства и несколько уступают по питательной ценности используемым ранее (эприну, гаприну, меприну, ферментализату БВК и пр.).

Дрожжи кормовые вырабатываются из технологически чистых культур дрожжей, которые выращены на различных субстратах гидролизно-дрожжевых, спиртовых, ацетонобутиловых и сульфитно-щелоковых производств. Представляют собой порошок, чешуйки или гранулы от светло-желтого до коричневого цвета со специфическим запахом. Микроорганизмы превращают простые и синтетические вещества в высокоценные кормовые белки. В зависимости от качества дрожжи подразделяют на 4 группы.

Таблица 10

Состав продуктов микробиологического синтеза по сравнению с основными белковыми кормами животного и растительного происхождения (г /100 г кормов)

Компоненты	Сырой протеин	Сырой жир	БЭВ	Сырая клетчатка	Сырая зола	Лизин	Метионин	Триптофан	Цистин
Паприн	52-54	0,5-0,7	19,8	0,5	7,4	3,14	0,39	0,69	0,69
Эприн	55-62	4-6	18,0	0,4	8,12	3,2	2,19	-	-
Меприн	58-66	4-6	19,2	0,6	7,03	4,1	0,5	-	-
Ферментализат паприна	52-64	0,3-0,5	19,0	0,5	15,6	3,2	0,39	0,68	0,68
Микробная биомасса	55-62	1,47	24,8	0,5	24,8	2,3	0,9	-	-
Гаприн	70-72	5-8	14	0,4	6,41	2,7	0,23	-	-
Гиприн	40-48	0,7-1,2	38,4	0,7	6,2	2,9	0,24	0,59	0,33
Диприн	69,7	1,5-1,9	14,7	0,6	4,4	6,2	1,2	0,8	0,6
Пекилопротеин	55,9	1,5-2,2	28,0	8,8	5,5	3,0	0,8	0,7	0,5
Мука рыбная	59,6	6-10	1,1-1,8	0	23,9	3,9	1,28	0,44	0,52
Мука мясокостная	50,0	12-14	4,3-7,4	0	21,0	2,9	1,1	1,05	0,75
Шрот соевый	43,0	1,2-1,9	32,0	6,2	6,05	2,7	0,57	0,62	0,74
Шрот подсолнечниковый	42,0	1,3-1,7	21,0	12,7	6,83	1,4-1,6	0,94	0,68	1,1

Основным показателем качества дрожжей является содержание в них сырого протеина. У дрожжей первой группы оно должно составлять 56%, первой – 51%, второй – 46% и третьей – 43%. В 1 кг кормовых дрожжей содержится в среднем 30 г лизина, 4 г метионина и 5 г цистина. Дрожжи являются полноценным источником легкоусваиваемого белка, углеводов и витаминов. В дрожжах содержится большое количество витаминов группы В, Е и Н, а также гормонов и ферментов, стимулирующих обмен веществ животного организма.

Эприн – этаноловые дрожжи, выращенные на синтетическом этиловом спирте. Они обладают высокой питательностью по сравнению с другими микробиологическими продуктами, являются экологически чистыми веществами. Они содержат большое количество сырого протеина (55–62%). Доля нуклеиновых кислот составляет 7–15%, по сравнению с белково-витаминным концентратом (БВК) и парафинов в этаноловых дрожжах отсутствуют остаточные углеводороды. Дрожжи до 1995 года активно использовались в составе стартовых комбикормов для молоди карповых, сиговых и осетровых рыб.

Меприн – дрожжи, выращиваемые на метаноле, имеют близкие показатели питательной ценности к эприну и использовались также в стартовых комбикормах для молоди карповых, сиговых и осетровых рыб.

Гаприн – микробная сухая биомасса, выращенная на природном газе. Она содержит до 72% сырого протеина и являлась хорошим высокобелковым компонентом в комбикормах для рыб. Гаприн применялся в продукционных кормах для товарного выращивания карпа и форели.

Гиприн – гидролизные дрожжи, выращенные на отходах пищевой промышленности. Химический состав гиприна зависит от вида субстрата, состава добавок и технологии культивирования. Содержание сырого протеина в дрожжах может составлять от 36 до 47%, в том числе до 7% нуклеиновых кислот, липидов (1,7%), минеральных веществ (6–10%). Дрожжи являются источниками витаминов группы В. Состав липидов включает эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты (55% общей суммы). В комбикорма для объектов аквакультуры гиприн включают в количестве от 2 до 20%. В продукционных кормах для молоди карповых рыб его содержание составляет от 2 до

7%, в условиях тепловодных хозяйств и для товарных рыб – 10–20%. В корма для форели компонент вводят в количестве 3–8%, в условиях тепловодных хозяйств 6–15%; для лососей – 8–10%, сигов – 10%, осетровых рыб – 10–14%. По питательным свойствам гиприн уступает гаприну, эприну, паприну.

Субстратом для производства *паприна* (белково-витаминного концентрата) являются жидкие очищенные парафины (н-парафины или алканы). *Паприн* содержит 52–64% сырого протеина, который по питательности близок к белку рыбной муки. Богат незаменимыми аминокислотами 43–48% от белка. Особенностью жирнокислотного состава является более низкий, чем у гиприна, уровень полиеновых кислот. Содержание незаменимой для рыб линоленовой кислоты 3,5%, линолевой – 11%. По химическому составу эти дрожжи сходны с естественной пищей молоди рыб. Несмотря на высокое содержание нуклеиновых кислот, рыбы способны усваивать его в значительном количестве. В стартовых комбикормах для карпа, сиговых, осетровых, растительноядных рыб содержание БВК-паприна в кормосмеси достигало 20–70%, в продукционных кормах – 10%. Карповые, лососевые и осетровые рыбы способны усваивать до 90% протеина БВК. Липиды паприна перевариваются лишь на 52–78%. Углеводы хорошо доступны для карпа (65–82%), и в меньшей степени для осетровых (около 40%) и форели (12%).

Известно положительное влияние паприна на регуляцию перекисного окисления липидов, стабилизацию клеточных мембран и повышение их антиоксидантной активности.

Микробная биомасса – побочный продукт при производстве БВК с содержанием сырого протеина 50–52%. Она отличается от БВК высоким содержанием витамина В₁₂. По всем с другим показателям сходна с БВК.

Ферментализат БВК получали в результате гидролиза БВК ферментными препаратами (протосубтилином ГЗх и Г10х), в результате в полученных продуктах увеличилось содержание свободных аминокислот, пептидов, растворимых в воде. Ферментализат БВК эффективно использовался в стартовых кормах для личинок карпа и сиговых рыб. В настоящее время он не производится.

Пекилопротеин – препарат микробного происхождения с содержанием сырого протеина 52–55% – может быть использован в кормах для рыб (производится в Финляндии).

Биотрин – продукт микробиального синтеза, изготовленный из зерна и отходов переработки зерна. Содержит до 45–48% сырого протеина, не более 6% липидов.

Белотин – инактивированная смесь биомассы непатогенных штаммов дрожжей р. *Candida*, выращиваемых на ферментализате отрубей. Содержит не менее 38% сырого протеина и не более 8% липидов. По продуктивным свойствам близок к гаприну.

Биокорн представляет собой выращенную на зерновых отходах биомассу дрожжей р. *Candida* с содержанием влаги до 12%, сырого протеина – 36–39%, сырого жира – не более 2%, золы – до 12%.

Многие микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности вырабатывают и выделяют во внешнюю среду в виде конечных продуктов своего обмена ту или иную аминокислоту. Эти аминокислоты после осаждения из растворов и соответствующей обработки используются для создания в комбикормах соотношения аминокислот, удовлетворяющего потребности выращиваемых объектов.

Кормовой концентрат L-лизина (ККЛ) содержит 17–21% чистого вещества. Промышленностью выпускается в виде серо-коричневого или коричневого тонкодисперсного порошка. Его эффективно используют в комбикормах, в которых животные компоненты заменены (в эквивалентном количестве по протеину) шротами масленичных культур и продуктами микробиологического синтеза.

Лизин подставляет собой кристаллический порошок коричневого цвета с содержанием 97–98% активного вещества, вводится в кормосмесь комбикорма при его недостатке.

L-метионин представляет собой кристаллический порошок белого цвета с коричневатым, желтоватым или сероватым оттенком. В препарате содержится 95–98% активного вещества. Добавляется в комбикорм при его недостатке, например когда в рецептуре много продуктов микробного происхождения.

L-треонин кормовой – аминокислота, полученная микробиологи-

ческим путем из кукурузного крахмала. Содержание действующего вещества не менее 98,5%. L-треонин кормовой способствует росту, входит в состав иммунных белков и ряда пищеварительных ферментов, служит источником энергии, регулирует потребление кормов.

Кливеролакт – дрожжевой концентрат, выращиваемый на продуктах переработки молочной сыворотки. Отличается высоким содержанием аминокислот и витаминов. Общая перевариваемость кливеролакта у карпов выше, чем гидролизных дрожжей, за счет лучшего расщепления и всасывания углеводов, липидов и зольных элементов. Рекомендуется введение в корма 8% кливеролакта.

Пекарские дрожжи имеют плотную оболочку, состоящую из труднопереваримых полисахаридов. Кроме того, эти дрожжи содержат малое количество низкомолекулярных пептидов, а присутствие в белке D-аминокислот неблагоприятно воздействует на метаболизм животных.

Пивные дрожжи не применяются в кормопроизводстве из-за отсутствия в их составе низкомолекулярных пептидов.

3.4. Жировые добавки

Растительные масла, содержащие довольно много непредельных жирных кислот, являются поставщиками энергии в комбикормах. Предпочтение отдается нерафинированным маслам, которые более устойчивы к окислению и богаче фосфолипидами. Наиболее широко используется подсолнечное масло, хотя можно применять соевое, кукурузное и очищенное льняное. Эти масла содержат насыщенные, ненасыщенные моноеновые жирные кислоты, а также линолевую, иногда и линоленовую жирные кислоты.

Подсолнечное масло получают из семян подсолнечника, это светло-желтая жидкость со специфическим запахом и вкусом. В его состав входят ненасыщенные жирные кислоты – 46–62% линолевой кислоты, 24–40% олеиновой, около 1% линоленовой, а также насыщенные жирные кислоты – 3,5–9,0% пальмитиновой, 1,6–4,6% стеариновой и другие.

Льняное масло используют в качестве жировой добавки в составе комбикормов для ценных видов рыб. Это ценный источник незаменимых жирных кислот и витаминов. В состав масла входят глицериды линоленовой (35–40%), линолевой (25–35%), олеиновой (15–20%), пальмитиновой и стеариновой кислот. Содержит витамины группы В, токоферол, ретинол.

Соевое масло получают из семян сои. Оно является источником эссенциальных жирных кислот. В соевом масле содержится 51–57% линолевой кислоты, 23–29% олеиновой, 4,5–7,3 стеариновой, 3–6% линоленовой, 2,5–6,0% пальмитиновой жирных кислот. Ценным компонентом масла является лецитин.

Рапсовое масло производится методом прессования или экстракции из семян рапса с последующей переработкой. В нем содержатся около 94% незаменимых жирных кислот $\omega 3$, $\omega 6$, $\omega 9$ рядов, в том числе 12% линоленовой, 23% линолевой и 59% олеиновой кислот, а также токоферолы и витамины А, D, E, K.

Кукурузное масло производится из кукурузных зародышей путём прессования и экстракции. Зародыши кукурузы являются побочным продуктом переработки зёрен при производстве круп, муки, крахмала, патоки, глюкозы, кукурузных кормов и пищевых концентратов. В нерафинированном масле из кукурузы содержится около 85% ненасыщенных жирных кислот, 10–14% насыщенных жирных кислот. В состав масла входят витамины (F, E, B₁), никотиновая кислота и лецитин. Витамин E в кукурузном масле содержится почти в 2 раза больше, чем в подсолнечном.

Хлопковое масло производят из семян хлопчатника методом прессования или экстракции бензином. В зависимости от стадии очистки (рафинации) реализуют только в рафинированном виде, что связано с наличием в составе нерафинированного масла ядовитого вещества госсипола. Этот продукт относится к низкокачественному виду растительного масла.

Хлопковое масло – это текучая жидкость светло-желтого цвета, без запаха. Состав масла определяется сортом хлопчатника, районом произрастания и условиями возделывания. В нем содержится около 90% токоферолов и фитостеролов. Жирнокислотный состав представлен

миристиновой, пальмитиновой, стеариновой, арахидиновой, пальмитолеиновой, олеиновой и линолевой кислотами.

Горчичное масло изготавливается из семян горчицы путем пресования. Это масло отличается высоким содержанием биологически активных веществ. В его составе содержатся витамины Е, А, D, В₃, В₆, В₄, К, Р, полиненасыщенные жирные кислоты, фитостеролы, а также в большом количестве фитонциды, хлорофиллы, изотиоцианаты, синегрин, эфирное горчичное масло – вещества, обладающие мощными бактерицидными свойствами. В значительном количестве присутствуют линолевая и линоленовая кислоты.

Сорговое масло по своим физико-химическим показателям подобно кукурузному. Содержит 83–88% ненасыщенных и 12–17% насыщенных жирных кислот, из них 89,2–95,7% пальмитиновой и 4,3–11,8% стеариновой кислот. На наличие кислот влияние оказывают сортовые особенности зерна. Содержание витамина Е в масле сорго колеблется от 80,89 до 208,73 мг %.

Кормовые фосфатиды являются отходами маслоэкстракционного производства, получаемыми при переработке маслосемян. Их состав в значительной мере зависит от исходного сырья и технологии производства масла. Получаются они при первичной очистке растительных масел. В состав фосфатидов входят ненасыщенные жирные кислоты (линолевая, арахидоновая, линоленовая), ускоряющие окислительные процессы в тканях организма. В составе подсолнечниковых фосфатидов содержится 92,7% сухого вещества, 31,7% протеина, 17% жира, 6,1% золы, 0,46% кальция, 1,02% фосфора. Фосфатиды являются источником фосфора и холина, предотвращающего жировое перерождение печени, а также анемию. Предпочтение следует отдавать жидким фосфатидам. Густые фосфатиды перед введением в корм разогревают, но не доводят до кипения. 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. В нашей стране используются, как правило, подсолнечные фосфатиды, однако можно употреблять соевые, кукурузные и льняные. Хлопчатниковые фосфатиды применять не следует.

Перспективным источником фосфатидов в кормах может быть *липидная биомасса*. Это рыхлый маслянистый рассыпчатый порошок от светло-красного до коричневого цвета с содержанием 25–30% протеина, 55–56% жира и 8–10 г/кг каротиноидов (до 90% β -каротина). Биомасса также богата витаминами B_2 , B_6 и B_{12} .

Линетол – это очищенное от насыщенных жиров и фосфатидов льняное масло, содержащее 19% линолевой и 40% линоленовой кислот при соотношении $\omega 3/\omega 6$ равном 2,1.

Кубовый остаток – получают при производстве линетола. В основном он представлен фосфолипидами, содержащими 26,9% линолевой и 33,8% линоленовой кислот, при соотношении $\omega 3/\omega 6$ равном 1.

Большой биологический эффект оказывает введение в рацион рыб смеси линетола и кубового остатка (2:1; 1:1; 1:2), при соотношении $\omega 3/\omega 6$ равном 1,3–1,45.

Рыбий жир содержит высоконенасыщенные жирные кислоты, витамины А, D и фосфолипиды. Рыбий жир используют в основном в составе стартовых кормов для личинок и мальков рыб, а также в кормах для ценных объектов аквакультуры. Он представляет собой жидкость светло-желтого, розового цвета (чем прозрачнее жир, тем выше его качество). Рыбий жир выпускают с добавкой различного количества витаминов А и D (витаминизированный). Жир должен быть светлым и стабилизированным. При длительном хранении он прогоркает, а содержащиеся в нем кальциферолы разрушаются с образованием ядовитого вещества – токсистерола. Содержание рыбьего жира в стартовых кормах составляет от 3 до 10% в зависимости от вида рыбы. Лососевые, сиговые и осетровые нуждаются в большем количестве ненасыщенного рыбьего жира, чем карповые. Полезно в кормосмесь для многих видов рыб (осетровые, карповые) включать равное содержание рыбьего жира и подсолнечного масла (фосфатидов).

Жир мелких ракообразных (криль) получают путем экстракции. Это маслянистая жидкость красно-коричневого цвета с характерным рыбным запахом. Этот жир весьма богат полиеновыми жирными кислотами, витаминами и каротиноидами.

Крабовый жир – маслянистая текучая жидкость коричнево-оранжевого цвета с характерным острым запахом ракообразных. Крабовый

жир представляет собой липидный продукт с незначительным содержанием белков и минеральных солей, насыщен фосфолипидами, доля которых (по данным анализов образцов разных партий) изменяется от 22 до 30% от суммы общих липидов. Процесс получения жира из гидробионтов сводится к его выделению из тканей посредством разрушения клеточной структуры и отделения жира от сопутствующих соединений белковой, углеводной природы и минеральных веществ. Согласно существующим технологическим инструкциям жир из гидробионтов получают путем измельчения сырья и последующего теплового воздействия, при котором происходит разрыв клеточных мембран и выделение жира. Интенсификация процесса также осуществляется сочетанием способа вытапливания жира с методом щелочного гидролиза. Основным источником получения крабового жира является гепатопанкреас краба. В зависимости от физиологического состояния краба в его печени содержится 8,7–28% липидов и 8–16% белковых веществ. По жирнокислотному составу липиды печени краба близки к рыбным жирам (иваси, минтай, сайра и т. д.), а по содержанию фосфолипидов (5–15% суммы липидов) превосходят их.

3.5. Витамины, минеральные вещества и премиксы

В последние годы в аквакультуре роль витаминов существенно возросла. Витамины не являются источником энергии, но могут входить в состав клеточных образований и служат материалом и катализатором для их синтеза. При недостатке витаминов у гидробионтов формируются патологии алиментарного характера, что приводит к появлению различных заболеваний.

По физическим свойствам витамины подразделяют на жирорастворимые и водорастворимые.

Жирорастворимые витамины

К ним относят витамины А, D, Е и К.

Ретинол (витамин А) принимает участие в обмене белков и минеральных веществ. Регулирует обмен веществ, обеспечивает функци-

ональное состояние эпителиальных тканей. Отсутствие ретинола в пище тормозит рост рыб.

Для обеспечения комбикормов витамином А используют несколько препаратов – масляный раствор ретинола (в 1 мл от 300 до 500 тыс. ИЕ витамина А), жидкий концентрат ретинола (в 1 мл от 100 до 250 тыс. ИЕ витамина А), рыбий жир, аквитал-хиноин (в 1 г 20 тыс. ИЕ витамина А). Однако эффективнее применять сухие стабилизированные препараты, приготовленные на желатине, крахмале и сахаре. За рубежом широко освоено производство сухих препаратов ретинола с содержанием в 1 г от 5 до 500 тыс. ИЕ. Эти препараты подставляют собой сыпучий порошок желто-коричневого цвета с размером частиц 100–400 мкм со сроком годности 1 год. Производятся сухие стабилизированные препараты витамина А с концентрацией в 1 г 6 тыс. ИЕ.

Витамин D (кальциферол) – один из немногих витаминов, который не вырабатывается растениями и не содержится в растительных продуктах. Он необходим для индукции синтеза кальцийсвязывающего белка, активации обмена скелетного кальция, стимуляции всасывания кальция в пищеварительном тракте. Дефицит витамина D вызывает патологические изменения в мышечной и костной тканях.

Источниками витамина D являются рыбий жир, дрожжи, масляный и спиртовой растворы эргокальциферола (соответственно 10–100 тыс. ИЕ и 200 тыс. ИЕ в 1 мл). Наиболее эффективен искусственно получаемый комплекс синтетического холекальциферола с казеином – видеин D₃, стабилизированный бутилокситолуолом и представляющий собой порошкообразное вещество разного гранулометрического состава желтого цвета. Содержание холекальциферола в видеине D₃ составляет до 225 тыс. ИЕ в 1 г. Эффективность препарата существенно зависит от величины его частиц. Максимальной биологической активностью обладает препарат с частицами размером не более 50 мкм. Комбинированным водорастворимым препаратом, состоящим из витаминов А и D, является дафасол. Его выпускают в капсулах с содержанием в каждой 500 тыс. ИЕ ретинола и 250 тыс. ИЕ холекальциферола.

Витамин E (токоферол) обладает весьма широким действием в организме рыб. Он обеспечивает нормальную деятельность репродук-

тивных органов, а также нервной и мышечной тканей, способствует нормальному развитию эмбрионов, улучшает использование в организме других жирорастворимых витаминов. При его недостатке у рыб наблюдают мышечную дистрофию в виде дегенерации скелетных и сердечной мышц, ожирение и некроз печени.

Витаминной промышленностью выпускается несколько препаратов витамина Е. Токоферол представляет собой маслянистую жидкость, растворимую в жирах и органических растворителях, содержащую 98% α -токоферола. Масляный концентрат витамина Е выпускается с концентрацией 3 мг токоферола в 1 мл. Спиртово-сахарный концентрат витамина Е производится концентрацией 1 мг/мл. Сухой концентрат витамина Е представляет собой сыпучий порошок от светло-желтого до желто-коричневого цвета с размером частиц от 0,1 до 0,4 мм. Препараты токоферола следует хранить в темноте, так как витамин быстро разрушается под действием света.

Витамин К (филохинон и менахинон) объединяет группу витаминов, природные его соединения в практике обычно не используются. Эти витамины повышают свертываемость крови, участвуют в образовании протромбина, стимулируют образование фибриногена и способствуют регенерации тканей. У рыб недостаток витамина К приводит к снижению свертываемости крови.

Витамин К в чистом виде не используется. Широко распространен викасол – бисульфитное производное метилнафтиохинона, представляющий собой мелкокристаллический порошок горького вкуса, растворимый в воде. По активности викасол в 2 раза превосходит естественный витамин К. За рубежом часто применяют менадион – бисульфит натрия с содержанием 99% действующего начала. Высокой витаминной активностью обладает также синтетический препарат синковит.

Водорастворимые витамины

К водорастворимым витаминам, которые необходимы для нормального роста и развития рыб, относят витамины группы В, а также С и Н.

Тиамин (витамин В₁) входит в состав ферментов, необходимых для осуществления процессов декарбоксилирования. Тиамин участвует

в регулировании углеводного обмена, поддерживает работу нервной системы. У рыб, страдающих недостатком B_1 , наблюдается нарушение равновесия, снижение потребления корма. Большое количество тиамина содержат кормовые дрожжи.

Синтетические препараты витамина B_1 являются тиамингидрохлорид, тиамингидробромид и тиаминмононитрат. Они термически устойчивы, трудно разрушаются под действием света и кислорода, однако быстро теряют активность в щелочной среде и под воздействием сильных окислителей.

Рибофлавин (витамин B_2) осуществляет реакции дегидрирования, входит в состав ферментов, которые влияют на обмен белка, некоторых витаминов (B_3 , B_4 , B_6 , оротовой кислоты). B_2 участвует в углеводном обмене. Способствует образованию гликогена в печени. Связан с белковым обменом, поддерживает нормальную функцию половых желез и нервной системы.

Пастообразные корма, составленные из свежих рыбных, мясных продуктов, содержат достаточно много рибофлавина.

Препарат витамина B_2 (рибофлавин) представляет собой оранжево-желтый кристаллический порошок горького вкуса, плохо растворимый в воде, устойчивый к повышению температуры, однако легко разрушающийся на свету.

Пантотеновая кислота (витамин B_3) имеет большое значение в клеточном обмене. Это незаменимая составная часть кофермента А, который играет важную роль в белковом, углеводном, липидном обмене, участвует в синтезе ацетилхолина и стероидных гормонов. Как правило, используют не пантотеновую кислоту, а ее соли – пантотенат кальция и натрия, представляющие собой белый аморфный или кристаллический порошок горько-сладкого вкуса без запаха.

Пантотенат кальция теряет активность под действием кислот, щелочей, а также при сильном нагревании. Поэтому к нему обычно добавляют небольшое количество хлорида кальция.

Холин (витамин B_4) необходим организму для осуществления жирового обмена. Холин входит в клеточные структуры как составная часть фосфолипидов. Основное значение этого витамина состоит в

его липотропном действии, он служит для образования ацетилхолина, способствует синтезу в организме некоторых аминокислот.

Холин производят в виде хлористоводородной соли, которую выпускают в кристаллическом и жидком состоянии с концентрацией 50–70%. Холин-хлорид очень гигроскопичен, обладает своеобразным запахом и горьким вкусом. Он устойчив к нагреванию, но подвержен действию ультрафиолетовых лучей. Срок его годности – 2 года в закрытой упаковке. За рубежом хлорид-холин выпускают в виде порошка, содержащего 25% действующего начала.

Никотиновая кислота (витамин B₃ PP) входит в состав коферментов, поддерживающих тканевое дыхание. Участвует в углеводном, белковом и жировом обмене.

Никотиновую кислоту выпускают в виде белого кристаллического порошка слабокислого вкуса, без запаха. Она обладает небольшой устойчивостью к внешним факторам – температуре, кислороду, свету. Препарат должен быть очищен от нитросоединений селена и их производных.

Пиридоксин (витамин B₆) участвует в белковом обмене, в частности в переаминировании, декарбоксилировании и метилировании аминокислот. Участвует в обмене триптофана, метионина, цистина. Принимает участие в углеводном и жировом обмене, улучшает использование незаменимых жирных кислот. Витамин B₆ выпускается промышленностью в виде пиридоксина гидрохлорида. Это кристаллический порошок белого цвета, без запаха, горько-соленого вкуса. Препарат устойчив к повышенной температуре, действию кислот и щелочей, но быстро разрушается на свету. В последние годы в нашей стране синтезирован трилинолеат, сочетающий полезные свойства витамина B₆ и линолевой кислоты.

Цианкобаламин (витамин B₁₂) вместе с фолиевой кислотой участвует в синтезе гемоглобина, а совместно с холином и метионином обладает липотропным действием. B₁₂ принимает участие в синтезе нуклеиновых кислот, в обмене жира, углеводов, аминокислот. Недостаток в комбикормах вызывает замедление роста, снижает потребление пищи, содержание гемоглобина в крови и оказывает разрушающее действие на эритроциты.

В качестве источника витамина B_{12} используют как собственно цианкобаламин (кристаллы темно-красного цвета, без вкуса и запаха), так и его концентраты, главным образом КМБ-12. Этот порошок коричневого цвета, кислый на вкус, со специфическим запахом, содержащий не менее 100 мг/кг витамина B_{12} . Срок хранения – до 1 года. Цианкобаламин быстро теряет активность на свету. Известны другие источники витамина B_{12} , например кормовой биомитин, биовит – 20, – 40 и – 80, пропионово-ацидофильная бульонная культура, пропомецилин, активный ил.

Аскорбиновая кислота (витамин С) участвует в окислительно-восстановительных процессах, в превращении нуклеиновых кислот, в синтезе стероидных гормонов, образовании коллагена, влияет на обмен серы, на уровень и накопление пировиноградной кислоты, инактивирует яды и токсины, обладает антиоксидантным действием. Аскорбиновая кислота быстро разрушается на свету, легко окисляется в водном растворе и при повышенной температуре. В настоящее время имеются промышленные термоустойчивые формы (фосфатные и сульфатные) витамина С, которые весьма эффективны в кормах и премиксах для рыб.

Биотин (витамин Н) входит в состав ферментов, участвующих в карбоксилировании, синтезе жирных кислот и некоторых белков. Современные комбикорма содержат много биотина, однако в связи с его низкой доступностью в кормосмесь следует вводить синтетические препараты биотина.

Фолиевая кислота (витамин В₉) участвует в синтезе и обмене холина, катализирует синтез аминокислот, стимулирует синтез гемоглобина, влияет на использование витамина B_{12} . Ее дефицит замедляет рост рыб, увеличивает их смертность. Фолиевая кислота особенно необходима для развития эмбрионов и молоди.

В некоторых случаях, кроме перечисленных витаминов, в состав комбикормов вводят витаминоподобные вещества фитин, рутин, оротовую кислоту.

Минеральное питание рыб составляет неотъемлемую часть общего питания. Однако обмен минеральных веществ в организме рыб

изучен еще недостаточно. По современным представлениям рыбы нуждаются в тех же минеральных элементах, что и высшие позвоночные животные. Установлено, что для нормального развития рыбам требуется кальций, фосфор, магний, калий, натрий, сера, хлор, железо, медь, йод, марганец, кобальт, цинк, молибден, селен, хром, олово.

Так, фосфор связывает в организме воедино процессы белкового, углеводного, липидного, минерального и энергетического обменов. Рост мальков и сеголеток рыб прямо зависит от содержания кальция в воде. С недостатком этого элемента связана невысокая оплодотворяемость икры рыб, замедленная минерализация скелета личинок, а также плохая усвояемость ими питательных веществ из корма.

Важным питательным минералом является магний. Он необходим для деятельности рибосом, трипсина и липаз, а также для нормального протекания обмена нуклеиновых кислот и нуклеотидов в клетках. Калий участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия и осмотического давления, а также в метаболических процессах, происходящих в клетке. Он имеет непосредственное отношение к процессу синтеза белков.

Натрий и хлор связаны в процессах обмена веществ. Основное значение натрия – это поддержание осмотического давления внеклеточной жидкости. Хлор, являясь наиболее важным анионом водной фазы организма, так же, как и натрий, участвует в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия. Основными симптомами дефицита натрия у животных являются потеря аппетита, истощение, торможение роста. Кроме того, ухудшается использование протеина корма, нарушаются процессы воспроизводительной функции.

Кроме макроэлементов, для нормальной жизнедеятельности организма необходимы и микроэлементы. Известно, что только некоторые из этих элементов, такие как железо, медь, марганец, йод и др., являются незаменимыми. Обогащение кормов микроэлементами увеличивает индивидуальный прирост и устойчивость рыб к неблагоприятным факторам среды обитания.

Дополнительным источником некоторых макро- и микроэлементов могут служить цеолиты. Кроме того, они улучшают использование

питательных веществ корма и способствуют выведению из организма вредных веществ. Цеолиты представляют собой кристаллические пористые алюмосиликаты с частицами размером от 0,5 до 3 мм в диаметре со стеклянным или перламутровым блеском. Они могут адсорбировать водорастворимые биологически активные вещества, тем самым повышают их активность и стабильность. В результате улучшается перевариваемость и усваиваемость питательных веществ корма. Цеолиты обладают способностью снижать токсичность корма и выводить из организма радионуклиды и другие вредные вещества.

Хитин является структурным компонентом панциря ракообразных и используется для получения нетоксичного биополимера хитозана. Свободные первичные аминогруппы хитозана придают ему поликатионные, хелатирующие свойства, а также способность растворяться в разбавленных кислотах. Хитин и его производное – хитозан обладают уникальными и полезными свойствами. Хитозан используют в гранулированных рыбных кормах в качестве стабилизатора и коагулятора. Кроме того, ряд выполненных исследований свидетельствует о том, что хитозан обладает антибактериальными свойствами и может использоваться в качестве бактерицидного препарата для лечения заболеваний, вызванных бактериями и продуктами их жизнедеятельности, а также способен останавливать рост болезнетворных видов плесени, что позволит использовать в кормопроизводстве большое количество зернового сырья, по тем или иным причинам зараженного плесневыми грибами.

Мука из крабов – порошок розового цвета, сыпучий, неоднородный, представляющий собой смесь органических компонентов разной плотности (частиц мягкой органики и крабового панциря), с характерным крабовым запахом без признаков окисления жира. Энергетическая ценность продукта составляет 10,3 МДж/кг. В муке из крабов содержится значительное количество каротиноидных пигментов – астаксантина, кантаксантина, астацина, бета-каротина, общее количество которых около 4000 мг%. Каротиноиды дают толчок в росте и улучшают рыбоводно-биологические и физиологические показатели.

При производстве комбикормов для рыб, как правило, используют не

отдельные витамины, а поливитаминные и поливитаминно-минеральные премиксы, представляющие собой смесь витаминов и наполнителя. В отдельных случаях премиксы содержат и минеральные элементы.

Премиксы обладают широким спектром действия и способствуют улучшению физиологического состояния рыбы, повышению темпа роста, выживаемости, сопротивляемости инфекционным и паразитарным заболеваниям, нормальной деятельности нервной, пищеварительной, кровеносной и репродуктивной систем, предотвращают расстройства воспроизводительной системы рыбы в процессе полового созревания.

Премиксы классифицируют по составу входящих в них компонентов или по их назначению.

По назначению премиксы делят на продуктивные, профилактические, лечебные.

Продуктивные премиксы входят в состав комбикормов и балансируют их по витаминно-минеральному составу. Такие премиксы содержат вещества, улучшающие состояние здоровья и укрепляющие иммунную систему организма.

Профилактические премиксы предназначены для временного использования в комбикормах с целью профилактики заболеваний.

В *лечебных премиксах* содержатся препараты для лечения заболеваний.

По входящим в состав компонентов различают комплексные или универсальные премиксы, минеральные, аминокислотные, витаминные, витаминно-аминокислотные и другие. В нашей стране чаще всего используют универсальные премиксы, содержащие профилактические дозировки.

В состав премиксов, как правило, входят следующие компоненты: наполнитель (продукт, который удерживает и растворяет активные вещества); витамины; минеральные вещества, макроэлементы, микроэлементы; ферментные препараты; кормовые антибиотики; аминокислоты; вспомогательные вещества – антиоксиданты, консерванты, ароматизаторы.

Эффективность премикса зависит от наполнителя, к которому предъявляются определенные требования. Так, он должен иметь

нейтральную pH (5,5–7,5), быть совместим с микроингредиентами, обладать хорошей сыпучестью и несслеживаемостью, иметь небольшой размер частиц с шероховатой поверхностью, которые не должны образовывать пыли. Влажность наполнителя не должна превышать 10%. По отношению к микроингредиентам наполнитель должен иметь противоположный заряд в расчете на его способность удерживать на своей поверхности биологически активные вещества. Удельный вес должен быть близок к удельному весу веществ, составляющих смесь.

Наполнители обычно подразделяют на три категории: защитные, нейтральные и вредные. Защитные наполнители содержат определенное количество естественных антиоксидантов (лецитин, токоферол). К ним относятся зародыши пшеницы, овсяная мука, неотжатые семена масличных культур. Нейтральные наполнители, к которым относятся пшеничные отруби, кормовые дрожжи, жмыхи, шроты, мука злаковых, костная мука, не оказывают ни защитного, ни вредного действия. К вредным наполнителям относятся вещества, богатые протеином: рыбная и мясокостная мука, продукты молочного производства. Обычно в качестве наполнителей используют отруби, шроты, кукурузную, пшеничную и травяную муку, дрожжи, муку из водорослей. Некоторые производители выпускают премиксы на минеральном наполнителе без использования отрубей, шротов и др.

В последнее время применяются *составные наполнители* – смесь отрубей, известняка, растительного масла. Компоненты животного происхождения (мука рыбная, мясная, мясокостная) в качестве наполнителя используют крайне редко, что объясняется нестабильностью находящихся в них жиров и высоким содержанием белка.

Биологически активные вещества, вводимые в премиксы, должны быть устойчивы к наполнителю и обладать химической совместимостью. Так, например, соли микроэлементов могут вступать в реакцию с витаминами и разрушать их. Поэтому несовместимые добавки вводят в защитной или стабилизированной форме.

Для эффективного выращивания молоди различных видов в кормах, наряду с витаминными, должны присутствовать и минеральные премиксы. Минеральные премиксы, введенные в состав корма, улучшают

его продукционные свойства. Количество минеральных элементов, которое необходимо дать в виде добавок в комбикорма, определяют на основании потребности в них рыбы. Обычно количество минерального премикса или добавки составляет от 0,5 до 4% массы сухого корма и зависит от рецепта премикса, содержания в нем элементов, состава корма, вида рыб. Доза премикса, предназначенная для максимального роста рыб, может быть иной, чем для лечебно-профилактических целей. При низкой усваиваемости элемента из корма и воды содержание его в премиксе должно быть выше, при высокой – ниже.

Чаще всего в составе минеральных премиксов используют фосфаты, сульфаты, карбонаты, реже – хлориды и соли неорганических кислот (цитраты, лактаты, ацетаты), еще реже – окислы металлов.

Обычно минеральные премиксы или добавки выпускают в рассыпном виде, часто с наполнителем, а также в форме таблеток, микрокапсул, жидкостей. В качестве наполнителя для минеральных премиксов чаще всего используются мел, соль, фосфаты (третичные, так как первичные и вторичные гигроскопичны), костная мука, отруби. Некоторые зарубежные фирмы в качестве связующего вещества для минеральных премиксов используют отходы целлюлозно-бумажной промышленности, в частности лигносульфанаты.

Разработан ряд премиксов, которые используют при производстве стартовых и продукционных комбикормов для различных видов рыб. Так, для выращивания форели и лососевых рыб разработаны премиксы ПФ-1М, ПФ-1В, ПФ-1ВМ, ПФ-3В. Для осетровых рыб созданы витаминные премиксы серии ПО и витаминно-минеральные премиксы ВМП-ПО. Кроме того, существуют премиксы для карповых рыб, канального сома, угря и других видов.

3.6. Лечебные и профилактические добавки в комбикорма

Некоторые **антибиотики** являются необходимыми биологически активными веществами естественного происхождения. Эффективность действия антибиотиков зависит от вида, возраста, физиологического состояния рыбы. Термическая обработка искусственных комбикормов

снижает их антибиотическую активность, что приводит к нарушению равновесия в составе кишечной микрофлоры организма с появлением патогенных микроорганизмов. Как правило, в комбикорма добавляют не чистые антибиотики, а их кормовые препараты.

Амоксицилин тригидрат – беталактамовый антибиотик, который используется при бактериальных заболеваниях рыб. Его дают с кормом в дозе 40–80 мг/кг массы рыб в течение 10 дней.

Антибак – новый препарат широкого спектра действия. Используются при аэромонозе, вибриозе, псевдомонозе и других заболеваниях. Его вводят в корм в дозах 0,5 г/кг или 1 г/кг в зависимости от заболевания и формы выпуска препарата.

Биовит – биомициново-витаминный комплекс, кроме антибиотика хлортетрациклина, содержит витамин B_{12} . Используют с кормом при бактериальных заболеваниях рыб.

Фуракарп – лечебный комбикорм с 1%-ным содержанием фуразолидона. Фуракарп смешивают с обычным комбикормом и проводят кормление рыбы в течение 10 дней (по 5 дней с перерывом между ними 2 дня).

Кроме того, для лечения бактериальных заболеваний применяют фурадонин, фуразолидон, фуртин, сульгин, сульфадиазин+триметоприм и другие препараты.

В настоящее время **гормональные препараты** еще не нашли широкого применения при кормлении рыбы, однако они представляют несомненный интерес.

Ферментные препараты являются высокоактивными катализаторами различных биохимических процессов, протекающих в организме. В промышленности выпускают ферментные препараты животного, растительного и микробного происхождения. По объему и ассортименту среди представленных на рынке ферментных препаратов наиболее распространены препараты, полученные путем микробиологического синтеза. Технология их производства заключается в культивировании специально отобранных штаммов микроорганизмов, являющихся активными продуцентами ферментов, с последующим выделением препаратов. Название каждого ферментного препарата складывается из названия

основного фермента и видового названия микроорганизма – продуцента. Окончание названия фермента во всех случаях «ин». Индекс П имеют препараты, полученные при поверхностном способе культивирования, Г – при глубинном. Содержание фермента в препарате обозначается буквой х и числом, соответствующим кратности очистки.

В технических и даже очищенных ферментных препаратах, кроме основных ферментов, содержатся и другие. Для обогащения кормов рыб обычно используются как очищенные, так и неочищенные ферментные препараты.

Протосубтилин ГЗх представляет собой порошок из высушенной на распылительной сушилке культуральной жидкости, в которой проводилось культивирование *Bacillus subtilis*. Препарат представляет собой гигроскопичный однородный порошок светло-бежевого цвета, растворимый в воде. Протосубтилин ГЗх содержит в своем составе комплекс ферментов (нейтральные и щелочные протеиназы, альфа-амилазу, бета-глюканазу, ксиланазу и целлюлазу), поваренную соль, мел химически осажденный, кукурузную муку. Выпускают с протеолитической активностью 70 ед./г (по согласованию с потребителем препарат изготавливается с более высокой протеолитической активностью).

Амилосубтилин ГЗх представляет собой порошок, полученный высушиванием на распылительной сушилке культуральной жидкости, в которой проводилось глубинное культивирование *Bacillus subtilis* специально подобранного штамма. Этот препарат представляет собой однородный гигроскопичный порошок светло-бежевого или светло-серого цвета, растворимый в воде. В своем составе он содержит ферменты (альфа-амилазу, нейтральные и слабощелочные протеиназы, бета-глюканазу, целлюлазу, ксиланазу), остатки питательной среды, мел, поваренную соль, кукурузную муку. Использование амилосубтилина в составе кормов повышает их переваримость. Общий эффект действия этого препарата связан с комплексным воздействием входящих в его состав ферментов: бета-глюканазы, ксиланазы и целлюлазы, которые катализируют расщепление трудноусваиваемых полисахаридов растительных компонентов (пшеницы, ржи и ячменя). Амилосубтилин ГЗх выпускается с амилолитической активностью 600 ед./г и 1000 ед./г.

Пектаваморин П10х – очищенный ферментный препарат, получаемый осаждением этиловым спиртом диффузионных вытяжек из поверхностей культуры плесневого гриба *Aspergillus awamori* (штамм 22) на свекольном жоме и пшеничных отрубях. Препарат содержит полигалактуроназу, пектинэстеразу, кислую протеазу, гемилцеллюлазу и незначительное количество окислительных ферментов. Активность стандартного препарата: пектолитическая способность $9,0 \pm 0,9$ ед./г по энтерферометрическому методу. Оптимальные условия препарата: pH 3,5–4,5; температура 37–40°C.

Ксиланаза (Xilanaza) – ферментный препарат, способствующий расщеплению ксиланов, а также структурных компонентов клеточной стенки растений. Препарат получают методом глубинного культивирования продуцента *Trichoderma viride* на специально разработанной среде. Представляет собой мелкий порошок, хорошо растворимый в воде. Препарат повышает перевариваемость трудногидролизуемых компонентов зерна (пентазы, бета глюканы). Использование ксиланазы в составе препарата способствует снижению себестоимости комбикормов за счет использования более дешевого зернового сырья (подсолнечного жмыха или шрота, отрубей).

Каротиноиды представляют многочисленную и широко распространенную в природе группу пигментов. Они входят в состав клеток микроорганизмов, водорослей и высших растений, а также клеток животных и человека. Основной функцией каротиноидных пигментов является участие в свободнорадикальном окислении в качестве регулятора. Особую роль каротиноиды играют в питании рыб. Они участвуют в пигментации и размножении, дыхании, обеспечивают организм ретинолом.

Использование каротиноидных препаратов в составе комбикормов затруднено в связи с ограниченностью их источников. До недавнего времени при производстве комбикормов для рыб использовали единственный препарат КПКМ (кормовой препарат микробиологического каротина), содержащий до 0,5% β -каротина. В настоящее время наиболее доступными для использования в аквакультуре являются импортные препараты астаксантина (Карофилл Пинк)

и кантоксантина (Роксантин, Карофилл Ред), кормовой препарат микробиологического каротина.

Новым каротинсодержащим препаратом, используемым в составе рыбных гранулированных кормов, является «Витатон», содержащий до 8% β -каротина.

Перспективным источником каротиноидов являются беспозвоночные гидробионты. Так, содержание каротиноидов в теле мидий достигает 249 мкг/г сырой массы: из них 156 мкг/г ксантофиллов и 93 мкг/г каротинов. В муке из ракообразных (крабы, криль, раки, креветки) содержится 76–200 мг/кг астаксантина.

Следует отметить, что введение каротиноидных пигментов в корма для форели придает мясу насыщенный цвет, улучшает физиологическое состояние рыб, жизнеспособность икры.

Пробиотики применяются с целью повышения продуктивности индустриального и прудового рыбоводства, в которых особое место отводится профилактике болезней и лечению рыб. Пробиотики в современном понимании – вещества микробного и немикробного происхождения, оказывающие при естественном введении благоприятное влияние на физиологические и биохимические функции организма хозяина посредством оптимизации его микрорасположения статуса. Пробиотики предназначены для профилактики и лечения заболеваний бактериальной и вирусной этиологии, нормализации кишечной микрофлоры при дисбактериозах различной природы. Позволяют смягчать стрессы, вызываемые сменой кормов и технологическими воздействиями на животных. Служат для повышения резистентности организма и напряженности иммунитета.

В состав препарата «Бифидум-СХЖ» входят бифидобактерии, обеспечивающие лечебный эффект, детоксикацию организма рыб и увеличение массы тела.

Препарат «Зоонорм» представляет собой лиофилизированную микробную массу живых гонистически активных бактерий вида *Bifidobacterium bifidum* штамм № 1, иммобилизованных на частицах измельченного активированного угля. По внешнему виду препарат представляет собой порошок от светло- до темно-серого цвета с

черными вкраплениями, сладковатого вкуса, со слабым кисло-молочным запахом.

«Субалин» – отечественный препарат, разработанный на основе живых бактерий *Bacillus subtilis* 2335/105, продуцирующий альфа-2 интерферон. Этот препарат повышает иммунофизиологический статус организма путем нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта. Субалин характеризуется широким спектром антагонистической активности в отношении патогенных и условно-патогенных организмов, повышает специфическую и неспецифическую резистентность организма, регулирует и стимулирует пищеварение. Преимущества субалина по сравнению с используемыми в рыбоводной практике антибиотиками и нитрофуранами – нулевой срок ожидания; укрепляет, а не подавляет иммунную систему рыб; эффективен при малых дозировках и кратности применения; отсутствует эффект привыкания; экономически рентабелен; экологически безопасен. Оптимальная лечебная суточная доза субалина составляет 25 млн спор на 1 кг массы карпа 2–3-летнего возраста при курсе лечения 5–7 дней.

Пробиотический препарат «Биокорм-Пионер» представляет комбинацию двух не модифицированных генетически, лиофилизированных культур *Bacillus subtilis*. Он предупреждает развитие дисбактериозов, способствует стимуляции клеточных и гуморальных факторов иммунитета.

Препарат «Интестивит» содержит комплекс культур бифидобактерий *Bifidobacterium globosum*, стрептококков *Enterococcus faecium* и *Bacillus subtilis*. Эти две группы бактерий, входящих в препарат, способны к активной колонизации слизистой оболочки кишечника и образованию на ней биопленки. Образованные бактериями метаболиты активно участвуют в процессах переваривания пищи, синтезе витаминов, аминокислот и других жизненно важных элементов, повышают естественную резистентность организма и способствуют восстановлению популяционного уровня представителей нормальной микрофлоры кишечника.

Пробиотик «Аквалакт» – специализированный препарат на основе лактобактерий кишечника осетров из естественной среды обитания.

Основу препарата «М-30» составляют бактерии *Lactobacillus acidophilus*, быстро размножающиеся при попадании в кишечник рыб, создавая в нем биоценоз, подавляя рост патогенной микрофлоры. Действие препарата подтверждено исследованиями по профилактике бактериальных инфекций у прудовых рыб на примере карповых и растительноядных.

Пробиотик «Азогилин» создан на основе живой культуры азотфиксирующих бактерий *Azomonas agilis*. Препарат хорошо зарекомендовал себя при борьбе с аэромонозом в прудовых хозяйствах.

Основу препарата «Az-28» также составляют *Azomonas agilis*, выделенные из воды и способные ингибировать патогенную микрофлору кишечника рыб. Выпускается в виде гранул со слабым запахом кислоты – продукта ферментации бактерий. Применяется с кормом для всех возрастных групп рыб, восприимчивых к аэромонозу.

Бактериальный препарат «Субтилис», представляющий собой биомассу спорообразующих бактерий *B. subtilis* ВКМ В-2250 Д и *B. licheniformis* ВКМ В-2252 Д, образующих молочную кислоту, стимулирует продуктивность, адаптивность и жизнестойкость рыб на ранних этапах онтогенеза и повышает напряженность неспецифического иммунитета.

В Российской Федерации зарегистрировано более 90 наименований пробиотиков ветеринарного назначения, большинство из которых классифицируется как лечебно-профилактические препараты, часть – как закваски и часть – как микробиологические кормовые добавки. При широком выборе пробиотических препаратов представляется перспективным развитие данного направления, позволяющего получать экологически чистую продукцию аквакультуры.

Минеральный энтеросорбент включает цеолит, бентонит, углекислый кальций и водорастворимые соединения кремния, которые поглощают или снижают уровень экзо- и эндотоксинов в кишечнике. Так, цеолит эффективно связывает низкомолекулярные афлотоксины, образуемые плесневыми грибами рода *Аспергиллус*, а бентонит – высокомолекулярные, продуцируемые грибами рода *Фузариум*, причем углекислый кальций приводит к распаду крупных частиц бентонита и

цеолита на более мелкие и тем самым увеличивает их общие адсорбционные свойства. Легкоусваиваемые водорастворимые соединения всасываются и способствуют повышению естественной резистентности и регенерации тканей. Известно также, что цеолит является сильнейшим адсорбентом аммиачного азота, тяжелых металлов и радионуклидов, связывает низкомолекулярные токсические вещества, снижает воспалительные процессы, обеспечивает препаратам эластичность и структурирование суспензии. Растворимый кремний улучшает работу кровеносной системы. Особенностью минеральной добавки является то, что присутствующий в ней карбонат кальция, несмотря на свою активность, имеет замедленное растворение из-за обволакивания его частиц монтмориллонитом и аморфным кремнеземом.

«Карбосил» – экологически чистый энтеросорбент, в котором токсические элементы практически отсутствуют. Не оказывает местно-раздражающего и аллергического действия.

«Пробисил» – это кормовая добавка, состоящая из эффективного пробиотика нового поколения и уникального минерального энтеросорбента. Эта добавка предназначена для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний бактериальной, вирусной и грибковой этиологии у разных видов и пород рыб, а также при острых кишечных инфекциях, кормовых токсикоинфекциях, аллергиях, интоксикациях, включая острые отравления сильнодействующими и ядовитыми веществами, предупреждения вздутия кишечника у осетровых рыб.

3.7. Вещества, улучшающие качество корма

Известно, что рыбы обладают избирательным отношением к одинаково доступной пище. Как правило, привлекающими рыб веществами являются белки, амины, аминокислоты, нуклеотиды, бетаины, глюкопротеиды, липиды, некоторые органические кислоты. Так, многие карповые рыбы предпочитают корм, содержащий альдегиды и кетоны – продукты окисления жиров, угорь – корм, содержащий глицин и аланин. Большинство продуктов животного происхождения (за исключением молочных) стимулируют пищевую активность лососевых

рыб, а сухой обрат и сухая молочная сыворотка – пищевую активность карпа. Сильным привлекающим действием для основных культивируемых рыб отличается рыбий жир, экстракты из креветок, крабов. Растительные масла стимулируют потребление пищи карпом, тогда как некоторые проходные лососи избегают запаха этого продукта. Продукты микробного синтеза у многих рыб вызывают реакцию избегания. Кроме того, в настоящее время зарубежными фирмами производится выпуск пищевых аттрактантов, увеличивающих привлекательность сухого корма (мясной, рыбный, крабовый и др.).

Красящие вещества. Определенное влияние на аппетит рыб и эффективность использования ими пищи оказывает также цвет корма. Рядом исследований было установлено, что лососевые рыбы предпочитают корм, окрашенный в красный цвет, хотя имеются данные о предпочтении форелью пищи желтого и синего цвета. Например, окрашивание стартового корма для форели в красный цвет позволяет повысить эффективность выращивания молоди на 17% (в контроле использовали корм желто-серого цвета). В качестве красителя был использован «Рубиновый СК», выпускаемый косметической промышленностью. Дозировка красителя составляла 0,3%. Красители в составе рыбных комбикормов используются редко, в основном для усиления окраса декоративных рыб.

Связующие кормосмесь вещества используются для повышения прочности крупки и гранул сухих комбикормов, а также для предотвращения размываемости питательных веществ. Эти добавки применяют как в сухих гранулированных, так и в пастообразных кормах. В состав гранулированных кормов вводят карбоксиметилцеллюлозу, полиакриловую кислоту, соли натрия, гислатин, активированные глютенны, обработанный крахмал, лигносульфанат, хитин и др. Следует отметить, что связующими свойствами в составе кормосмеси обладают отдельные компоненты рыбных кормов, такие как пшеничная, водорослевая и кровяная мука, сухой обрат, ПЗХ (витазар), дрожжи.

Антиоксиданты. Имеющиеся в составе комбикормов жиры, каротиноиды и жирорастворимые витамины окисляются под воздействием тепла, света, ионов металлов, в результате чего корм приобретает неприятный запах и вкус, увеличивается его токсичность. Поэтому

с целью стабилизации жиров и витаминов в состав кормов вводятся различные антиокислители (антиоксиданты).

Антиоксиданты – это вещества, ингибирующие процесс окисления других веществ молекулярным кислородом. Наиболее опасны для здоровья рыб продукты окислительной деструкции липидов, содержащие ненасыщенные жирные кислоты (перекиси, кетоны, альдегиды). Сами продукты окисления липидов разрушают каротиноиды, витамины А, Д, Е и К. Потребление рыбами кормов, содержащих окисленные жиры и витамины, вызывает нарушение процессов пищеварения и усвоения питательных веществ. В случае отсутствия в корме хорошего антиоксиданта витамин Е начинает выполнять его функции (так как он является природным антиокислителем). Поэтому к моменту потребления корма содержание в нем витамина Е резко сокращается, что приводит к снижению питательной ценности и ухудшению конверсии корма.

В настоящее время в составе комбикормов и компонентов, содержащих ненасыщенные липиды, применяется значительное количество антиоксидантов, предохраняющих от окисления липиды и витамины. Из естественных антиокислителей традиционно применяется токоферол, аскорбиновая кислота, лецитин. Среди синтетических препаратов следует выделить сантохин (этоксихин, сантоквин), бутилокситолуол (ионол), бутилоксианизол (бутилгидроксианизол), додецилгаллат, пропилгаллат, дилудин, анфелан. Эти препараты обычно добавляют в кормосмеси в количестве до 0,02%. Голландский препарат «Анок», производится в сухой и жидкой формах, представляет собой многокомпонентный комплекс, активные компоненты которого подобраны таким образом, что они предотвращают начальную фазу окисления жиров, прерывая цепную реакцию образования свободных радикалов.

3.8. Антипитательные вещества компонентов комбикормов

Антипитательными называют вещества, способные избирательно снижать усвоение отдельных нутриентов без проявления общей токсичности.

Все антипитательные вещества условно делятся на 3 группы.

К первой группе относят *ингибиторы протеиназ*, образующие

стойкие комплексы с протеолитическими ферментами, подавляя их активность. Вследствие этого протеин кормов переваривается частично, и их усвоение снижается. Наиболее значительно содержание ингибиторов протеиназ в сое, фасоли, горохе, пшенице и рисе. В меньших количествах они обнаружены в других злаковых.

Вторая группа представлена *антивитаминами*, химическими соединениями, уменьшающими специфические эффекты витаминов. Механизм действия антивитаминов основан на их структурном подобии соответствующим витаминам и возникающих на этой основе конкурентных взаимоотношений между ними, результатом которых является связывание и инактивация витаминов. В настоящее время известны антагонисты аскорбиновой кислоты, тиамин, биотин, рибофлавин и ниацин.

Третья группа включает природные химические соединения, образующие *труднорастворимые комплексы* с минеральными элементами. К ним относятся фитин (инозитолгексафосфорная кислота) и щавелевая кислота. Фитин образует прочные труднорастворимые комплексы с кальцием, магнием, железом, цинком и медью. Фитин наиболее распространен в растительных продуктах, особенно в злаковых и бобовых.

Антипитательных веществ в кормовом сырье достаточно много, рассмотрим основные из них.

К антипитательным веществам пшеницы можно отнести хинон и продукты его полимеризации, которые образуются из свободной аминокислоты тирозина, находящейся в повышенном количестве (свободном состоянии) в дефектном зерне пшеницы (недозрелой, проросшей, поврежденной клопом-черепашкой и др.). Тирозин относится к группе монофенолов и окисляется под действием полифенолоксидазы. Хинон и его полимеры обладают способностью вступать во взаимодействие с белками, делая их недоступными для переваривания. Этот процесс бывает необратимым тогда, когда происходит окисление фенолов, в том числе тирозина, и последующая ковалентная конденсация.

В эндосперме ячменя содержится ингибитор α -амилазы – абсцизовая кислота. Кроме того, это зерно содержит высокое количество некрахмальных труднопереваримых полисахаридов.

В оболочке зерновки ржи содержится 370–1240 мг/кг алкилрезор-

цина (относится к полифенолам), обладающего токсическими свойствами. В овсе содержится антифермент амилазы.

Белок кукурузы на 50% представлен зеином, который относится к неполноценным белкам, так как в нем нет незаменимых аминокислот, лизина, триптофана, метионина и цистина. Кроме того, в белке кукурузы выявлена аминокислота – вещество, напоминающее по структуре лизин, но по своему действию является его антагонистом. Эта кислота, попадая с кукурузой в организм животного, вытесняет лизин из реакции обмена.

В зерне гороха содержится леугмин, относящийся к простым белкам – глобулинам. Он не растворяется в чистой воде, но хорошо растворяется в нейтральных солях (растворах). В леугмине содержится много лизина, валина, глутаминовой кислоты, серина и треонина, но очень мало метионина и триптофана. Леугмин, попадая в организм, может вступать в реакцию с неорганическими солями и органическими кислотами, превращаясь в недоступные вещества для усвоения. Из-за наличия в горохе ингибиторов трипсина доступность аминокислот невысока (менее 80%). Термическая обработка лишь незначительно снижает действие антипитательных факторов, поэтому горох обычно используется без обработки.

Вика, помимо ингибиторов трипсина, содержит антипитательное вещество – цианогенный гликозид вицианин, который при неблагоприятных условиях выращивания и хранения семян вики переходит в синильную кислоту. Ее обнаруживают в вике в количестве от 0,03 до 0,07%.

Общепринято считать, что из-за значительного содержания ряда антипитательных веществ необработанную сою нельзя использовать при производстве комбикормов. С целью повышения эффективности использования сои ее следует подвергать обработке. Считается, что в чистом виде соя экструдируется плохо. Из-за высокого содержания жира температура экструдированной массы не достигает 140°C, поэтому нет эффекта «взрыва» и не инактивируются антиферменты трипсина и другие антипитательные вещества. Сырые соевые бобы содержат ингибиторы трипсина, лектины (фитогемагглютенины), антивитамин D, металлосвязывающие соединения и другие нежелатель-

ные вещества, которые вызывают неблагоприятную физиологическую реакцию организма и снижают доступность аминокислот, витаминов и минеральных веществ.

Помимо антипитательных веществ, инактивирующихся под действием тепла, в сое содержатся некоторые антипитательные вещества, которые при термической обработке или не теряют свою активность, или теряют ее в слабой степени. К таким веществам относятся гликозиды сапонины (до 0,5% от сухого вещества сои) и стероидные алкалоиды. Сапонины представляют собой гликозиды с агликонами («не сахар»). Сапонины – аморфные, хорошо растворимые ядовитые вещества, не содержащие азота. При введении в кровь вызывают гемолиз, т. е. растворение красных кровяных телец. Высокий уровень сапонинов в корме замедляет протеолитическое действие трипсина и химотрипсина и придает ему горький вкус. При гидролизе сапонины дают глюкозу, галактозу, арабинозу и метилпентозы.

Основным цианогликозидом сорго является дуррин. В обычных условиях цианогенные гликозиды не токсичны. В нормально развивающемся растении цианогенез (образование синильной кислоты) не происходит, так как гликозид и расщепляющий его фермент находятся в разобленном состоянии. Но при ухудшении условий хранения зерна в нем начинают проявлять действия ферменты, способные конвертировать цианогликозиды на сахара, синильную кислоту, альдегиды или кетоны. Сорты сорго с коричневой окраской семени содержат много танинов, в желтозерновых сортах танин содержится в незначительных количествах. Танины являются сложными эфирами ароматических кислот, чаще всего галловой кислоты с углеводами. Их относят к дубильным веществам. Танины могут оказывать отрицательное воздействие на организм животных, могут изменять обмен минеральных веществ, снижать перевариваемость питательных веществ. Их действие в организме животных кратковременное. Снизить вредное действие танинов возможно введением синтетического метионина.

В люпине содержание алкалоидов широко варьирует. Так, в белом кормовом люпине его содержание не превышает 0,02%. А в семенах горького желтого люпина содержится до 2% алкалоидов. Сорты жел-

того люпина с содержанием алкалоидов не более 0,025% относят к кормовым сортам, от 0,025 до 0,1% – к малоалкалоидным, свыше 0,1% – к алкалоидным горьким люпинам. Самым токсичным алкалоидом и преобладающим в количественном отношении является лупанин.

В хлопчатниковом шроте содержится госсипол – специфическое фенольное соединение. Госсипол одновременно обладает свойствами фенолов и альдегидов. Содержится в шроте как в свободном, так и в связанном состоянии. Госсипол относится к клеточным, сосудистым и нервным ядам. Токсичность его выражается в замедлении роста, истощении. На хлопкоперерабатывающих предприятиях часть госсипола удаляется с помощью антраниловой кислоты. Полученный при этом антранилат госсипола может частично попадать в хлопчатниковый шрот, это вещество обладает антиоксидантными свойствами.

Семена льна наряду с цианогликозидом линамарином содержат фермент линазу, способную гидролизовать гликозид с выделением синильной кислоты в сырых семенах льна. При производстве льняного шрота или жмыха с соблюдением технологического режима линамарин в значительной степени разрушается, а часть его превращается в синильную кислоту. В льняном шроте ее количество может достигать 0,03%, а в жмыхе до 0,06%. Уменьшить вредное действие синильной кислоты можно методом автоклавирования или добавлением лизина и метионина.

Клещевинный шрот содержит ядовитое вещество рицин, относящийся к лектинам. Является токсическим гликопротеином. Рицин быстро проникает в клетку живого организма, где связывает галактозные рецепторы и рибосомы, выводя их из действия, а также расщепляет сульфидные связи. По норме содержание рицина в клещевинном шроте недопустимо.

Травяная мука может содержать вредные вещества: сапонины и пектинметилэстеразу. В клевере и доннике незначительно содержится гликозид дикумарин, являющийся антогонистом витамина К. В растениях семейства камнеломковых и вересковых содержится двухатомный фенол гидрохинон, входящий в природный гликозид арбутин. В растениях семейства маковых содержится токсичный алкалоид протонин, в растениях семейства лютиковых содержится гликозид ранункулин. В травяной муке из разнотравья могут встречаться такие ядовитые

растения, как белена (содержит алкалоиды атропин и скополамин), болеголов пятнистый (алкалоиды кориицин, конейин и их производные), борщевик (алкалоиды фурукумарины), горичвет (сапонины), молочай прутьевидный (алкалоид зуфорбин), полынь (алкалоид сантопин), чистотел (алкалоиды хелидонин, хемурин).

При использовании этого сырья в составе комбикормов необходимо проводить контроль на наличие антипитательных веществ.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. На какие группы по составу питательных веществ можно разделить сырье растительного происхождения?
2. Какие продукты переработки зерна используются в кормопроизводстве?
3. Каким составом питательных веществ характеризуется зерно бобовых культур?
4. Какой вид бобовых занимает первое место по питательной ценности?
5. Какие продукты переработки семян масличных культур используются в кормопроизводстве?
6. Какой продукт является самым качественным растительным сырьем в производстве комбикормов?
7. Какие компоненты относят к группе животного происхождения?
8. Что является основным источником протеина в кормах для рыб?
9. Для чего в комбикорма вводят гидролизаты из рыбы и отходов ее переработки?
10. Какие продукты микробиального синтеза используются в комбикормах для рыб?
11. Какая цель введения в корма дрожжей?
12. Какие жировые компоненты используются в рыбных комбикормах?
13. В каком виде вводят в состав комбикормов минеральные вещества и витамины?
14. Для чего в комбикормах используются антибиотики?
15. С помощью каких веществ можно улучшить качество комбикормов?
16. Что такое антипитательные вещества и в каких компонентах они встречаются?

Глава 4.

Влажные кормовые компоненты, корма и пасты

При изготовлении паст и влажных гранул для лососевых рыб, форели используют местное кормовое сырье и традиционно применяемые сухие кормовые компоненты. Из местных сырьевых ресурсов на рыбноводных хозяйствах используют фарш из малоценной рыбы, отходы от ее переработки, зоопланктон, отловленный из естественных водоемов, боенские отходы (внутренние органы, кровь, продукты переработки пера птицы), продукты и отходы от переработки моллюсков, ракообразных. Из сухих кормовых компонентов, которые добавляют во влажные пасты, следует выделить рыбную муку, дрожжи, растительные шроты, жмыхи, муку, масло, рыбий жир, фосфатиды, антибиотики и другие лекарственные препараты, витаминные и минеральные премиксы.

Использование влажных кормов (паст и гранул) позволяет экономить средства на организацию кормления и выращивания объектов аквакультуры. Некоторые виды рыб, например осетровые, охотнее используют в пищу влажные корма. Однако эти корма обладают рядом недостатков, что не позволяет их широко использовать. Пастообразные корма плохо хранятся, влажные кормовые компоненты могут являться источниками различных инфекций, а высокое содержание в таких кормах влаги увеличивает кормовые затраты до 10 единиц (в среднем 5–6 ед.). Пастообразные корма, как правило, недостаточно сбалансированы по содержанию основных питательных веществ.

Влажные корма изготавливают в виде паст и гранул. Сырые гранулы на рыбноводных заводах нарабатывают с использованием электромясорубок. Для связывания смеси добавляют пшеничную муку или другие сухие компоненты.

На Волгоградском ОРЗ специалистами Нижневолжрыбвода и Астраханского государственного технического университета разработаны рецепты влажных комбикормов для ремонтно-маточного стада осетровых рыб (серии ВОРЗ), которые производятся в виде колбасных изделий. По технологическому регламенту такой комбикорм подвергается тепловой обработке, при которой происходит деструкция части содержащихся

в нем сложных питательных веществ и снижение тем самым затрат энергии на их переваримость в организме рыб. Кроме того, под воздействием температуры происходит почти полная стерилизация корма, при этом уничтожаются все болезнетворные микроорганизмы.

Готовая продукция в оболочках и вакуумной упаковке хранится в замороженном виде. В состав этих кормов дополнительно включаются отловленные кормовые организмы, а также пищевой загуститель.

При выращивании товарной форели до недавнего времени использовали пастообразные кормосмеси, в состав которых входили компоненты из сырья местного происхождения: отходы пресноводной рыбы, селезенка говяжья, мука рыбная, мясокостная, крилевая, пшеничная, водорослевая, молоко сухое, кормовые дрожжи, рыбий жир. Для осетровых рыб также рекомендованы влажные корма на основе местного кормового сырья.

В качестве витаминно-минеральных добавок в пастообразные корма вносят витаминно-минеральные премиксы. Суточные нормы кормления рыб влажными комбинированными кормами зависят от энергоемкости рациона, массы тела и температуры воды.

РАЗДЕЛ II. ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПОЛНОЦЕННЫХ КОРМОВ ДЛЯ РЫБ

Глава 5.

Биологические основы создания рецептов полноценных комбинированных кормов

При создании полноценных комбикормов используют эколого-морфологический способ, позволяющий рассматривать развитие организма как последовательность качественно различных этапов, каждый из которых характеризуется взаимоотношениями со средой. Современное рыбоводство, особенно индустриальное, привело к созданию новых комбикормов, которым нет природных аналогов, и новых технологий выращивания рыб в управляемых условиях среды.

Потребности рыб в пище и питательных веществах обоснованы теорией этапности развития рыб В.В. Васнецова, который показывал, что все развитие рыб – это последовательный ряд этапов, каждый из которых отличается особенностями строения, физиологии и экологии. Группы этапов объединяются в периоды развития. С.Г. Крыжановский показал, что на каждой стадии развития происходят качественные и количественные изменения. Рост неразрывно связан с развитием, он постепенен, но также скачкообразен. Длительность этапов (периодов) развития зависит от среды, наличия необходимой пищи, абиотических и биотических факторов. Специалисты в области физиологии питания и развития рыб выделяют следующие периоды развития:

- личиночный (развитие пищеварительных органов еще не завершено);
- мальковый (развитие пищеварительных органов завершено);
- взрослый (все органы и ткани организма развиты).

Живые кормовые организмы по составу и структуре питательных веществ наиболее соответствуют пищеварительной системе рыб, однако они не реализуют потенциальные возможности роста, поскольку в естественных водоемах процветание вида нередко обеспечивается ценой гибели части популяции.

Живые организмы, в том числе рыбы, представляют собой системы,

состоящие из белковых полимеров на основе таких основных элементов, как азот, углерод, водород и кислород. На всей планете распространена азотная белковая форма жизни. Структурно органическая материя подразделяется на белки (протеин), жиры (липиды), углеводы, нуклеиновые кислоты и другие соединения (витамины, ферменты, минеральные вещества), необходимые для жизнедеятельности клеток.

5.1. Протеин как основа пищевых рационов

Дж. Хальвером и А.Н. Канидьевым обоснованы потребности лососевых рыб в аминокислотах, что позволило в дальнейшем оптимизировать состав рецептов кормов для форели и других лососевых рыб в России. Впоследствии другими учеными (Е.А. Гамыгиным, В.Я. Скляровым, С.В. Пономаревым) было показано, что эти потребности можно распространить и на другие виды рыб (карповые, сиговые, осетровые).

Кормовой протеин включает как белковую, так и небелковую форму азота, причем они существенно различаются по своей питательности. Общими для всех белков являются 24 аминокислоты, однако питательная ценность белка определяется наличием в нем незаменимых аминокислот. В настоящее время принято считать, что незаменимыми являются аминокислоты, не синтезируемые в организме или синтезируемые недостаточно быстро для удовлетворения физиологической потребности. Незаменимыми для рыб определены 10 аминокислот, что является характерным и для высших животных (табл. 11).

Таблица 11

Состав и содержание незаменимых аминокислот в кормах для лососевых и других видов рыб (по А.Н. Канидьеву)

Аминокислота	Содержание в 1 кг корма, г
Аргинин	25
Гистидин	7
Изолейцин	10

Лейцин	16
Лизин	21
Метионин (в присутствии 1% цистина)	5
Фенилаланин (в отсутствие тирозина)	21
Треонин	8
Триптофан	2
Валин	16

Потребность рыб в протеине в 2–4 раза выше, чем у теплокровных животных. Оптимальное количество протеина в кормах для молоди составляет 48–60%; для старших возрастных групп – 38–47%.

Белок усваивается хищными и всеядными рыбами в среднем на 80–85%. Для молоди эти значения могут быть ниже, в зависимости от его структуры. Растительный протеин, по сравнению с животным, усваивается хуже. Однако, учитывая относительно низкую стоимость кормосмесей, где используются добавки растительного сырья, их применение оказывается экономически выгодным.

М.А. Щербина и Е.А. Гамыгин показывают, что в полноценных для рыб белках корма содержание незаменимых аминокислот обычно составляет 35–50%, остальная часть приходится на долю заменимых. Для рыб они также имеют большое значение, так как являются поставщиками основного количества обменного азота. При их недостатке идет повышенный распад незаменимых аминокислот, в связи с чем снижается продуктивное действие пищи в целом. Однако их соотношения между собой не имеют такого значения, как соотношения между незаменимыми аминокислотами, поэтому они обычно не нормируются. В процессах обмена в ходе различных реакций заменимые аминокислоты способны к взаимопревращениям, например путем переаминирования (обратимого переноса) аминогруппы без промежуточного образования аммиака. Другая часть аминокислот теряет аминогруппу путем дезаминирования, в результате которого образуются углеродные скелеты (кето- и оксикислоты). Последние могут превращаться в углеводы или жиры или частично использоваться для

синтеза других аминокислот путем присоединения к ним свободной аминогруппы. При другой реакции распада белка – декарбоксилировании – от его молекулы отщепляется карбоксильная группа, которая также может быть использована для синтеза углеводов и жиров.

Потребности в общем количестве сырого протеина имеют большие видоспецифические и возрастные различия. Они изменяются в зависимости от стадии развития рыб, экологических условий (в частности, температуры, кислородного и гидрохимического режимов и состояния здоровья рыб). Быстрорастущая молодь – личинки и мальки – нуждаются в большем количестве белка, чем взрослые рыбы. Для половозрелых особей уровень белка в корме должен быть ниже, чем для ювенильной молоди, что связано с относительным увеличением расходов на поддерживающий обмен и сокращением трат на процессы роста.

По усредненным данным, оптимальный уровень протеина в сухом веществе комбикормов для молоди всех видов рыб составляет 45–55%. Это связано со сходством питания большинства видов в естественных условиях – преимущественно животными организмами. Именно эта пища способна обеспечить потребности быстрорастущей молоди в структурных элементах для построения тканей и органов. Причем для ранних стадий постэмбрионального развития рыб белок корма частично должен быть представлен мелкими фракциями (свободными аминокислотами, ди-, олиго- и полипептидами, низкомолекулярными растворимыми белками) и в соотношениях, близких к их соотношениям в зоопланктоне (по данным С.В. Пономарева).

В таблице 12 представлены данные о потребности ряда видов рыб в незаменимых аминокислотах (по работам М.А. Щербины и Е.А. Гамыгина).

Таблица 12

Сравнительные данные о потребности некоторых видов рыб и наземных позвоночных в незаменимых аминокислотах, % белка

Аминокислоты	Лососи	Радужная форель	Карп	Канальный сом	Осетровые	Тилапия	Угорь
Лизин	4,8-5,0	5,3-7,3	5,3-6,6	5,0-6,3	4,1-6,3	3,8-5,1	4,8-5,3
Гистидин	1,6-1,8	1,6-3,8	1,5-2,4	1,5-1,7	0,7-1,1	1,1-1,7	1,9-2,1
Аргинин	4,4-6,0	3,5-6,2	3,8-5,8	4,2-4,3	2,8-3,1	2,8-4,2	4,0-4,5

Окончание таблицы 12

Треонин	2,0-2,3	3,5-4,8	3,3-4,2	2,0-2,1	2,2-2,9	2,9-3,8	3,6-4,0
Метионин+ цистин	2,5-4,2	2,9-3,4	2,2-4,1	2,0-3,0	1,0	1,0-3,2	2,9-3,2
Валин	3,0-5,3	3,1-6,2	3,0-8,2	2,9-4,8	2,3-3,3	2,2-5,6	3,6-5,8
Фенила- ланин	4,3-5,3	3,0-5,5	3,0-8,2	4,8-5,0	1,5-2,6	2,5-5,6	5,2-5,8
Изолейцин	2,0-2,3	2,4-4,7	2,3-3,7	2,5-2,6	2,1-3,5	2,0-3,1	3,6-4,0
Лейцин	3,6-4,0	4,5-9,1	3,3-6,2	3,3-3,5	3,2-4,8	3,4	4,8-5,3
Триптофан	0,5-0,6	0,5-1,4	0,6-0,8	0,4-0,5	-	0,4-1,0	0,9-1,0

По мере роста рыб все более проявляется видовая специфичность. Для хищных лососевых и осетровых содержание протеина в полноценных продукционных комбикормах должно составлять 34–45%, для канального сомика – 30–40%, для полифага карпа – 23–40%.

Существует зависимость между массой рыб и их требованиями к уровню протеина в корме, соблюдение которых обеспечивает максимальный рост рыб в оптимальных условиях среды. По данным И.Н. Ос-троумовой при выращивании карпов в промышленных тепловодных хозяйствах при температуре 25–30°C соотношение между массой рыб и уровнем белка в корме должно отвечать указанному в таблице 13.

Таблица 13

**Содержание протеина в комбикормах для карпа
в зависимости от возраста, % от сухого вещества**

Масса тела, г	Содержание протеина в сухом веществе корма, %
0,5-1,0	55-50
1,0-2,0	45-43
20-40	42-40
150 и более	35-30

В таблице 14 даны сводные материалы (М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин, С.В. Пономарев) о потребности различных видов рыб в уровне протеина.

Потребность в протеине у различных видов рыб

Виды рыб	Тип корма	Оптимальный уровень белка в сухом веществе корма, %
Лососевые	Стартовый	50-45
	Производственный для молодежи	40
	Производственный для товарного выращивания	42-40
Карп	Стартовый для личинок	44-42
	Стартовый для молодежи	42-48
	Производственный для сеголеток	30-28
	Производственный для старших возрастных групп	32-28
Осетровые	Стартовый для личинок	45-55
	Производственный для рыб массой более 3г	35-45
Канальный сом	Стартовые для личинок	45-50
	Производственные для сеголеток	42-29
	Производственные для старших возрастных групп	25-35
Угорь	Стартовый	45
	Производственный	43-41

И.Н. Остроумовой предложена таблица 15 потребностей в белке у рыб и сельскохозяйственных животных, позволяющая учитывать особенности ранней молодежи.

В связи с потреблением высокобелковой пищи у рыб имеет место механизм постоянного выведения повышенного количества продуктов азотистого обмена.

Установлено, что выделение азота у рыб возрастает пропорционально уровню белка в корме.

Важной физиологической особенностью рыб, с точки зрения высокобелкового питания, является удобная форма выведения конечных продуктов азотистого обмена благодаря специфическим условиям водной среды обитания. Пресноводные и многие морские рыбы относятся

к аммонийотелическим 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 легкорастворимые в воде азотистые продукты – аммиак (в виде иона аммония) и мочевина – удаляются преимущественно внепочечным путем. Почти весь аммоний у рыб – 90% – выводится через жабры.

Таблица 15

**Потребность в белке у рыб и сельскохозяйственных животных
(% к сухому веществу корма)**

Рыбы			Животные				
Возраст, масса	Карп	Форель	Возраст	Коровы	Свиньи	Куры, утки	Пушные звери
Личинки и ранняя молодь 1 мг-1 г	50-55	55-60	Молодняк	16-17	17-22	17-21	22
Сеголетки, 1-40 г	40-45	45-50					
Годовики и двухлетки, 40-100 г	35-36	42-45	Взрослые особи	10-15	11-15	14-17	12-17
Свыше 100 г	30	35-40					

Таким образом, именно водная среда обитания не только обеспечивает рыб легкоусвояемой высокобелковой пищей, но и создает возможность постоянного удаления конечных продуктов метаболизма белка внепочечным путем. Следовательно, рыбы обычно не встречаются с проблемой избытка азотистых метаболитов в организме и перегрузки печени и почек работой по обезвреживанию аммиака и его удалению, за исключением особых условий хозяйств интенсивного типа выращивания.

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, 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 перевариваемого 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 по формуле 6

$$B=B_1+B_2+B_3, \quad (6)$$

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 молоди 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)

$$\text{КИП} = \frac{\Pi_{\text{ко}} - \Pi_{\text{но}}}{\Pi_{\text{к}}} \cdot 100, \quad (7)$$

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

Коэффициент конверсии протеина (ККП) кормов в пищевую белок (белок съедобных частей тела) определяют по формуле 8

$$\text{ККП} = \text{ВБ} / \text{РП} \cdot 100. \quad (8)$$

где: ВБ – 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. 16).

Таблица 16

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.

В живых кормах для молоди рыб (кормовые организмы пресноводного зоопланктона) протеин находится в растворе воды в значительном количестве. Способность протеина создавать водные растворы связана с его структурой. Чем проще и короче полипептидная цепочка, состоящая из аминокислот, тем она лучше растворяется и легче гидролизуеться ферментами – протеазами. Эта фундаментальная особенность строения протеина организмов зоопланктона определяет специфичную потребность ранней молоди рыб в полипептидах в период, когда у них пищеварительная система не сформирована (карповые, сиговые, осетровые, окуневые и другие личинки без желудка). Измерение массы белковых фракций проводят через оптическую плотность водных растворов (в дальтонах) методом гельхроматографии.

В мелком и крупном пресноводном зоопланктоне и науплиусах артемии салины содержится много водорастворимого белка (до 73%). Напротив, хирономиды и гаммарусы содержат его меньше (45–46%), как и олигохеты (44%). Большой интерес представляют фракции низкомолекулярных и среднемолекулярных полипептидов, которые легко гидролизуются протеазами в начале формирования желудочно-кишечного тракта личинок рыб, у которых активность полостных энзимов еще низка (табл.17).

Таблица 17

Фракционный состав белка кормовых организмов молоди рыб

Кормовые организмы	Содержание в растворимой фракции, %							Растворимый белок по отношению ко всему белку, %
	СА *	П-1 *	П-2 *	П-3 *	НМБ *	СМБ *	ВМБ *	
Мелкий пресноводный зоопланктон	0,3± 0,03	8,5± 1,5	77,2± 8,6	8,0± 2,2	3,0± 0,4	2,0± 0,3	1,0± 0,3	73,0± 8,9
Крупный пресноводный зоопланктон	0,2± 0,01	1,0± 0,3	64,2± 5,6	23,0± 6,8	3,0± 0,4	4,5± 0,6	4,1± 0,8	65,9± 7,3
Науплиусы артемии салина	0,1± 0,01	0,2± 0,01	62,1± 6,3	19,8± 3,4	5,2± 0,6	6,8± 2,1	5,8± 1,2	71,2± 6,8

Хирономиды	0,3± 0,04	0,3± 0,05	8,8± 2,4	72,3± 8,6	6,3± 1,1	5,2± 1,3	6,8± 1,5	46,2± 5,8
Олигохеты	0,3± 0,03	0,4± 0,06	6,1± 2,1	46,2± 5,6	7,0± 2,1	4,0± 0,9	36,1± 5,0	44,3± 7,6
Гаммарусы	0,2± 0,02	0,2± 0,02	25,5± 5,5	45,1± 6,1	20,1± 3,4	3,9± 1,1	5,0± 1,1	45,0± 6,1

* СА – свободные аминокислоты с М.м.=120; П-1 – пептиды с М.м.>200; П-2 – полипептиды с М.м.=1000–1300; П-3 – полипептиды с М.м. >1300; НМБ – низкомолекулярный белок с М.м. >10 тыс.; СМБ – среднемолекулярный белок с М.м.=100–200 тыс.; ВМБ – высокомолекулярный растворимый белок с М.м.= 200–300 тыс. дальтон

В мелком пресноводном зоопланктоне наиболее высокий удельный вес имеет фракция пептидов с молекулярной массой (М.м.) 1000–1300 дальтон (77,2%). В составе крупного пресноводного зоопланктона, состоящего из копепод и взрослых кладоцер, эта фракция несколько уменьшается (64,2%) с увеличением фракции полипептидов с М.м. более 1300 дальтон (23%) и доли среднемолекулярного и высокомолекулярного водорастворимого белка. Фракционный состав белка артемии салина занимает среднее положение между фракционным составом мелкого и крупного зоопланктона.

Хирономиды и гаммарусы, которыми питается молодь лососей с более сформированной пищеварительной системой, характеризующейся наличием желудка с пилорическими придатками, активными протеазами, например кета, горбуша, радужная форель, другие представители р. *Oncorhynchus* и р. *Salmo*, отличаются увеличенной белковой фракцией П-3 – полипептиды с М.м. более 1300 (хирономиды – 72,3%; гаммарусы – 45,1%). Увеличено количество низкомолекулярного белка с М.м. более 10 тыс. (6–7% – у хирономид, 20,1 – у гаммарусов) и высокомолекулярного белка с М.м. 200–300 тыс. (гаммарусы – 5%, хирономиды – 6,8%). Следует отметить, что белок с М.м. более 300 тыс. дальтон переходит в водонерастворимую фракцию.

Фракционный состав высокобелковых кормовых компонентов

отличается повышенным содержанием белка сложной структуры и высокой молекулярной массы (кроме дрожжей), что не позволяет их использовать в качестве основного источника протеина (табл.18).

Таблица 18

**Фракционный состав протеина кормовых компонентов
стартового комбикорма ОСТ-4 и прудового мелкого зоопланктона, %**

Кормовые компоненты	Растворимый белок	Фракции				
		СА *	П-1 *	П-2 *	П-3 *	НМБ *
Мука:						
кровая	57,9±2,1	2,5±0,4	2,8±0,3	3,6±0,4	3,4±0,7	45,6±2,3
рыбная	15,7±1,4	1,1±0,2	-	5,2±0,5	-	9,4±1,1
крилевая	12,8±1,1	0,4±0,1	-	-	0,8±0,2	11,6±1,3
БВК – паприн	46,2±1,8	0,2±0,1	-	15,1±1,8	5,6±0,4	25,3±1,7
Эприн	36,5±1,5	1,8±0,2	-	14,6±1,4	-	20,1±1,5
Мелкий зоопланктон	70,0±0,4	-	10,0±0,5	35,0±1,3	10,0±1,3	15,0±1,6

* СА – свободные аминокислоты (М.м.=120); П-1 – полипептиды (М.м. 200–900); П-2 – полипептиды (М.м.=1000–1300); П-3- полипептиды (М.м. >1300); НМБ – низкомолекулярный белок с М.м. (10–300 тыс. дальтон).

В настоящее время для кормления сельскохозяйственных животных и молоди рыб широко используют белковые гидролизаты, которые получают кислотным, щелочным, ферментативным гидролизом, автолизом белкового сырья. Наиболее перспективным способом следует считать ферментативный гидролиз, который технологически прост, так как протекает в мягких условиях в нейтральных водных средах и при температуре не выше 40°C. При этом аминокислоты не разрушаются, а сохраняются в соотношении, свойственном исходному белку.

Для получения ферментолитов с различной глубиной гидролиза (ГГ) и содержанием низкомолекулярных белковых соединений используют рыбную муку или фарш из рыб. Предварительное испытание различных ферментов, выпускаемых отечественной промышленностью,

показало, что для гидролиза рыбного сырья в стандартных условиях самым эффективным является протосубтилин ГЗх.

ВНИИПРХ удавалось получать ферментолитаты с различной глубиной гидролиза. При подборе условий среды в процессе ферментолита удается провести ступенчатый гидролиз с глубиной до 60%. С глубиной гидролиза в растворимом белке снижается содержание длинноцепочеч-

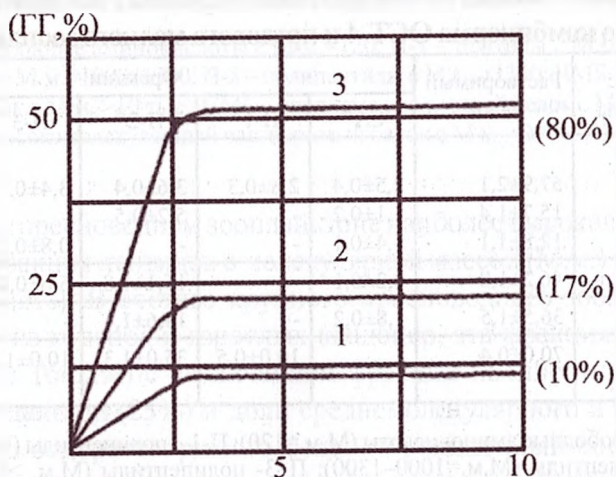


Рис. 38. Глубина гидролиза рыбной муки протосубтилином ГЗх в зависимости от условий среды в реакторе:

- отношение субстрата к ферменту 20:1;
- отношение субстрата к ферменту 4:1;
- отношение субстрата к ферменту 5:1.

ных полипептидов, низкомолекулярного белка и возрастает количество свободных аминокислот. Так, количество свободных аминокислот особенно увеличивается при глубине гидролиза 30–60% — от 3,3% (ГГ 25%) до 40,0% (ГГ 60%). Одновременно снижается количество низкомолекулярного белка — от 12,6% (ГГ 10%) до 1% (ГГ 60%), в то же время растет количество полипептидов со средней М.м.: за 3 часа гидролиза от 1,2 до 20,3%. Однако при ГГ 30% их количество снижается, поскольку повышается содержание свободных аминокислот. Таким образом, в процессе ферментолита рыбной муки можно выделить 3 основных вида ферментолита.

Эти ферментоллизаты рыбной муки (ФРМ) различаются фракционным составом белковых полимеров. Ферментоллизат средней ГГ (15–25%) отличается высоким содержанием полипептидов с М.м. 1000–1300 дальтон (12–20,3%). Ферментоллизат с начальной ГГ (до 10%) содержит преимущественно НМБ и немного полипептидов (6,7%).

Ферментоллизат с высокой ГГ (30–60%) содержит много свободных аминокислот (20,8–40,2%), меньше олигопептидов (до 8%) и совсем немного НМБ (до 1%). Как показали опыты, проведенные на личинках сиговых рыб, белорыбицы и осетровых (по материалам С.В. Пономарева), наиболее эффективным был ФГМ со средней (15–25%) ГГ.

Использование такого ФРМ позволило в кормах получить необходимый набор белковых фракций, доступных для усвоения личинками рыб без желудка в раннем постэмбриогенезе и стимулирующих поэтапное развитие пищеварительной системы и усвоение белковых, все усложняющихся и увеличивающихся по М.м. продуктов. При ГГ 15–25% количество наиболее важных полипептидов в ФРМ с М.м. 1000–1300 дальтон равно 12,4–22,6%. Допустимым уровнем свободных аминокислот следует принять 1,6–3,3%. Достаточным содержанием в корме олигопептидов с М.м. 200–900 дальтон следует считать 0,8–2,0%. Содержание низкомолекулярного белка в комбикорме ЛС не должно быть выше 10%, увеличение его количества до 12% снижало результаты выращивания. Вместе с тем очевидно, что наличие в составе протеина корма фракции НМБ необходимо, поскольку протеазам нужен субстрат для поэтапной их активации и развития желудка. Высокая эффективность комбикорма, включающего ферментоллизат рыбной муки с ГГ 15–25%, для ранней молодежи рыб, особенно для видов, еще не имеющих развитого желудка, объясняется следующим.

В ходе поэтапного развития у личинок и мальков наблюдается синергетический эффект действия всех фракций белка, если они присутствуют в корме в оптимальном соотношении.

На ранних этапах личиночного и малькового периодов развития рыб, когда желудок сформирован не полностью, небольшое количество присутствующих свободных аминокислот и олигопептидов (1,6 и 3,3%

соответственно) способствует росту рыб в основном белковом субстрате – полипептидах с М.м. 1000–1300, благодаря которым быстро активируются эндопротеазы. Очень важно и наличие в комбикорме небольшого количества высокомолекулярных полипептидов (М.м. 1300–10000 дальтон) – 1,2% и НМБ – 7,6–9,9%. Молодь со сформированным желудком эффективно усваивает комбикорм с низким уровнем полипептидов, особенно мальки лососей р. *Salmo* и р. *Oncorhynchus*. Для этих рыб, очевидно, разработка стартовых комбикормов с использованием гидролизатов белка мало оправдана. Их молодь эволюционно приспособлена к усвоению сложных белковых соединений кормовых организмов (гаммарусы, хирономиды, насекомые и их имаго). Весьма важно отметить, что ферментолитат со средней глубиной гидролиза отчасти близок по составу фракций белковых соединений к кормовым организмам зоопланктона, где также много полипептидов с М.м. 1000–1300 дальтон. Этот способ составления рецептов стартовых комбикормов для молоди лососевых и осетровых рыб с применением гидролиза белка защищен патентами.

5.2. Жиры и жирные кислоты

Уровень жира в комбикормах для рыб колеблется от 6–8%, в зависимости от потребности организма рыб в различные периоды развития (личиночный, мальковый, взрослый). Иногда уровень жира в кормах доводят до 30%. Кормовой жир, получаемый при переработке рыбной продукции на промышленных предприятиях, должен также иметь оптимальный состав липидов, в особенности фракции триацилглицеринов, которая служит источником полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК, полиеновые, высоконепредельные) и незаменимых жирных кислот. Полиненасыщенные жирные кислоты имеют от двух до шести и более двойных связей.

Насыщенные жирные кислоты синтезируются всеми живыми организмами, в то время как синтез ненасыщенных различен у разных организмов и зависит от присутствия ферментов – элонгаз и десатураз. Большинство животных, включая рыб, не способны синтезировать основные родительские ПНЖК – линолевую – 18:2 ω 6 и линолено-

вую – 18:3 ω 3. Первая цифра (18) обозначает число атомов углерода, вторая (2 и 3) – количество двойных связей. Символом ω 6 (или n 6) и ω 3 (или n 3) обозначается положение первой двойной связи в структуре молекулы жирной кислоты, считая от конца, где расположена метильная группа. Эти кислоты являются абсолютно незаменимыми для животных и должны поступать с пищей.

Жиры водных беспозвоночных, рыб, водорослей содержат большое количество высоконепредельных длинноцепочных жирных кислот. Число атомов углерода в типичных жирных кислотах морских и пресноводных организмов колеблется в основном от C_{14} до C_{22} , в то время как у наземных – преимущественно от C_{14} до C_{18} для растений и от C_{14} до C_{20} – для позвоночных животных.

В качестве полноценных источников являются липиды, выделенные из гидробионтов, обитающих в северных широтах Мирового океана (жир сельди иваси, мойвы, кальмара, криля и др.), поскольку ПНЖК линоленового ряда имеет весьма важное значение в обменных процессах организма при низкой температуре воды.

Из полиненасыщенных жирных кислот у наземных организмов наиболее распространена линолевая кислота, основную массу которой на земле создают растения. В организме животных, получивших ее с растительной пищей, она может служить предшественником арахидоновой кислоты (20:4 ω 6). Значительно реже и преимущественно в очень малых количествах у наземных обитателей встречается представитель другого семейства жирных кислот – линоленовая кислота (18:3 ω 3).

У водных беспозвоночных, рыб, водорослей, напротив, основным является именно семейство линоленовой кислоты (ω 3), т. е. собственно линоленовая, а также ее производные – эйкозапентаеновая (20:5 ω 3) и докозагексаеновая (22:6 ω 3) кислоты. Эффективный синтез линоленовой кислоты осуществляют лишь некоторые группы микроводорослей. Именно они обеспечивают повсеместное распространение ω 3 кислот среди водных животных зоопланктона, зообентоса, откуда по трофическим цепям попадают в организм рыб.

Основными формами ПНЖК ω 6 и ω 3 являются следующие:

Линолевая 18:2 ω 6

Арахидоновая 20:4 ω 6

Линоленовая 18:3 ω 3

Эйкозопентаеновая 20:5 ω 3

Докозагексаеновая 22:6 ω 3

Состав жирных кислот в прудовом зоопланктоне и теле молоди белорыбицы представлен в таблице 19, в кормовом жире сельди иваси – в таблице 20.

Таблица 19

Состав жирных кислот зоопланктона и тела молоди белорыбицы, % от суммы жирных кислот

Жирные кислоты	Зоопланктон	Мальки белорыбицы
Насыщенные	25,2	26,5
Изокислоты	0,4	0,5
Моноеновые	38,4	34,2
Полиеновые	30,5	32,6
Диеновые	12,5	10,9
Триеновые	3,1	2,6
Тетраеновые	2,4	1,8
Пентаеновые	6,5	5,3
Гексаеновые	6,0	12,0
$\Sigma\omega$ 9	39,1	35,1
$\Sigma\omega$ 6	15,5	12,5
$\Sigma\omega$ 3	12,6	15,5
ω 6/ ω 3	0,1	0,8
ω 3/ ω 6	0,8	1,2

Таблица 20

Состав жирных кислот кормового рыбьего жира, % от суммы жирных кислот

Жирные кислоты	Кормовой рыбий жир сельди иваси
14:0+16:0	17,2 $\pm$ 5,6
18:0	18,2 $\pm$ 3,6

Окончание таблицы 20

18:1 ω9	10,8±2,5
18:2 ω6	4,7±0,8
18:3 ω6 (γ)	3,3±0,5
18:3 ω3 (α)	14,8±4,3
20:0	следы
20:4 ω6	7,5±1,2
20:4 ω3	следы
20:5 ω3	7,0±2,1
22:0	следы
22:4 ω6	следы
22:6 ω3	12,5±6,5
Ненасыщенные	60,6
Σω9	10,8
Σω6	15,5
Σω3	34,3
ω6/ω3	0,45
ω3/ω6	2,21

Кормовой жир различного происхождения (животного, растительного, микробиологического) отличается составом жирных кислот и оценивается суммарным уровнем незаменимых ПНЖК в комбикорме. Важное значение имеет не только общий уровень незаменимых ПНЖК, но и их соотношение. Недостаток и дисбаланс незаменимых жирных кислот в пище молоди лососевых вызывает серьезные физиологические нарушения, выражающиеся, например, в некрозе плавников.

Наиболее эффективная докозагексаеновая кислота (22:6 ω3) является продуктом предельного удлинения и десатурации линоленовой кислоты, которая способна при ее достаточном содержании в кормах устранить симптомы дефицита, что позволяет рассматривать ее в качестве единственной жирной кислоты, незаменимой для лососей. Потребности радужной форели удовлетворяются при содержании в корме 0,5% линоленовой кислоты или 0,25% докозагексаеновой, или в смеси с эйкозопентаеновой (20:5 ω3) в соотношении 1:1.

Установлено, что в комбикорме для лососевых рыб и форели количество ЖК типа ω_9 должно составлять 0,1–0,8%, типа ω_6 – 0,5–1,5%, типа ω_3 – 2–3% (от сухого вещества).

В естественной пище осетровых рыб уровень ПНЖК ω_3 достигает 20–26%, ω_6 – 7–10% при соотношении ω_6/ω_3 равном 0,32–0,37. Общий уровень ПНЖК ω_3 в полноценном продукционном комбикорме ОТ-7 (для товарных осетровых) составляет 2,25% (при замене 50% рыбьего жира на подсолнечное масло). Источником линоленовой жирной кислоты (ω_3) является льняное масло (очищенное), которое позволяет заменить 50% рыбьего жира в кормах для осетровых рыб и форели.

Некоторые зарубежные корма для осетровых и форели содержат более 18% жира. К таким рецептам и партиям следует относиться с осторожностью, поскольку чрезмерно высокое содержание жира в корме приводит к жировому перерождению печени и избытку антиокислителя, который проявляет токсическое действие.

Водоросли и другие гидробионты способны осуществлять биосинтез ненасыщенных жирных кислот (рис.39).

Наземные обитатели (растения) в основном продуцируют высокое количество (30–60%) жирных кислот линолевого ряда, которые имеют низкую точку плавления. Поэтому кормовые жиры растительного происхождения (подсолнечное и другие) за редким исключением (льняное) содержат в основном линолеовую – ω_6 , олеиновую – ω_9 и ряд насыщенных жирных кислот. Для теплокровных животных эссенциальными ЖК являются кислоты олеинового (ω_9) ряда.

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°C продолжает получать низкожировую диету, то у рыб возрастает расход белка на энергетические нужды, о чем свидетельствует увеличение экскреции азота в воду. Жир оказывает белоксбере-

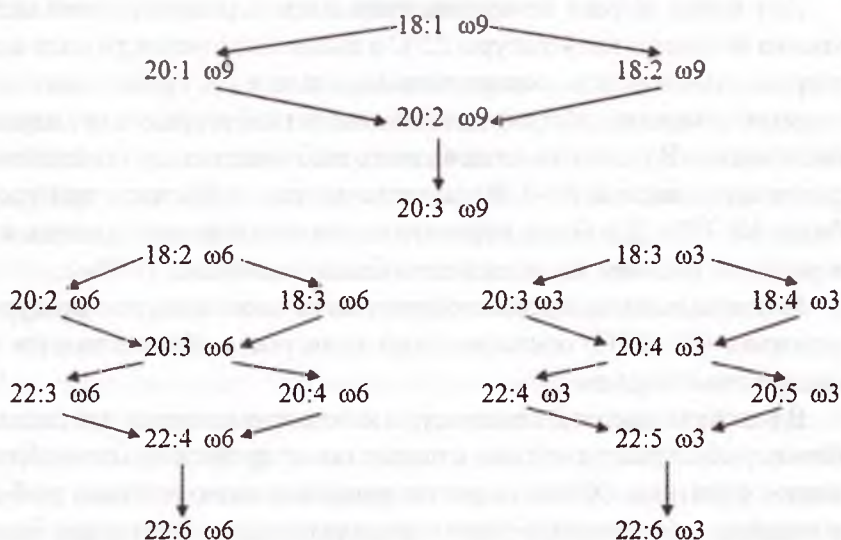


Рис. 39. Схема синтеза жирных кислот

гающую 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°C 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°C) 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 ювенальных форм, сокращение количества гликогена и увеличение уровня холестерина, а также побеление и цирроидное перерождение печени, дегенеративные изменения в почечных канальцах. Окисленные жиры кормов разрушают витамины и могут оказать 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.

5.3. Углеводы в составе пищи и кормов

Углеводы служат источником дешевой энергии. Расщепление углеводов в организме у лососевых рыб осуществляется с различной скоростью и в различной степени, а усвоение их колеблется в зависимости от их молекулярной массы. Низкомолекулярные сахара усваиваются лучше высокомолекулярных. Глюкоза усваивается на 100%, мальтоза – на 90%, сахароза – на 70%, лактоза – на 60%, сырой крахмал – на 40%, клетчатка совсем не усваивается. Принято считать, что углеводы, содержащиеся в кормах, усваиваются в среднем на 40% и 1 г их дает 1,6 ккал доступной энергии.

За счет низкого продуцирования инсулина углеводный обмен у лососевых рыб носит характер диабетического, и если рыбы долгое время получают пищу, богатую углеводами, у них развивается симптом перегрузки печени гликогеном. При этом возрастает гепатосоматический индекс (отношение массы печени к массе тела) до 4–5%, побеление печени и почек, водянка брюшной полости, повышенная смертность. Предполагается, что уровень перевариваемых углеводов в корме не должен превышать 9–12%. Учитывая среднюю перевариваемость углеводов на уровне 40%, относительное содержание их в рационе лососевых рыб не должно превышать 25–30%, причем в корме для молоди их должно быть меньше, чем для взрослой рыбы.

Природная пища рыб небогата углеводами, и большинство из них 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 фермен-

тов, 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 (глюкозы, 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 перевариваемости 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. Перевариваемость крахмала может сильно варьировать; например, у белого осетра перевариваемость 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°C) 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 растительноядных 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°C 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°C 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 превращения 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 менее 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 – также 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 обогаще-

нии 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 характере обмена углеводов и жиров у рыб. При температуре выше 10–15°C 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°C. Даже длительное потребление большого количества углеводов с кормом не вызывает адаптации в них 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 сома допускается большое количество углево-

дов. Принято считать, что углеводы корма усваиваются лососевыми рыбами в среднем на 40%. Перевариваемость гидролизующих углеводов карпом колеблется от 17 до 84%, причем лучше всего перевариваются углеводы злаковых. Комплекс сырой клетчатки лососевыми рыбами практически не переваривается, тогда как перевариваемость клетчатки жмыхов и шротов карпом составляет 26–52%.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие периоды развития рыб выделяют специалисты в области физиологии питания?
2. Какими аминокислотами определяется пищевая ценность белка?
3. Одинакова ли потребность в протеине у рыб и теплокровных животных?
4. Имеются ли видовые и возрастные отличия в потребности рыб в элементах питания?
5. Как можно рассчитать коэффициент использования протеина (КИП)?
6. Как рассчитать коэффициент конверсии корма?
7. Какое значение имеет для рыб молекулярная масса белков корма?
8. Какой оптимальный уровень жира в комбинированных кормах для различных видов рыб?
9. Какую роль играет жир в организме рыб?
10. Какую роль выполняют углеводы в питании рыб?

Глава 6.

Методы разработки рецептов полноценных кормов для рыб

Различные виды гидробионтов, разводимых в искусственных условиях, неодинаковы по типу и характеру питания. Среди них встречаются хищные и мирные; растительноядные, планктоноядные, бентосоядные и др. Однако на ранних этапах своего развития все объекты проходят стадию питания планктонными живыми организмами. Впоследствии пищеварительная система рыб перестраивается на потребление так называемой излюбленной пищи. Эти знания послужили основой использования в аквакультуре кормления искусственными комбикормами.

Комбикорм – это смесь двух и более компонентов, подобранных по определенному рецепту и обработанных по соответствующей технологии. Основное требование: комбикорм должен быть сбалансирован – содержать в своем составе все питательные вещества в количестве, обеспечивающем нормальное функционирование организма.

Для создания рецептов эффективных и качественных комбикормов наряду со знаниями о биологических основах кормления необходимы сведения о химическом составе компонентов, их специфических свойствах.

Комбикорма для объектов аквакультуры классифицируются на 4 группы: стартовые, продукционные, репродукционные, корма специального назначения.

Стартовые комбикорма используются при выращивании ранней молоди с момента перехода на смешанное питание. К этим кормам предъявляются наиболее серьезные требования. Они должны не только содержать все основные питательные вещества в необходимом количестве, но и в форме, доступной для легкого усваивания недостаточно сформированной пищеварительной системой ранней молоди. Стартовые корма можно условно разделить на три группы. Первая – корма, предназначенные для рыб с длительным эмбриональным и постэмбриональным развитием (например, лососевые), личинки которых при переходе на внешнее питание имеют относительно развитую пищеварительную

систему. Вторая – для рыб с коротким эмбриогенезом и ранним переходом на внешнее питание (представитель – карп). И третья группа – это корма для рыб, которые к переходу на внешнее питание обладают пищеварительной системой более развитой, чем у карповых, но менее, чем у лососевых (к ним относят сиговых, осетровых).

Продукционные корма предназначены для выращивания молоди и товарной продукции. Они, как правило, содержат меньшее количество протеина, должны обеспечивать быстрый рост рыб и высокое качество получаемой продукции.

Репродукционные корма используются для кормления ремонтно-маточных стад и производителей. Эти корма должны способствовать, в первую очередь, нормальному развитию и функционированию воспроизводительной системы, обеспечивать высокую жизнеспособность потомства.

Корма специального назначения это корма, применяемые в ограниченный период времени. Могут быть лечебно-профилактическими, антистрессовыми, пигментирующими и др.

6.1. Физиологические нормы кормления и энергетическая питательность

Разведение рыб и других гидробионтов на современных предприятиях базируется в основном на интенсивном кормлении. При выращивании рыб в садковых и бассейновых хозяйствах естественные корма не имеют принципиально важного значения. В связи с этим искусственные комбикорма для выращиваемых объектов должны быть сбалансированными по основным элементам питания и отвечать физиологической потребности рыб.

Влияние состава кормов на рост и развитие зависят: от метаболических и индивидуальных особенностей вида, типа обменных процессов, условий обитания (выращивания) и многих других факторов. Поэтому нормирование кормления приобретает особую важность. Кормление по нормам позволяет планировать производство кормов и производство рыбной продукции, способствует повышению ее качества, улучшению экономических показателей работы хозяйств.

Норма кормления – это количество питательных веществ и энергии пищи, удовлетворяющее потребности рыб, обусловленной их физиологическим состоянием. Кормление по нормам называют нормированным. При нормированном кормлении используют понятия уровня протеинового, аминокислотного, витаминного питания. Уровень протеинового питания показывает количество сырого протеина по отношению к сухому веществу корма (в %), уровень аминокислотного питания отражает отношение количества аминокислот к сырому протеину или сухому веществу корма, а также сбалансированность аминокислот. Уровень витаминного питания характеризует содержание основных витаминов в корме.

Уровень общего питания (%) – это фактическое количество кормовых и энергетических единиц, получаемых организмом в сутки. Этот показатель в рыбоводстве практически не применяется, однако целесообразно его использовать при правильном кормлении в индустриальных комплексах.

Уровень протеинового питания (%) показывает содержание сырого протеина в сухом веществе корма.

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 характеризует состав и количество кормов, питательность которых соответствует установленным нормам кормления. Когда рацион полностью соответствует потребностям рыб по содержанию питательных веществ и энергии, то он называется сбалансированным.

Полноценность кормления – широкое понятие, включающее в себя качество кормов, их диетические свойства, соотношение веществ и другие характеристики. В связи с этим большее 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 – это количество корма, задаваемое рыбе в течение суток. Он выражается в весовых единицах или в процентном отношении к массе рыб.

Для расчета суточных норм кормления рыб используются табличные методы. Как правило, в таблицах указаны эмпирически рассчитанные величины суточных норм кормления в зависимости от массы тела рыб и температуры воды. Кормовые таблицы составляются индивидуально для определенного вида рыб и комбикорма. С увеличением массы рыб суточные нормы снижаются, а при повышении температуры воды до оптимальных значений – повышаются. Эти изменения связаны с видовой принадлежностью рыбы.

Если калорийность комбикорма отличается от указанной в кормовой таблице, суточная норма может быть скорректирована. При низкой калорийности комбикорма суточную норму увеличивают, при высокой – снижают относительно величин, указанных в таблицах. Для расчета следует использовать формулу 9

$$X = \frac{a \cdot b}{c}, \quad (9)$$

где: X – искомая суточная норма кормления кормом с калорийностью, не соответствующей оптимальному уровню, % к массе тела рыбы;

a – оптимальная калорийность корма, ккал/кг;

b – суточная норма кормления, определенная кормовой таблицей, % к массе тела рыбы;

c – калорийность корма, предназначенного для использования (не соответствующего оптимальному уровню), ккал/кг.

Например, для выращивания ранней молоди русского осетра массой 450 мг использовался корм калорийностью 2900 ккал/кг вместо 3560 ккал/кг (комбикорм ОСТ-6). Суточный рацион рыбы при 19°C будет иметь величину, рассчитываемую по формуле 10

$$X = \frac{3560 \cdot 20,0}{2900} = 24,5\% \quad (10)$$

Таким образом, суточный рацион увеличился до 24,5% от массы тела рыбы вместо 20%, определенный по кормовой таблице.

Обмен веществ – это результат всех химических и энергетических превращений, происходящих в живом организме, требующих энергии, которую рыбы получают из корма. Поэтому при изучении эффективности использования того или иного вида корма при выращивании рыб важно учитывать различные энергетические показатели.

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. Корма, незначительно различающиеся по количеству жира и протеина, содержат приблизительно одинаковое количество энергии в сухом веществе.

Валовая энергия представляет собой общее количество энергии, которая содержится в корме. Некоторая часть валовой энергии теряется с фекалиями в виде неперевариваемых веществ. Эту величину можно определить двумя способами: экспериментальным (сжиганием корма в калориметрической бомбе, содержащей кислород под давлением 25–30 атм.) и расчетным. Второй метод основан на суммировании средних показателей теплоты сгорания трех, содержащих энергию веществ (протеин, жир, углеводы). При этом применяются следующие энергетические эквиваленты, ккал (кДж/г): для углеводов 4,2 (17,57), липидов – 9,5 (39,75), протеина – 5,7 (23,85).

Перевариваемая энергия – это сумма потенциальной энергии переваренных веществ. Перевариваемые вещества поглощаются стенками кишечника и поступают в кровь, которая разносит их по организму. Часть перевариваемого вещества теряется при выделении токсичных веществ через почки и жабры. Перевариваемая энергия рассчитывается после определения переваримости органических веществ посредством умножения на калориметрические коэффициенты, а также определя-

ется прямым способом путем сжигания кормов и соответствующего количества экскрементов в калориметрической бомбе.

Обменная энергия может быть использована организмом рыбы в различных целях. Некоторая часть ее рассеивается в виде тепла, поскольку оно выделяется при любых окислительных процессах. Оставшаяся часть энергии называется *полезной энергией* и используется для движения, поддержания жизнедеятельности и ряда других жизненно важных процессов.

Определяется расчетным способом путем умножения значения количества переваренного белка на энергетический эквивалент, предполагающий выделение жидких и газообразных продуктов его распада с образованием аммонийных соединений, который (из-за отсутствия точных методик определения) принимается за 4,4 ккал/г (18,41 кДж/г), а также умножением значения количества переваренного жира на 9,5 ккал/г (39,75 кДж/г); переваренных углеводов – на 4,2 ккал/г (17,57 кДж/г).

Также применяют калорийные коэффициенты, предложенные Филлипсом для лососевых рыб: энергия, содержащаяся в белках, жирах и углеводах, составляет 3,9; 8,0 и 1,6 ккал/г соответственно.

Калорийность различных компонентов комбикормов не одинакова. При их окислении в организме и вне его освобождается неодинаковое количество энергии. При составлении рецептов комбикормов важно учитывать калорийность каждого из компонентов. Белок пищи используется главным образом на рост организма, а поставщиками энергии служат в основном жиры и углеводы. При использовании высокобелковых, но малокалорийных кормов организм рыбы вынужден извлекать энергию за счет окисления белков. Для поддержания оптимального уровня калорийности корма необходимы добавка жиров и углеводов и, возможно, снижение количества белка.

Пример расчета: для сеголетков русского осетра используется комбикорм, содержащий в своем составе 39% рыбной муки, 20% ви-тазара, 3% пшеничной муки, 10% соевого шрота, 5% дрожжей, 15% кукурузного глютенa, 7% рыбьего жира.

На основании литературных данных определяем содержание белка, жира и углеводов в компонентах комбикорма (табл. 21).

Таблица 21

**Химический состав компонентов комбикорма, %
(по справочным данным)**

Компонент	Питательные вещества		
	протеин	жир	углеводы
Мука рыбная	68,5	7,4	2,8
Витазар	30,7	6,2	41,0
Пшеничная мука	14,5	3,5	70,7
Соевый шрот	40,5	1,0	67,5
Дрожжи кормовые	46,3	1,3	32,4
Глютен кукурузный	41,7	5,4	49,5
Рыбий жир	-	97,0	-

Содержание основных питательных веществ в рационе (в 100 г) рассчитывается по формуле 11

$$C \times k/100, \quad (11)$$

где: С – количество компонента в 100 г комбикорма; k – уровень энергосодержащих веществ в компоненте корма.

Определяем содержание белка:

в рыбной муке $39 \times 68,5/100 = 26,7$ г

в витазаре $20 \times 30,7/100 = 6,14$ г

в пшеничной муке $3 \times 14,5/100 = 0,43$ г

в соевом шроте $10 \times 40,5/100 = 4,05$ г

в дрожжах $5 \times 46,3/100 = 2,32$ г

в глютене $15 \times 41,7/100 = 6,25$ г

В рыбьем жире белка нет. Сумма белка в 100 г комбикорма составляет 45,89 г.

Определяем содержание жира:

в рыбной муке $39 \times 7,4/100 = 2,89$ г

в витазаре $20 \times 6,2/100 = 1,24$ г

в пшеничной муке $3 \times 3,5/100 = 0,11$ г

в соевом шроте $10 \times 1/100 = 0,1$ г

в дрожжах $5 \times 1,3/100 = 0,06$ г

в глютене $15 \times 5,4/100 = 0,81$ г

в рыбьем жире $7 \times 97/100 = 6,79$ г

Сумма жира в 100 г комбикорма составляет 12,0 г.

Определяем содержание углеводов:

в рыбной муке $39 \times 2,8/100 = 1,1$ г

в витазаре $20 \times 41/100 = 8,2$ г

в пшеничной муке $3 \times 70,7/100 = 2,12$ г

в соевом шроте $10 \times 67,5/100 = 6,75$ г

в дрожжах $5 \times 32,4/100 = 1,62$ г

в глютене $15 \times 49,5/100 = 7,43$ г

В рыбьем жире углеводов нет. Сумма углеводов в 100 г комбикорма составляет 27,22 г.

Калорийность всего рациона можно определить ориентировочными расчетами

(1 ккал = 4,187 кДж):

45,89 г белка $\times 3,9$ ккал = 179 ккал (749,4 кДж)

12,0 г жира $\times 8,0$ ккал = 96 ккал (402 кДж)

27,22 г углеводов $\times 1,6$ ккал = 43,5 ккал (182,3 кДж)

Суммируя, получаем калорийность комбикорма 318,5 ккал или 1333,7 кДж.

Чистая энергия – это энергия, затрачиваемая на поддержание жизненных процессов, двигательную активность, процессы роста. Определяется как разность между обменной энергией и энергией, затрачиваемой на переваривание и усвоение пищи.

Энерго-протеиновое отношение (ЭПО) – это количество килокалорий корма на 1 г белка. Рассчитывается с использованием калорийных коэффициентов, применяя формулу 12

$$\text{ЭПО} = K/k_B, \quad (12)$$

где: K – калорийность 100 г корма; k_B – количество г белка в 100 г корма.

Таким образом, ЭПО рассматриваемого комбикорма составляет $1333,7 \text{ кДж}/749 \text{ кДж} = 1,78$ ккал на 1 г белка, т.е. 1,78:1

Отношение протеин – энергия – это количество перевариваемого

белка (мг), приходящегося на единицу перевариваемой энергии (1 ккал или 1 кДж). Рассчитывают путем деления количества белка (мг/100 г) на калорийность 100 грамм корма.

Соотношение энергии азотсодержащих и безазотистых веществ выражают в энергии валовых и перевариваемых веществ. Содержит информацию о различиях в количестве энергии, которую организм получает, с одной стороны, за счет белков, а с другой стороны – за счет жиров и углеводов. Выражается в виде отношения суммарной доли энергии жиров и углеводов, приходящейся на 1 единицу энергии белка.

Доли энергии белка и липидов в общей валовой и переваримой энергии рассчитывают как процентное отношение энергии белка или липидов к общей энергии корма.

Кроме понятий общей и обменной энергии, выделяют *энергию роста*, которая еще называется энергией пластического обмена. Она определяется как разность между перевариваемой и обменной энергией. Кроме этого, выделяют энергию генеративного обмена. Это величина энергии, используемой организмом на формирование половой системы в целом и половых продуктов в частности.

6.2. Методы балансирования состава кормосмесей

Существует два основных подхода к составлению рецептов комбикормов для рыб: аналитический и эмпирический.

Аналитический метод основан на результатах научных исследований питания рыб. В его основе лежит принцип соответствия содержания и соотношения отдельных питательных веществ в сумме подбираемого сырья физиологическим потребностям вида рыб.

Эмпирический метод основан на традиционно применявшихся в хозяйствах рецептурах кормов и комбинации составляющих их компонентов в соответствии с их доступностью на рынке сырья и его стоимостью.

Научные сведения по питанию рыб постоянно пополняются и могут быть использованы для совершенствования уже разработанных рецептов кормов и создания новых.

Главными составляющими комбикорма для рыб являются:

- протеин и незаменимые аминокислоты;
- жир и эссенциальные жирные кислоты;
- углеводы;
- витамины;
- минеральные элементы;
- энергия.

При подборе сырья для будущего комбикорма наряду с количеством содержащихся в них питательных веществ важно также учитывать их специфические свойства: такие как цвет, запах, вкус, наличие антипитательных факторов. Свойства компонентов комбикормов описаны в 1-й главе.

Для составления расчетной матрицы состава комбикормов необходимы справочные сведения о составе и питательности отдельных кормовых компонентов (табл. 22).

Таблица 22

**Содержание питательных веществ (в сыром веществе)
кормовых компонентов**

Корма	Влага, %	Протеин, %	Жир, %	Клетчатка, %	Са, %	Р, %
1	2	3	4	5	6	7
<i>Продукты растительного происхождения</i>						
Кукуруза (Россия)	13,0	9,0	4,0	2,2	0,05	0,30
Кукуруза (импортная)	13,5	8,6	3,9	2,2	0,06	0,29
Овес с пленками	12,5	10,5	4,5	10,3	0,12	0,35
Овес без пленок	12,0	12,0	4,7	4,7	0,11	0,25
Пшеница	13,0	12,6	2,2	2,7	0,06	0,40
Пшеница шуплая	13,0	15,0	1,9	4,3	0,05	0,42
Побочный продукт пшеницы	13,0	11,6	1,3	2,3	0,15	0,23
Ячмень с пленками	13,0	11,1	2,2	5,5	0,06	0,34
Ячмень без пленок	12,0	12,2	2,9	2,2	0,07	0,35
Просо	13,0	11,0	3,6	9,0	0,07	0,30
Рожь	13,0	11,7	2,0	2,4	0,07	0,30
Сорго (Россия)	12,0	10,3	2,8	3,3	0,11	0,25

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7
Сорго (импортная)	12,0	8,5	2,8	3,0	0,08	0,26
Рис с пленками	12,0	8,3	2,1	8,4	0,07	0,23
Рис без пленок	11,0	8,0	1,3	1,9	0,09	0,20
Соя бобы	14,5	34,0	16,6	45,1	0,3	0,69
Полножирная экструдированная соя	7,0	43	18	5,2	0,29	0,6
Концентрат соевого белка	9,5	64,7	0,5	29	-	-
Гороховый протеин	10,0	76,0	8,0	1	0,1	1,1
Отруби пшеничные	13,5	15,2	4,2	9,0	0,14	1,00
Отруби ржаные	13,5	15,0	3,4	7,0	0,11	0,70
Отруби рисовые	12,0	14,0	6,0	8,4	0,19	0,20
Шрот подсолнечниковый менее 40% сырого протеина	8,0	38,8	1,7	16,0	0,32	0,91
более 40 % сырого протеина	8,0	42,9	1,5	15,0	0,30	1,00
Жмых подсолнечниковый	8,0	40,2	7,5	13,3	0,33	0,91
Шрот соевый 40-45 % сырого протеина	9,0	42,0	1,2	7,0	0,38	0,65
более 46% сырого протеина	9,0	49,7	1,9	7,0	0,39	0,78
Жмых соевый	9,0	35,6	5,8	7,3	0,42	0,63
Шрот хлопковый 36-40,% сырого протеина	8,0	37,5	1,9	16,0	0,28	1,09
Более 41% сырого протеина	8,0	41,4	2,0	14,0	0,28	1,15
Жмых хлопковый	8,0	37,0	8,2	11,3	0,36	0,95
Шрот арахисовый, не менее 50% жира	9,0	50,0	1,2	8,8	0,18	0,53
Жмых арахисовый	8,5	47,5	5,7	4,6	0,24	0,67
Шрот льняной	8,5	33,3	1,8	9,8	0,33	0,76

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7
Жмых льняной	8,0	32,6	6,4	9,6	0,36	0,82
Жмых горчичный	6,0	38,4	5,0	42,6	0,6	1,3
Шрот рапсовый	8,5	36,0	2,1	12,0	0,48	0,80
Жмых клещевинный	11,5	42,0	5,9	46,7	0,24	0,51
Шрот клещевинный	12,8	40,0	1,8	50,6	0,7	0,46
Шрот хлопчатника	11,8	45,0	1,0	44,0	0,3	0,7
Витазар	6,5	30,7	6,2	40,5	-	-
ПЗХ	12,8	29,9	10,9	53,6	0,59	0,89
Глютен кукурузный	6,5	41,7	5,4	49,5	-	-
Кормовая кукурузная мука	11,8	9,3	3,8	85,1	0,04	0,3
Хлопья кукурузных зародышей	12,1	11,9	14,5	68,6	0,52	0,73
Водорослевая мука	6,5	25,0	3,3	46,8	0,5	0,1
Травяная мука, класс:						
II	10,5	17,3	2,4	22,0	1,22	0,26
III	10,5	15,9	2,5	24,0	0,01	0,21
IV	10,5	14,2	2,7	27,0	0,92	0,21
V	10,5	12,4	1,9	30,1	0,91	0,19
Клевер молодой	75,0	3,6	-	4,2	0,3	0,08
Люцерна молодая	78,0	5,0	-	3,6	0,46	0,07
<i>Продукты микробияльного синтеза</i>						
Дрожжи кормовые						
40-45% сырого протеина	9,0	42,3	1,4	1,5	1,03	1,40
46-50% сырого протеина	9,0	49,0	1,4	1,3	0,87	1,32
Более 51% сырого протеина	9,0	54,3	1,5	1,0	0,59	1,13
Кормовой концентрат лизина (ККЛ)	8,0	34,3	0,5	0,8	2,76	1,08
<i>Продукты животного происхождения</i>						
Мясокостная мука, менее 36 % сырого протеина	9,0	34,1	17,5	2,0	10,5	5,35

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7
36–40% сырого протеина	9,0	37,9	13,8	2,0	9,05	4,80
41–49% сырого протеина	9,0	44,0	16,6	2,0	8,14	4,23
более 50% сырого протеина	9,0	50,0	14,0	2,0	7,43	3,85
Мука кровавая, менее 36% сырого протеина	9,0	34,1	17,5	2,0	10,5	5,35
36–40% сырого протеина	9,0	37,9	13,8	2,0	9,05	4,80
41–49% сырого протеина	9,0	44,0	16,6	2,0	8,14	4,23
Более 50% сырого протеина	9,0	50,0	14,0	2,0	7,43	3,85
Мука кровавая	9,0	75,0	3,1	-	0,37	0,34
Мука рыбная						
48–50% сырого протеина	10,0	48,0	9,3	-	8,0	6,4
51–55% сырого протеина	10,0	52,5	8,6	-	6,3	4,7
56–60% сырого протеина	10,0	58,1	8,1	-	5,5	4,1
61–65% сырого протеина	10,0	63,0	7,4	-	4,5	2,7
Более 66% протеина	10,0	68,5	7,4	-	4,0	2,5
Молоко цельное	82,0	3,3	3,2	-	0,12	0,09
Молоко снятое	91,0	3,7	0,2	-	0,14	0,10
Молоко сухое обезжиренное	5,0	33,3	0,8	-	1,24	1,20
Сыворотка молочная сухая	5,0	13,0	0,8	-	0,9	0,7
Творог средней жирности	70,0	12,7	9,0	-	0,3	0,24
Перьевая мука	8,0	79,9	4,6	-	0,69	0,56
Костная мука необезжиренная	5,0	18,1	13,2	-	19,0	9,37

1	2	3	4	5	6	7
Костная мука обезжиренная	5,0	7,2	1,5	-	21,20	12,40
<i>Жировые добавки</i>						
Кормовые фосфатиды	3,0	28,1	31,6	0,7	0,42	0,07
Растительный жир	-	-	100,0	-	-	-
Жир кормовой животный	0,5	-	98,0	-	-	-
<i>Минеральные добавки</i>						
Трикальцийфосфат	3,0	-	-	-	32,0	14,0
Дикальцийфосфат	3,0	-	-	-	25,0	18,8
Монокальцийфосфат	3,0	-	-	-	16,4	23,0
Фосфор обесфторенный из апатитов	3,0	-	-	-	34,0	16,5
Ракушка	9,0	-	-	-	33,0	-
Мел неотмученый	-	-	-	-	33,0	-
Известняк	-	-	-	-	32,0	-
Соль	5,0	-	-	-	-	-

Ориентировочные нормы и ограничения ввода в комбикорма различных видов сырья представлены в таблице 23.

Таблица 23

Рекомендуемые нормы ввода кормового сырья в комбикорма для рыб

Компонент	Хищные рыбы			Всеядные и растительноядные рыбы		
	min-max	среднее значение	допустимый максимум	min-max	среднее значение	допустимый максимум
Мука рыбная	25-75	50	80	0-60	25	80
Мука крилевая	5-20	10	25	-	-	25
Мука мясокостная	5-30	10	25	3-78	15	35
Мука кровяная	2-30	9	15	1-50	12	20
Мука мясоперьевая	3-55	7	15	2-21	9	20

Мука креветочная	5-30	10	25	5-15	7	25
Кукуруза	2-15	8	20	10-33	26	35
Кукурузный глютен	4-20	10	15	4-17	10	20
Мука хлопчатника	-	-	15	7-80	25	35
Рапсовый шрот	10-30	15	20	5-63	25	35
Рисовые отруби	5-15	10	15	3-75	25	35
Сорго	-	-	20	10-57	18	35
Соевая мука	6-45	15	25	4-69	25	40
Соевый шрот	10-30	15	25	10-58	30	40
Семена подсолнечника	-	-	15	10-70	26	35
Пшеничная мука	4-33	15	20	4-25	15	35
Пшеничные отруби	2-25	10	15	10-50	25	35
Пшеничные отходы	2-38	16	25	2-42	20	40
Дрожжи кормовые	2-62	15	50	5-56	10	50
Водорослевая и травяная мука	1-5	3	5	3-60	22	30

Основная балансировка состава рецепта комбикорма ведется по белку, при этом основное значение придается количественному содержанию незаменимых аминокислот. Наиболее перспективным и точным считается метод расчета по скорам аминокислот.

Оценку питательности кормовых белков принято давать по тем незаменимым аминокислотам, которые содержатся в наименьших количествах и носят название лимитирующих. Для определения степени аминокислотной полноценности белка используют понятие «аминокислотный скор».

Аминокислотный скор – это отношение процентного содержания незаменимой аминокислоты в корме к процентному содержанию этой же аминокислоты в «идеальном белке».

Он представляет собой отношение процентного содержания незаменимой аминокислоты в корме к проценту этой же аминокислоты в «идеальном белке» (формула 13)

$$S_{ak} = \frac{\%ak - ты в кормовом белке}{\%ak - ты в идеальном белке} * 100\% \quad (13)$$

За идеальное принимается то соотношение и количество аминокислот, которое удовлетворяет потребности организма и обеспечивает его оптимальный рост при минимальном уровне потребляемого белка.

В практике кормления обычно используют термин «сырой протеин». Это понятие объединяет группу азотсодержащих веществ белковой и небелковой природы (амины, амиды, аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, аммонийные соединения и т. д.). Обычно его рассчитывают путем умножения содержания общего азота в корме на коэффициент 6,25.

За «идеальное» принимается количественное содержание аминокислот, удовлетворяющее потребности организма при минимальном уровне белка (табл. 24).

Оптимальное значение аминокислотного сора – 100%. Менее этого значения указывает на дефицит (лимитирование) аминокислоты, более – на избыток. При интенсивном выращивании комбикорм с нормальным качеством белка характеризуется показателем аминокислотного сора – 80–95%. При экстенсивном выращивании (дополнительном присутствии в рационе рыб естественной пищи) – 70–80%.

Таблица 24

**Содержание незаменимых аминокислот в
«идеальном белке» для карпа и форели**

Аминокислота	Карп (Щербина, Гамыгин, 2006)	Форель (Cho, Cowey, 1991)
Лизин	6,6	6,1
Гистидин	2,4	1,6
Аргинин	5,8	5,9
Треонин	3,9	3,5
Метионин	2,2	2,9
Валин	4,6	3,1
Фенилаланин	4,6	3,0

Окончание таблицы 24

Изолейцин	3,7	2,4
Лейцин	6,2	9,1
Триптофан	0,8	-
Тирозин	3,2	3,9

Процентное содержание незаменимых аминокислот в белке основных компонентов кормов представлено в таблице 25. При составлении рецепта корма необходимо учитывать, что растительные компоненты лимитируют лизин, метионин и триптофан, а иногда фенилаланин и изолейцин.

Таблица 25

Содержание основных аминокислот в кормовых компонентах, %

Компоненты	Сырой протеин	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Лейцин	Изолейцин	Фенилаланин	Тирозин	Тримонин	Валин	Глицин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кукуруза (Россия)	9,0	0,28	0,16	0,11	0,08	0,42	0,26	1,20	0,36	0,45	0,37	0,32	0,46	0,36
Кукуруза (импортная)	8,6	0,20	0,15	0,09	0,09	0,40	0,25	1,15	0,34	0,43	0,36	0,30	0,44	0,35
Овес с пленками	10,5	0,39	0,14	0,20	0,15	0,63	0,25	0,73	0,48	0,52	0,57	0,33	0,56	0,56
Овес без пленок	12,0	0,41	0,20	0,20	0,15	0,63	0,25	0,73	0,48	0,52	0,57	0,33	0,56	0,56
Пшеница нормальная	12,6	0,41	0,20	0,20	0,16	0,72	0,30	0,83	0,54	0,59	0,65	0,38	0,64	0,64
Пшеница щуплая	15,0	0,38	0,18	0,21	0,18	0,71	0,30	0,97	0,55	0,65	0,45	0,39	0,62	0,56
Побочный продукт пшеницы	11,6	0,33	0,26	0,10	0,17	0,55	0,23	0,75	0,42	0,50	0,35	0,30	0,48	0,43
Гороховый протеин	76,0	7,5	1,2	0,9	1,0	8,9	2,5	-	5,9	5,5	3,2	3,9	5,9	4,0
Ячмень с пленками	11,1	0,40	0,18	0,32	0,13	0,52	0,23	0,74	0,46	0,53	0,32	0,37	0,56	0,43
Ячмень без пленок	12,2	0,45	0,20	0,20	0,17	0,57	0,25	0,80	0,50	0,58	0,35	0,40	0,62	0,47

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	13	14	15
Просо	11,0	0,24	0,19	0,12	0,15	0,35	0,24	1,08	0,44	0,54	0,39	0,33	0,54	0,30
Рожь	11,7	0,47	0,18	0,17	0,11	0,47	0,24	0,72	0,51	0,56	0,36	0,38	0,59	0,40
Сорго (Россия)	10,3		0,16	0,15	0,11	0,37	0,23	1,30	0,43	0,51	0,32	0,33	0,53	0,32
Сорго (импортное)	8,50	0,25	0,13	0,12	0,10									
Рис с пленками	8,30	0,20	0,16	0,11	0,09	0,47	0,09	0,57	0,35	0,37	-	0,28	0,48	-
Рис без пленок	8,00	0,21	0,15	0,10	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тапиока	2,80	0,13	0,03	0,02	0,05	0,12	0,03	0,12	0,07	0,07	-	0,07	0,09	0,08
Бобы кормовые	25,0	1,40	0,24	0,28	0,28	2,00	0,74	0,93	1,40	1,00	0,80	0,90	1,30	1,08
Горох	21,2	1,41	0,20	0,27	0,17	1,39	0,70	1,01	1,00	0,93	0,51	0,82	1,00	0,80
Чечевица	25,2	1,7	0,28	0,22	0,14	1,93	0,85	1,60	1,30	0,93	0,80	0,93	1,16	0,86
Чина	25,9	1,67	0,24	0,20	0,22	1,05	0,57	2,85	2,85	0,90	-	1,06	1,13	0,73
Вика	24,1	1,31	0,27	0,22	0,15	1,56	0,65	2,29	2,29	0,86	0,55	0,85	0,76	0,95
Люпин кормовой	32,0	1,45	0,37	0,37	0,21	3,03	0,96	3,32	3,32	1,37	-	1,25	1,13	0,94
Соя	34,0	2,10	0,40	0,50	0,36	2,62	0,90	2,70	1,70	1,74	1,02	1,40	1,60	1,50
Нут	22,6	1,42	0,40	0,19	0,17	2,16	0,52	2,73	2,73	0,90	-	1,06	-	0,68
Мучка:														
Пшеничная	14,2	0,48	0,21	0,19	0,18	0,82	0,38	0,99	0,61	0,65	-	0,49	0,82	-
Ячменная	14,0	0,44	0,15	0,18	0,15	0,80	0,42	1,56	1,56	0,55	-	0,36	0,65	0,40
Овсяная	11,6	0,36	0,15	0,15	0,14	0,67	0,35	1,30	1,30	0,46	-	0,30	0,53	0,32
Просяная	12,1	0,38	0,15	0,20	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Гороховая	22,2	0,35	0,37	0,38	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кукурузная	9,30	0,26	0,14	0,10	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рисовая	9,50	0,35	0,25	0,17	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ржаная	13,1	0,44	0,21	0,25	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Гречневая	11,4	0,64	0,23	0,20	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Отруби:														
Пшеничные	15,2	0,55	0,16	0,21	0,20	0,88	0,38	0,93	0,64	0,51	0,39	0,33	0,76	0,74
Ржаные	15,0	0,70	0,18	0,26	0,10	0,61	0,27	1,56	1,56	0,44	-	0,59	0,59	0,66
Рисовые	14,0	0,70	0,23	0,20	0,12	0,80	0,15	0,96	0,59	0,63	-	0,48	0,80	-
Шрот подсолнечный 40–50% сырого протеина	42,0	2,71	0,60	0,63	0,59	3,07	1,08	3,24	2,05	2,13	1,46	1,68	2,17	1,72

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	13	14	15
Более 46% сырого протеина	49,7	2,84	0,66	0,76	0,60	3,63	1,28	3,83	2,42	2,52	1,73	2,00	2,56	2,04
Жмых соевый	35,6	2,26	0,45	0,49	0,55	2,60	0,83	2,72	1,75	1,90	1,24	1,51	1,83	1,48
Шрот хлопковый,% сырого протеина														
36-40	37,5	1,69	0,48	0,73	0,51	3,80	0,90	2,26	1,27	1,90	0,96	1,22	1,76	1,48
Более 41	41,4	1,76	0,55	0,75	0,55	4,20	1,00	2,40	1,40	2,10	1,06	1,35	1,94	1,63
Жмых хлопковый	37,0	1,59	0,44	0,57	0,50	3,77	1,00	2,18	1,30	1,90	0,96	1,20	1,78	1,46
Шрот арахисовый	50,0	1,70	0,50	0,64	0,50	5,70	1,14	3,09	1,74	2,49	1,84	1,29	2,10	2,77
Жмых арахисовый	47,5	1,58	0,45	0,59	0,51	5,19	1,08	2,94	1,65	2,18	1,75	1,23	2,00	2,64
Шрот льняной	33,3	1,21	0,53	0,60	0,52	3,11	0,73	2,05	1,65	1,3	0,86	1,23	1,75	1,46
Жмых льняной	32,6	1,24	0,56	0,47	0,47	3,00	0,71	2,00	1,61	1,28	0,72	1,02	1,71	1,43
Шрот рапсовый	36,0	1,78	0,55	0,68	0,51	2,02	0,91	2,40	1,44	1,36	0,92	1,58	1,90	1,79
Дрожжи кормовые														
40-45% протеина	42,3	2,85	0,42	0,38	0,55	2,04	0,75	2,82	2,07	1,70	1,30	2,06	2,30	1,81
46-50% протеина	49,0	3,14	0,50	0,47	0,56	2,36	0,86	3,27	2,40	1,97	1,50	2,40	2,60	2,10
Более 51% протеина	54,3	3,36	0,55	0,50	0,63	2,60	0,95	3,62	2,66	2,18	1,70	2,64	2,95	2,33
Кормовой концентрат лизина (КЛЗ)	34,3	6,20	0,49	0,30	0,85	0,42	0,41	1,23	1,23	0,52	-	0,69	1,05	-
Травяная мука, кл. %:														
II	17,3	0,76	0,22	0,21	0,27	0,78	0,32	1,15	0,72	0,74	0,60	0,87	0,83	0,80
III	15,9	0,68	0,17	0,15	0,24	0,72	0,29	1,06	0,66	0,68	0,55	0,80	0,76	0,74
IV	14,2	0,58	0,16	0,12	0,24	0,64	0,26	0,94	0,59	0,60	0,49	0,71	0,68	0,65
V	12,4	0,48	0,15	0,10	0,21	0,56	0,22	0,82	0,52	0,53	0,43	0,62	0,59	0,57
Мясокостная мука,% сырого протеина														
Менее 36	34,1	1,74	0,50	0,27	0,33	2,25	0,54	1,98	1,13	1,22	0,74	1,13	1,64	2,49

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	13	14	15
36-40	37,9	2,00	0,52	0,29	0,34	2,50	0,60	2,20	1,25	1,36	0,82	1,25	1,82	2,77
41-49	44,0	2,33	0,53	0,34	0,41	2,77	0,66	2,44	1,38	1,50	0,90	1,38	2,02	3,07
Более 50	50,0	2,92	0,68	0,48	0,46	3,16	0,46	2,78	1,58	1,72	1,04	1,58	2,30	3,50
Мука кровавая	75,0	6,20	0,91	1,14	1,06	3,36	4,90	9,00	0,75	5,40	2,25	3,30	6,97	3,36
Мука мясная	54,0	3,62	0,90	0,46	0,44	3,40	0,86	2,80	1,43	1,54	1,10	1,59	2,16	8,00
Мука рыбная, % сырого протеина														
48-50	47,4	3,84	1,26	0,91	0,50	2,84	1,03	3,34	2,07	2,04	1,44	2,04	2,64	3,27
51-55	52,5	4,21	1,38	1,00	0,54	3,15	1,15	3,70	3,30	2,26	1,60	2,26	2,93	3,62
56-60	58,1	4,66	1,53	1,10	0,60	3,48	1,27	4,10	3,50	2,40	1,77	2,50	3,24	4,00
61-65	63,0	5,05	1,80	1,30	0,71	4,11	1,50	4,81	3,00	2,95	2,08	2,95	3,80	4,73
Молоко цельное	3,3	0,24	0,08	0,03	0,06	0,11	0,12	0,34	0,23	0,10	0,13	0,14	0,19	0,08
Молоко снятое	3,7	0,25	0,09	0,08	0,06	0,14	0,11	0,37	0,23	0,17	0,17	0,18	0,20	0,05
Молоко сухое обезжиренное	33,3	2,85	0,81	0,40	0,43	1,43	0,83	3,23	2,15	0,26	1,01	1,43	2,15	0,20
Сыворотка молочная сухая	13,0	0,92	0,22	0,28	0,14	0,31	0,20	1,10	0,80	0,44	0,30	0,63	0,72	-
Перьевая мука	79,9	1,57	0,42	3,58	0,40	6,40	0,35	7,08	4,60	4,00	2,00	3,92	7,41	6,60
Клевер молодой	3,60	0,17	0,06	0,05	0,07	0,23	0,08	0,29	0,17	0,18	0,07	0,19	0,17	0,14
Люцерна молодая	5,00	0,24	0,07	0,06	0,13	0,26	0,11	0,36	0,21	0,21	0,09	0,22	0,28	0,19
Кормовые фосфатиды	28,1	1,19	0,39	0,30	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Костная мука необезжиренная	18,1	0,70	0,25	0,14	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
обезжиренная	7,2	0,33	0,06	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-

В продуктах животного происхождения чаще всего наблюдается недостаток гистидина и фенилаланина, в микробных – метионина, фенилаланина, гистидина. В связи с тем, что часть метионина в процессе метаболизма и при недостатке цистина используется на его синтез, потребность в серосодержащих аминокислотах обычно выражается в суммарном количестве метионина и цистина. Присутствие достаточного количества тирозина компенсирует дефицит фенилаланина.

Характер липидной части корма определяется качественным со-

ставом и количественным содержанием жиров в компонентах. Недостаточность уровня жира в рецепте легко устраняется при введении жиров (растительных или животных). Недостаток линолевой (18:2) кислоты восполняется включением подсолнечного, кукурузного, соевого масел. Источником линоленовой кислоты (18:3) служит льняное масло и препараты из него, например линетол.

Состав жирных кислот липидов основных компонентов представлен в таблице 26.

Высоконенасыщенные жирные кислоты (экозапентоеновая, эйкозагексаеновая, докозагексоеновая) содержатся в жирах из морских рыб, арахидоновая – в жирах пресноводных теплолюбивых видов рыб.

В качестве энергетической добавки используют растительные жиры, богатые олеиновой кислотой: оливковое, арахисовое, рапсовое масла и рыбий жир. При количественном подборе следует учитывать, что переваримость эссенциальных ненасыщенных кислот колеблется в пределах 85–90%, вне зависимости от их количества в корме. Общие липиды кормов в пределах оптимальных норм доступны рыбам на 76–80%.

Таблица 26

Содержание жирных кислот в компонентах комбикормов, %

Кормовые компоненты	Жирные кислоты				
	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Масло подсолнечное	7,7	4,5	28,4	58,8	0,2
Масло кукурузное	12,0	2,7	28,9	55,3	0,9
Масло соевое	11,5	4,3	27,3	49,7	6,9
Масло хлопковое	19,2	2,8	19,4	56,9	0,6
Масло льняное	5,8	5,3	21,1	16,1	50,3
Масло сорго	13,0	1,3	29,0	44,0	7,0
Фосфатиды подсолнечные	10,4	4,3	16,7	68,0	0,8
арахисовые	16,2	3,0	47,1	22,7	-
льняные	11,3	10,6	33,6	20,6	7,4
соевые	15,0	3,8	18,7	47,5	5,0
хлопковые	22,0	5,2	18,8	50,6	-
Жир рыбий	11,7	2,5	10,0	6,7	2,3
Линетол	1,0	-	34,6	19,0	40,2

Кубовый остаток	5,4	-	18,6	26,9	33,8
Шрот соевый	0,22	0,04	0,12	0,54	0,03
Мука рыбная	2,81	0,45	1,53	0,11	0,06
Молоко сухое	0,29	0,08	0,22	0,05	0,01
Дрожжи кормовые	1,38	0,07	0,38	0,05	-
Мука травяная	0,63	-	0,11	0,52	1,29

Недостаток жиров в комбинированных кормах наряду со снижением калорийности может дать отрицательный эффект и при выращивании именно за счет дефицита незаменимых жирных кислот. Существует гипотеза о влиянии липидного состава корма на его белковую питательность, так как отсутствие незаменимых жирных кислот в рационе ведет к повышенной экскреции из организма азота.

Углеводистая часть корма так же, как и липиды, не балансируется, а подвергается корректировке. Пищевая ценность углеводов не адекватна их относительному содержанию в корме. Углеводы различаются по структуре, степени доступности и химическому составу. В комбикормах для рыб основным источником углеводов является зерновое сырье, которое считается носителем усвояемой энергии в виде крахмала и сахаров. Некоторые виды зерна содержат до 50% крахмала. Нативный крахмал злаков переваривается рыбами на 20–50%. Сахара извлекаются в кишечнике рыб из корма на 70–90%. Трудногидролизуемые углеводы (некрахмалистые полисахариды: клетчатка, пентозаны, глюканы и др.) перевариваются у рыб менее чем на 25–35%. Именно с плохой доступностью углеводов связана низкая переваримость кормов у рыб в целом.

Гидробаротермическая обработка кормов или отдельных компонентов может улучшить их питательные свойства. Например, экструзия зерна способствует высокому уровню клейстеризации и декстринизации крахмала, в результате чего возрастает его доступность до 70–85%. Одновременно происходят изменения в структуре и питательных свойствах целлюлозно-лигнинного комплекса, которые также способствуют увеличению переваримости.

В углеводной части корма присутствуют так называемые пище-

вые волокна. Эти компоненты, усиливая перистальтику кишечника, способствуют лучшему перевариванию комбикормов рыбами. Кроме того, они служат субстратом для кишечной микрофлоры, участвующей в симбионтном пищеварении. Основными сырьевыми источниками пищевых волокон являются жмыхи и шроты масличных культур.

Основная часть минеральных веществ вносится в комбикорм при балансировке органической части. В связи с тем, что у рыб возможно поступление минеральных веществ осмотическим путем, то корректировку минеральной части кормов осуществляют для хозяйств, источник водоснабжения которых слабоминерализован. Кроме того, дополнительное введение минералов в корм необходимо при выращивании рыб в системах замкнутого водообеспечения. В комбикорм возможно введение минеральных комплексов как отдельно, так и в составе витаминно-минеральных премиксов.

Витаминная часть корма после балансировки состава требует обязательной корректировки в связи со значительной нестабильностью многих витаминов. Особенно сильному разрушению витаминов способствует экструзия. Поэтому дополнительно в корма вводят витаминные премиксы в количестве 1–1,5% от массы кормосмеси.

Балансирование полноценного рациона расчетным традиционным методом с помощью кормовых таблиц достаточно трудоемко, поэтому часто используют математические расчеты в сочетании с вычислительной техникой.

Сотрудники ВНИИПРХ (А.Н. Канидьев, Е.А. Гамыгин) разработали метод расчета оптимального состава кормосмеси для рыбы с использованием вычислительной техники. Исходная информация кормовой матрицы включает: набор сухих компонентов животного и растительного происхождения, нормы содержания питательных веществ на основании известной потребности рыб; содержание питательных веществ в каждом из компонентов рациона; стоимость единицы корма; ограничение содержания того или иного компонента в рационе. Задача решается симплексным методом. Ввиду того, что равноценные по питательности кормовые смеси могут состоять из различных ингредиентов, имеется возможность множественности вариантов решений.

Математическая модель задачи в сокращенном виде формулируется следующим образом:

$$\sum_{j=1}^n C_j X_j \rightarrow \min \text{ при условии}$$

$$\sum_{j=1}^n V_{ij} X_j \geq b_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m),$$

где: C_j – стоимость j -го вида корма; X_j – количество корма j -го вида, входящего в рацион; V_{ij} – содержание i -го элемента питания в единице j -го корма; b_i – минимально допустимое количество i -го питательного вещества в рационе; n – количество компонентов кормосмеси; m – количество учитываемых элементов питания (протеин, жир, углеводы, аминокислоты, микроэлементы, витамины и т. д.).

Метод балансирования фракционного состава белка в стартовых кормах для рыб

В процессе приготовления рыбной муки традиционными методами легкоусвояемые белковые соединения удаляются в виде подпрессовых бульонов, что значительно снижает доступность остаточного белка для усвоения молодью рыб.

Традиционный способ разработки стартовых комбикормов для молоди рыб основан на введении в кормосмесь сухих ингредиентов (растительные компоненты, рыбная мука, дрожжи, продукты переработки молока, поливитаминный премикс, рыбий жир). Эту кормосмесь подвергают гранулированию, сушке и получают сухие кормовые частицы. Состав питательных веществ корма балансируют по уровню незаменимых аминокислот, белка, жира, минеральных веществ, углеводов и энергии. Однако этот способ не учитывает потребность рыб на ранних этапах развития организма (личиночный, мальковый) в белковых соединениях определенной молекулярной массы, что имеет большое значение и связано с различной усвояемостью различных белковых структур в процессе гидролиза протеолитическими ферментами рыб. Этот недостаток является причиной низкой скорости роста молоди рыб, их плохой выживаемости и большого расхода комбикорма, поскольку процесс переваривания

белка усложняется. Разработанный способ получения гидролизатов из рыбного сырья (авторы С.А. Пономарев, Е.А. Гамыгин) позволяет получать гидролизат определенного состава низкомолекулярных белков и определенной глубины гидролиза. Перед введением в кормосмесь корма белковый компонент животного происхождения подвергают гидролизу до глубины 15–25%.

Гидролиз белкового компонента животного происхождения до глубины 15–25% обеспечивает оптимальное содержание в продукте таких конечных белковых продуктов, как свободные аминокислоты, олигопептиды с М.м. 200–900 дальтон, полипептиды с М.м. 1000–1300 дальтон, полипептиды с М.м. 1300–9000 дальтон, а также низкомолекулярный растворимый белок с М.м. более 10 тыс. дальтон. Гидролизат со средней глубиной гидролизата (15–25%) отличается низким содержанием свободных аминокислот и олигопептидов и повышенным уровнем легкоусвояемых полипептидов, что благоприятно влияет на развитие личинок осетровых, карповых, сиговых и других рыб в первые несколько суток при вылуплении из икринок, когда активность протеолитических ферментов еще низкая. Свободные аминокислоты и олигопептиды, находящиеся в гидролизате в небольшом количестве, в первые дни экзогенного питания личинок легко всасываются в стенки кишечника, без атаки протеаз. Это стимулирует рост и развитие молоди. Наличие в гидролизате высокого уровня полипептидов с М.м. 1000–1300 дальтон обеспечивает нормальное развитие у предмальков ферментного комплекса протеаз. Эти полипептиды легко расщепляются ферментами и усваиваются. Наличие высокомолекулярного растворимого в воде белка (М.м. более 10 тыс. дальтон и полипептидов с массой 1300–9000 дальтон) активизирует дальнейшее развитие пищеварительной и ферментной систем рыб, молодь достигает малькового периода развития и далее может потреблять комбикорм со сложной структурой белка без предварительного гидролиза.

Для получения эффективного гидролизата из рыбного сырья рыбный фарш или рыбную муку подвергают гидролизу в термостатированном ферментере с мешалкой с помощью ферментного препарата протосубтилина ГЗх. За глубиной гидролиза следят по изменению

аминного азота с фотометрированием. Глубину гидролиза определяют по формуле 14

$$ГГ = C_{Ni}/C_N \cdot 100 (\%), \quad (14)$$

где: C_{Ni} – аминный азот полученного гидролизата;

C_N – конечная концентрация аминного азота при полном гидролизе белка.

На основе гидролизата рыбного сырья со средней глубиной гидролиза разработаны рецепты комбикормов для сиговых, лососевых и осетровых рыб. Этот способ создания стартовых кормов для рыб запатентован.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Что такое комбинированный корм?
2. Как классифицируются комбикорма для рыб?
3. Дайте характеристику стартовым кормам для рыб.
4. Что такое норма кормления?
5. Что характеризует кормовой рацион?
6. Что включает в себя понятие «полноценность кормления»?
7. Как определяется суточный рацион?
8. Дайте определение обмена веществ.
9. Чем валовая энергия отличается от переваримой?
10. Как рассчитать калорийность комбикорма?
11. Какие бывают методы балансирования состава комбикормов?

РАЗДЕЛ III.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОРМЛЕНИЯ РЫБ

ВНИИРХ, ГосНИОРХ, КрасНИРХ, АзНИИРХ и другими прикладными научно-исследовательскими институтами рыбного хозяйства разработаны рецептуры полноценных комбикормов для основных объектов пресноводной аквакультуры (карповые, лососевые, осетровые, сомовые рыбы). К числу ученых, организовавших кормопроизводство и разработки в области кормления рыб, относятся: д.б.н., проф. Е.А. Гамыгин, д.б.н., проф. А.Н. Канидьев, д.б.н., проф. М.А. Щербина, д.б.н., проф. С.В. Пономарев (ВНИИПРХ), д.б.н., проф. И.Н. Остроумова (ГосНИОРХ), д.с/х.н., проф. В.Я. Скляр (КрасНИРХ), д.б.н., проф. Н.А. Абросимова (АзНИИРХ) и другие коллеги, в том числе из ТИНРО, КоТИНРО, ПИНРО, ВНИРО, КаспНИРХа, АГТУ, АтлантНИРО.

В СССР действовала научная координационная программа «Премикс» (генеральный руководитель Е.А. Гамыгин), которая позволила создать целую отрасль производства рыбных гранкормов на основе закупленных комбикормовых заводов и оборудования японской фирмы Ничиро-Корпорейшн (Днепропетровский, Ростовский, Белгородский, Чиназский заводы рыбных гранкормов), которые вырабатывали до 400 тыс. т кормов для товарного карпа и форели. После развала СССР все заводы были приватизированы и перепрофилированы на производство кормов для птицы и животных. Поэтому сегмент производства комбикормов для наиболее ценных объектов – лососевых, осетровых рыб в настоящее время занят продукцией зарубежных компаний («Аллер Аква», «БиоМар», «Коппенс», «Скреттинг» и др.).

Отечественные корма на территории РФ продолжают набираться, однако составы рецептов и названия кормов подверглись изменению. На рынок кормового сырья для производства сухих гранулированных кормов поступили такие ценные кормовые компоненты, как соевый, гороховый протеин, кукурузный глютен, витазар и другое сырье.

7.1. Кормление карпа

Перспективные рецепты комбикормов для карпа

Комбикорм ВПК-4 для производителей предназначен для преднерестового, посленерестового и нагульного содержания в прудовых хозяйствах.

Комбикорм ВПК-4 имеет следующий состав (в %): мука рыбная – 10 (допускается замена на крилевую муку до 50%), мука мясокостная – 1 (допускается замена на костную муку), пшеница – 45 (допускается замена на кукурузу, ячмень до 50%), горох – 5 (допускается замена на подсолнечный шрот), шрот соевый – 13, шрот подсолнечный – 5 (допускается замена на соевый, подсолнечный шроты), дрожжи кормовые – 5, мука травяная – 6 (допускается замена на муку водорослевую до 30%, на отруби – до 50%), масло – 1, премикс ПМ-2 – 1. Комбикорм содержит не менее 25% протеина, в том числе 6–8% протеина животного происхождения, обогащен жирными кислотами и витаминами. Кормовые затраты – до 8 ед.

В настоящее время известны рецепты стартовых комбикормов, характеризующиеся достаточно высоким продуктивным действием (табл. 26). Используют также стартовые корма зарубежного производства.

Продукционные комбикорма для сеголетков карпа (рецепты РЗГК, ВБС-РЖ, ВБС-РЖ-81) используются для кормления сеголетков карпа (от 1 до 25 г и выше) в прудовых хозяйствах различного уровня интенсификации в условиях моно- и поликультуры.

Комбикорм РЗГК является одной из модификаций рецепта 110-1, с введением добавок, улучшающих питательные свойства. Состав рецепта РЗГК (%): мука рыбная – 3, мука мясокостная – 1, мука пшеничная – 12, мука травяная – 2, дрожжи кормовые – 4, пшеница дробленая – 11, ячмень – 20, шрот соевый – 17, шрот подсолнечный – 30. В 100 г корма содержится не менее 26% протеина и 3% жира. Комбикорм выпускается в виде гранул диаметром 3,2 и 4,5 мм. Затраты комбикорма на единицу прироста сеголетков карпа составляют 2,9–3,7.

Таблица 26

Рецепты стартовых комбикормов для ранней молоди карпа, %

Компоненты комбикорма	Эквизо-1 до 1 г	РК-С до 3 г	Старт-1М до 100 мг	Старт-2М до 1 г
Мука рыбная	18	35	30	14
Дрожжи этаноловые	-	30	-	-
Дрожжи на парафинах (БВК)	35	-	50	50
Ферментализат эприна	-	20	-	-
Ферментализат БВК	35	-	-	-
Дрожжи гидролизные	-	-	10	6
Казеинат натрия	-	6	-	-
Мука пшеничная	10	4,8	9	20
Масло растительное	-	1,5	-	-
Мучка рисовая	-	-	-	9
Метионин	1	1,5	-	-
Холин-хлорид	-	0,2	-	-
Премикс ПФ-1М	1	1	1	1
<i>Показатели качества</i>				
Протеин	45	45	50-54	44-46
Жир	4	8	3	2-3
Углеводы	25	25	25	30
Клетчатка	1-2	1-2	1	1-1,2
Зола	10	10	10-12	12-14

По сравнению с комбикормами стандартных рецептур 110-1, а также РЗГК, комбикорма ВБС-РЖ обеспечивают:

1. Более активный рост молоди карпа на первом году жизни (на 15–50%).
2. Лучшую выживаемость в зимний период сеголетков карпа (на 20–40%) и растительноядных рыб (на 5–10%).
3. Оказывают последствие на втором году жизни, которое выражается в активизации роста двухлетков карпа (на 10–15%) и снижении их смертности при возникновении стрессовых ситуаций.

Затраты комбикормов ВБС-РЖ на единицу прироста сеголетков карпа составляют 1,7–2,9 в среднем – 2,6; на общий прирост всех видов поликультуры – 1,0–2,0.

Продукционные корма при индустриальном выращивании. При выращивании карпа массой свыше 1 г используют продукционные корма 12-80, 16-80, 16-82 и РГМ-8В (табл. 27).

Таблица 27

Рецепты продукционных комбикормов для выращивания карпа на хозяйствах индустриального типа, %

Компоненты	12-80	16-80	16-82	РГМ-8В
Мука рыбная	25	10	5	20
Мука мясокостная	6	-	6	6
Мука травяная	-	-	5	1
Масло растительное	-	-	-	5
БВК на парафинах нефти	20	14	10	-
Дрожжи гидролизные	10	20	5	8
Шрот подсолнечниковый	18	30,5	15	25
Шрот соевый	-	-	15	26
Холин-хлорид, 50%	-	-	-	0,2
Пшеница	16,5	19	15	7,8
Овес	-	-	10	-
Ячмень	-	-	10	-
Премикс П-2-1, П-5-1	1	1	1	-
Мел	-	1	1	-
Фосфат неорганический	-	1	1	-
Соль поваренная	-	-	0,5	-
Меласса	3	3	-	-
Метионин	0,5	0,5	0,5	-
Протосубтелин ГЗх	-	0,05	0,05	-
Премикс ПФ-2В	-	-	-	1
<i>Показатели качества</i>				
Энергетическая ценность МДж/кг	12,8	12,6	10,8	13,2
Протеин	40	35-38	30-31	39
Жир	8	2-4	2-3	7-8
Минеральные вещества	12	11	9	10

Комбикорм 12–80 предназначен для выращивания сеголетков карпа массой от 1 до 40 г, комбикорм 16–82 – для годовиков-двухлетков массой от 150 г до товарной массы, комбикорм РГМ-8В – для сеголетков, годовиков и двухлетков массой от 1 г до товарной массы.

Применяются также плавающие комбикорма (табл. 28), приготовленные методом экструдирования, позволяющие снизить кормовые затраты до 20% и повысить общую эффективность производства.

Таблица 28

Рецепты продукционных плавающих (экструдированных) комбикормов для выращивания карпа в садках и бассейнах, %

Компоненты	АК-1КЭ (1–50 г)	АК-2КЭ (50 г и выше)
Мука рыбная	20	-
Мука мясокостная	1,6	-
Мука травяная	-	2
Пшеница	24	18
Кукуруза	-	8
Дрожжи кормовые	7	-
Дрожжи БВК	2,9	-
Дрожжи эприн	-	16
Шрот подсолнечниковый	40,7	10
Шрот соевый	-	36
Отруби пшеничные	-	6
Фосфат неорганический	2	2
Масло растительное	0,8	1
Премикс поливитаминный	1	1
<i>Показатели качества</i>		
Обменная энергия, ккал	3400	3200
Протеин, не менее	38	34
Жир, не менее	9	6
Минеральные вещества, не более	10	10
Клетчатка	4,5	6,0

Продукционные комбикорма для двухлетков и старших возрастных групп карпа (рецепт ПК-Вр) используются для кормления двухлетков и старших возрастных групп карпа при выращивании до товарной массы в прудовых хозяйствах различного уровня интенсификации.

Комбикорм ПК-Вр – модифицированный рецепт 111-1, содержащий витаминный премикс ПМ-2. Имеет следующий состав (%): мука рыбная – 2, мука мясокостная – 1, мука травяная – 4, мука пшеничная – 12, дрожжи кормовые (гидролизные) – 4, пшеница дробленая – 9,5, ячмень дробленый – 24, шрот соевый – 18, шрот подсолнечниковый – 25, премикс ПМ-2 – 0,5. В 100 г комбикорма содержится не менее 23 г протеина и не менее 3 г жира. Выпускается в виде гранул 4,5 мм. На 1 кг прироста карпа требуется 2,6–3,8, в среднем 3,5 кг корма, на прирост всех видов поликультуры – 1,2–2,2.

Кормление карпа в прудовых хозяйствах

При кормлении производителей диаметр гранул комбикорма ВПК-4 должен составлять 6–9 мм. Кормление производителей следует начинать через 3–4 дня после весенней бонитировки при достижении температуры воды 8–10°C. В начале кормления количество корма составляет не более 0,5% к массе рыб. При повышении температуры воды на каждые 2°C норму увеличивают на 0,25% от массы. При увеличении суточного рациона до 1% корм обязательно вносят 2 раза в день. Максимальное значение суточной дозы корма ВПК-4 в преднерестовый период для самок составляет 1,5, для самцов – 2% к массе тела.

В летне-маточных прудах к кормлению производителей приступают сразу же после пересадки первых партий самцов и самок, участвовавших в нересте. При бонитировке рыб и их содержании в прудах в количестве до половины нормативной плотности посадки самкам задают корм из расчета 1% от массы, самцам – 2%. В дальнейшем при высадке всех производителей и достижении температуры воды 20°C суточный рацион увеличивают до 4%. Эта норма кормления является максимальной. При снижении температуры воды на каждый градус суточный рацион уменьшают на 10%.

В осенний период при снижении температуры воды до 11–12°C

и прекращении роста рыб необходимо обеспечить поддерживающее питание (норма кормления составляет 0,5–1% от массы). При температуре воды 10°C кормление производителей прекращают.

Кормление сеголетков следует начинать через 2–3 недели после пересадки их в выростные пруды и достижения ими массы 0,8–1,0 г при условии, если концентрация зоопланктона в воде прудов будет менее 20 мг/мл. Нормирование комбикорма осуществляется на основе данных о средней массе и количестве питающихся карпов, температуры и кислородного режима воды, степени развития естественной кормовой базы прудов, питательности и качества изготовления комбикормов. Расчет норм ведут по трем периодам, различающимся по степени развития кормовой базы прудов и, соответственно, по содержанию естественной пищи в рационах.

Первый период, как правило, охватывает 5–15 дней после приучения рыб к комбикорму и в зависимости от зоны приходится на конец июня – середину июля. Второй, основной, период длится 5–6 декад (июль–август); третий заключительный период приходится на осень (3–5 декад сентября–октября).

Нормы комбикорма для основного периода приведены в таблице 29.

Таблица 29

Нормы гранулированного комбикорма рецепта ВБС-РЖ для сеголетков карпа в основной период кормления, % от массы рыб

Т, °С	Средняя масса сеголетков карпа, г											
	2-5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	70	100 и более
15	3,0	2,9	2,8	2,8	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1
16	3,6	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,5
17	4,3	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,3	3,1	2,9
18	5,2	4,9	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,6	3,4
19	6,0	5,5	5,1	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,0	3,8
20	7,0	6,0	5,8	5,5	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,2
21	8,0	6,7	6,3	5,9	5,7	5,5	5,4	5,3	5,2	5,0	4,8	4,6
22	9,0	7,2	6,8	6,4	6,2	6,0	5,9	5,8	5,7	5,5	5,4	5,0
23	10,2	7,9	7,5	7,1	6,8	6,6	6,4	6,3	6,2	6,0	5,9	5,4

24	11,3	8,6	7,1	7,6	7,4	7,1	6,9	6,8	6,7	6,5	6,3	5,8
25	12,7	9,2	8,7	8,2	8,0	7,8	7,6	7,4	7,3	7,1	6,8	6,2
26	14,9	10,9	9,4	8,9	8,7	8,4	8,1	7,9	7,8	7,6	7,2	6,7
27	15,6	11,6	10,1	9,5	9,3	9,0	8,7	8,5	8,4	8,2	7,8	7,3
28	17,0	12,7	11,1	10,3	10,1	9,7	9,4	9,2	9,0	8,7	8,3	7,7

Начало кормления годовиков и старших возрастных групп в весенний период определяется температурой воды и состоянием естественной кормовой базы. При нормальном развитии естественной кормовой базы и плотности посадки годовиков 3,5–4,5 тыс./га кормление следует начинать при температуре 15–18°C, при слабом развитии или посадке свыше 5 тыс./га – при 12–14°C.

В первые дни количество задаваемого корма должно составлять около 0,5–1,0% от массы рыб в пруду. По мере привыкания рыб к корму и хорошем поедании его количество доводят до нормы.

Кормление годовиков карпа в удобряемых прудах следует начинать после достижения массы 1–3 г при температуре воды выше 12°C, 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.

Суточную норму кормления карпа в прудах рассчитывают через каждые 10 суток в зависимости от количества рыб, их прироста и величин затрат корма по следующей формуле 15

$$\frac{BZ(K-1)}{K}, \quad (15)$$

где: В – среднесуточный прирост на предстоящую декаду, г;

З – затраты корма на 1 г прироста, г;

К – 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. 30).

Таблица 30

Примерный суточный прирост разных возрастных групп карпа (г/экз.) при высокой плотности посадки (4–5 тыс. экз./га)

Месяц, декада	Центральная, центрально-черноземная, юго-западная и юго-восточные 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	0,1	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	-	-

Потенциальный рост карпа сравнительно велик, и в теплое лето он может превысить установленные весовые стандарты. Прирост по декадам в разные годы варьируется 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 отстаёт в росте, необходимо выяснить причины и лишь после этого увеличить суточный рацион: если же рыба хорошо растёт, 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 питатель-

ных веществ на поддержание жизненных функций, который составляет значительную долю, особенно в конце вегетационного периода. Кроме того, не учитывается температурный фактор.

Норму кормления можно установить с учетом массы рыбы и температуры воды по следующей формуле 16

$$H = tk, \quad (16)$$

где: H – суточная норма кормления карпа, % массы рыбы;

t – температура воды, °C;

k – постоянная величина рыбхоза.

Постоянная величина 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. 31).

Таблица 31

**Примерный расчет постоянной величины рыбхоза
по данным за предшествующие годы**

Месяц, декада	Средняя температура воды за декаду, °C	Прирост рыбы за декаду, г	Средняя масса рыбы, г	Суточный рацион	
				г	% массы рыбы
Май					
III	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: $3,8/18,5=0,2$.

Пример. На 10 июля средняя масса рыбы составляет 235 г, температура воды $22,5^{\circ}\text{C}$, 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 соответствовать нормативам предшествующих лет, принятым за основу при расчете постоянной величины 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.

Нормы для двухлетков также рассчитывают по трем периодам. Длительность первого в зависимости от зоны составляет 1–3 декады кормления (середина мая-июнь) и определяется обеспеченностью рыб естественной пищей (более 40% от рациона). При слабом развитии естественной кормовой базы (менее 15 мг/л зоопланктона) расчеты ведут сразу по основному периоду согласно таблице 32.

Кормовые затраты комбикорма 12-80 составляют до 2,5 ед., тонущих комбикормов 16-80ф, 16-82 и 111-9 – до 3 ед., плавающих комбикормов РГМ-1КЭ и РГМ-2КЭ – до 2,5 ед.

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 «закисает».

Таблица 32

Нормы гранулированного комбикорма ПК-Вр для двухлетков карпа в основной период кормления (% от массы рыб)

Т, °С	Средняя масса двухлетков карпа, г													
	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	1000
15	2,7	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5
16	3,1	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9
17	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1

18	4,1	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4
19	4,6	4,4	4,1	4,0	3,9	3,8	3,6	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7
20	5,1	4,9	4,6	4,4	4,3	4,2	4,0	3,9	3,7	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0
21	5,6	5,4	5,1	4,9	4,7	4,6	4,4	4,3	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5
22	6,1	5,9	5,6	5,4	5,1	5,0	4,8	4,7	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9
23	6,6	6,4	6,1	5,9	5,5	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2
24	7,2	6,9	6,6	6,4	5,9	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6
25	7,8	7,5	7,2	6,8	6,3	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0
26	6,4	8,0	7,7	7,3	6,8	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4
27	9,1	8,7	8,2	7,8	7,3	7,2	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9
28 и выше	10,0	9,4	8,8	8,3	7,8	7,7	7,4	7,2	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4

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 ячеек 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 многоразовом 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 изме-

нять 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.

Кормление карпа зерном пшеницы и ячменя.

Цельное зерно пшеницы карп поедает охотно. В прудах при хорошо развитой естественной кормовой базе он хорошо растет при кормлении зерном. Затраты пшеницы в случае слабой обеспеченности карпов естественной пищей составляют 3,0–3,5 кг на 1 кг прироста массы рыб, при хорошей – 1,8–2,5 кг.

Традиционный опыт рыбоводства свидетельствует, что кормление карпа цельным зерном пшеницы целесообразно проводить при плотности посадки двухлеток до 3,5 тыс./га и в основном в августе-сентябре. До этого времени рыба должна получать комбикорм. При больших плотностях посадок зерно пшеницы следует применять в третьей декаде августа и в сентябре-октябре. В этот период резкого сокращения роста и накопления жира зерно пшеницы полностью удовлетворяет потребность организма рыбы в энергии и обеспечивает поддержива-

ющий обмен необходимым количеством белка. В результате можно экономить дефицитный белок и дорогой комбикорм.

Перед поеданием рыбами зерно обязательно должно набухнуть в воде, иначе оно травмирует кишечник и выводится из пищеварительного тракта слабо переваренным. Поэтому цельное зерно постепенно подмешивают к комбикорму с тем расчетом, чтобы рыба поедала в первую очередь комбикорм, а зерно при этом набухало. Зерном заменяют сначала 1/4 суточной нормы комбикорма, затем его долю постепенно увеличивают. При питании карпов нелущеным зерном ячменя отмечалась низкая скорость его поедания. По сравнению с гранулированным комбикормом скорость потребления зерна карпом массой 100 г при температуре 25°C составляет 1 г/ч вместо 2 г/ч. Это связано с необходимостью длительного перетирания зерен глоточными зубами, отплеивания шелухи и нового заглатывания. Очистка зерна идет тем тщательнее, чем меньше доза заданного ячменя. Голодная рыба может глотать сухое неочищенное зерно, но оно длительное время не переваривается. Предварительно замоченное (в течение 6–12 ч) и набухшее зерно карп легче очищает и быстрее поедает.

По сравнению с дробленым ячменем перевариваемость цельного зерна значительно хуже. Следует отметить, что чем меньше зерна съедает карп, тем лучше оно переваривается и усваивается.

Без примеси естественной пищи ячмень даже в максимально съедаемой дозе (около 3,5% от массы рыб) способен обеспечить только очень слабый и весьма кратковременный рост карпа. Далее, несмотря на его потребление, из-за недостатка белка и других элементов рост прекращается, и рыба начинает терять массу.

В присутствии естественной пищи, особенно животной, общая активность питания резко возрастает при одновременном увеличении (в 1,5–4 раза) потребления зерна. Причем чем выше масса карпа, тем большее количество ячменя (% массы тела) он съедает. Максимальная активность потребления зерна двухлетками карпа (4–5% от массы тела) наблюдается в прудах, начиная с середины августа. При смешанном применении ячменя и комбикорма поедаемость зерна рыбами сокращается.

Питательные вещества дробленого ячменя хорошо перевариваются у карпа. Переваримость сырого протеина достигает 80%. Легкогидролизуемые углеводы необработанного ячменя, и в том числе крахмал, перевариваются у карпа лучше, чем из пшеницы (74 против 58%). В то же время жесткая оболочка зерен практически не расщепляется (коэффициент переваримости клетчатки – 0,6%). В целом из общего количества карп получает 60% и более углеводов, а энергии – более 60%. Среди незаменимых аминокислот первой лимитирующей является лизин, второй – метионин. Белок ячменя способен удовлетворять потребность рыб в лизине на 46%, в метионине – на 53%. В специальных опытах с карпами было показано, что сухое прессование дробленых зерен ячменя приводит к увеличению его перевариваемости в основном за счет повышения доступности клетчатки, некрахмалистых углеводов и минералов. Одновременно обнаружено сокращение доступности большинства незаменимых аминокислот. Описанные эффекты несколько усиливаются при экструзии, наибольшим положительным изменениям подвергается углеводистая часть корма.

В дробленном виде ячмень является одним из предпочтительных компонентов в рационах карпа и может сочетаться в разнообразных комбинациях со многими кормовыми средствами.

Кормление карпа в хозяйствах индустриального типа

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 продукционные 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 таблице 33.

Таблица 33

Основные показатели полнорационных продукционных 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 менее	10	10	10	10
Массовая доля сырой клетчатки, % не менее	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 комбикорма, содержащие 26–35% протеина, комплекс минеральных и витаминных добавок. Наиболее эффективны они при температуре выше 20°C: за 5–6 месяцев 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 во многом зависит от тщательности контроля за термическим и гидрохимическим режимом воды, ростом рыб, по-

треблением ими корма, а также от правильности и своевременности корректировки программы нормированного кормления с учетом меняющихся условий среды.

При выращивании карпа в личиночный и начальный мальковый период жизни до массы 7–8 мг целесообразно применение живого корма (артемии). Однако для приучения к сухому комбикорму его необходимо скармливать одновременно с живым.

Начинать подкормку следует со второго дня после вылупления, в конце периода выдерживания. Сначала кормление осуществляют через каждый час в светлое время суток, суточный рацион составляет 50% от массы тела. После поднятия молоди на плав суточная норма кормления должна составлять 75–100% от массы тела (табл. 34).

Таблица 34

Суточная норма кормления карпа, % от массы тела

Масса рыбы, г	Температура воды, °С	
	25-20	26-30
До 0,003	50	50
0,003-0,012	50	75
0,012-0,05	75	100
0,05-0,1	50	75
0,1-0,3	40	60
0,3-1,5	30	40
1,5-2,5	22,5	30
2,5-5,0	15	20
5-10	11,3	17
10-20	8,2	14
20-35	7,5	10
35-50	7,1	9,5
50-70	6,7	9
70-90	6,2	8,5
90-100	5,8	8
100-130	5,4	7,5
130-150	5,3	7

Окончание таблицы 34

150-200	4,5	6,5
200-250	4,2	5,6
250-300	3,7	4,9
300-350	3,4	4,4
350-400	3,2	4,0
400-450	2,9	3,4
450-500	2,7	3,1
500-550	2,5	2,8
550-600	2,3	2,5
600-650	2,2	2,3
650-700	2,0	2,1
700-800	1,8	1,8
800-1000	1,8	1,8

Суточную норму следует раздавать равными порциями на протяжении светлого времени суток с периодичностью от 10–15 до 30 мин.

Эффективность кормления повышается при использовании кормораздатчиков, которые могут работать в режиме непрерывной выдачи корма мелкими порциями. Очень важно при кормлении вручную рассыпать его медленно, в места скопления личинок.

Кормление личинок и молоди карпа производят крупкой комбикорма (частицами размером 0,1–2,5 мм, полученных путем дробления гранул и фракционирования на размерные группы частиц). Рекомендуемые соотношения между размером крупки и массой молоди карпа представлены в таблице 35.

Таблица 35

Размеры частиц корма для личинок карпа

Масса личинок, мг	Размер частиц корма, мм
1,5-12	До 0,25
12-60	0,25-0,50
60-150	0,50-1,0
150-800	1,0-1,5
800-1000	1,5-2,0

При переходе с одного размера крупки на другой в течение одного дня новый корм подмешивается к предыдущему. Нельзя кормить молодь кормом, не подходящим ей по размеру.

Рекомендуемые соотношения между размером гранул (крупки) и массой карпа при выращивании на производственных кормах представлены в таблице 36. Суточные нормы кормления карпа плавающими кормами – в таблице 37.

Таблица 36

Рекомендуемые соотношения между размером гранул (крупки) и массой карпа

Масса рыбы, г	Размер гранул (крупки)
1-10	1,5-2,5
10-40	2,5-3,5
40-150	3,5-4,5
150-500	5,0-6,0
500 и выше	6,0-8,0

Зимой при температуре воды выше 6°C рыбу следует кормить. При этом суточный рацион должен быть невысоким и обеспечивать лишь поддерживающий обмен. При температуре воды 6–8°C суточная норма составляет до 0,5%, при температуре 9–10°C – до 1%, при температуре 11–12°C – до 2% массы тела. Корм следует выдавать за 3 приема в светлое время суток. В зимний период года при низком уровне обмена веществ у карпа следует использовать низкобелковые растительные кормосмеси для прудового карпа.

Таблица 37

Суточные нормы кормления карпа плавающими производственными кормами, % от массы тела

Масса рыбы, г	Температура воды, °C			
	10-15	15-20	20-25	25-30
1-5	8	12	15	18
5-20	6	8	10	13

20-50	4,5	5,5	7	8,5
50-100	3,3	4,5	6,2	7,5
100-200	2,3	3,7	5,0	6,3
200-500	1,8	2,7	3,5	4,5
500-1000	1,5	1,9	2,2	2,4
Более 1000	1,2	1,7	2,0	2,2

Примечание: в зависимости от состояния рыбы, ее активности и условий выращивания суточные нормы могут корректироваться в пределах $\pm 15\%$ от значения, указанного в таблице.

При выращивании молоди карпа до 20 г в бассейнах плотность посадки должна составлять до 650 шт./м³, в сетчатых садках – до 500 шт./м³, более крупной рыбы – до 250–200 шт./м³ соответственно. Содержание растворенного в воде кислорода должно быть не ниже 6 мг/л, свободной углекислоты – не выше 10 мг/л.

Рецептура комбикормов 12-80, 16-80ф и 16-82 разработана ГосНИ-ОРХ, комбикорма 111-9 – УкрНИИРХ, комбикормов РГМ-1КЭ и РГМ-2КЭ – ВНПО по рыбоводству (ВНИИПРХ).

В структуре себестоимости производства 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 являются 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. Контроль за поедаемостью кормов нужно проводить ежедневно.

7.2. Кормление канального сома

Личинок кормят 10–12 раз в сутки по поедаемости. Для кормления используют науплии *Artemia salina*, отловленный из прудов зоопланктон, пастообразный корм (селезенку), стартовый корм. Корма скармливают поочередно, стремясь избегать однообразия, что улучшает результаты выращивания. Через 40–45 суток выращивания долю живого корма в рационе уменьшают до 20%, основными компонентами рациона становятся стартовый и пастообразный корма.

Промышленностью выпускается стартовый комбикорм АК-1СС, который предназначен для выращивания канального сома до массы 3–5 г. Комбикорм содержит не менее 45% протеина, не менее 9% жира, не более 2% клетчатки. Энергетическая ценность – 3450 ккал. В состав рецептуры комбикорма АК-1СС входят следующие компоненты: рыбная мука, кровяная мука, соевый шрот, дрожжи, пшеничная мука, витаминизатор, рыбий жир, премикс ПФ-3В.

По достижении молодь массой 3–5 г ее переводят на производственные комбикорма АК-1КЭ, АК-2КЭ.

Также для личинок и молоди канального сома до массы 1 г в бассейнах при отсутствии естественной пищи используется гранулированный комбикорм СБ-1, для товарной рыбы – СБ-3 (табл. 38).

Также можно использовать пастообразный корм (селезенка и 1% премикса) и форелевый комбикорм. Соотношение пастообразного и сухого кормов 1:1. Величина рациона вначале 10%, в конце периода выращивания 6% массы рыбы. Частота кормления от 10 (в начале периода) до 6 (в конце) раз в день.

Кормление сеголетков в зимний период обязательно. Величина рациона зависит от температуры: при 7–8°C – 0,5–1%; при 9–11°C – 1–2%, при 12–13°C – 3% массы рыбы. Для кормления используют те же корма, что и в летний период. Для кормления можно использовать фарш из свежей и мороженой рыбы, добавляя в него 1% форелевого премикса.

При выращивании двухлетков используют производственный форелевый комбикорм и пастообразные (селезенка, фарш из свежей и мороженой рыбы с добавкой 1% премикса) – 10–20% рациона. Кормить рыбу нужно 2 раза в день: утром и вечером. Рацион должен составлять 4–5% массы рыбы.

Таблица 38

Рецепты комбикормов для канального сома, %

Компоненты	СБ-1	СБ-3
Мука рыбная	18	11
Мука мясокостная	-	3
Мука травяная	-	5
Дрожжи (эприн)	45	15
Пшеничная мука	3	26
Горох	10	22
Шрот соевый	11	-
Шрот подсолнечниковый	11,8	14,85
Премикс	1	1
Холин-хлорид	0,2	0,15
<i>Показатели качества</i>		
Протеин	45-50	32-37
Жир	3-7	3-6
Углеводы	15-20	18-25

Качество кормов имеет решающее значение при выращивании товарной рыбы. Перебои в кормлении отрицательно сказываются на скорости роста, а использование неполноценного по составу корма не только замедляет рост, но и ухудшает физиологическое состояние рыбы, вызывая авитаминоз, анемию и другие заболевания.

Рекомендуемые соотношения размера гранул комбикорма и массы рыбы при выращивании канального сома представлены в таблице 39, суточные нормы – в таблице 40.

Таблица 39

**Рекомендуемые соотношения между размером гранул
(крупки) и массой канального сома**

Масса рыбы, г	Размер крупки, мм
До 0,1	0,2-0,4
0,1-0,3	0,4-0,6
0,3-1,0	0,6-1,0
1,0-2,0	1,0-1,5
2,0-5,0	1,5-2,5
5,0-25,0	2,5-3,5
25,0-100,0	3,5-4,5
100,0-400,0	5,0-6,0
Более 400,0	6,0-8,0

Таблица 40

Суточные нормы кормления канального сома, % от массы тела

Т°С	Масса рыбы, г									
	До 0,1	0,1-0,6	0,6-2,0	2,0-5,0	5,0-15,0	15,0-40,0	40,0-100,0	100,0-250,0	250,0-500,0	Более 500,0
9	4,0	3,9	3,7	3,4	2,8	2,4	2,1	1,7	1,4	1,2
12	6,0	5,5	5,0	4,0	3,0	2,7	2,3	1,9	1,6	1,5
15	8,0	6,2	5,5	4,4	3,5	3,1	2,6	2,2	1,9	1,7
18	10,1	8,0	6,3	5,1	4,2	3,7	3,1	2,7	2,3	2,0
21	16,0	10,0	8,0	6,2	5,0	4,3	3,9	3,3	2,7	2,5
24	22,0	15,5	11,0	8,3	6,5	5,1	4,6	4,0	3,3	2,9
27	28,0	22,4	16,0	11,7	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,4
30	25,0	21,0	20,0	15,0	10,0	9,5	8,0	6,0	5,0	4,0

7.3. Кормление осетровых

Личинки осетровых рыб начинают заглатывать корма до освобождения кишечника от меланиновой (пигментной) пробки. В этот период рыбу начинают приучать к сухим комбикормам, которые задают в виде

пыли для выработки положительной пищевой реакции. Перешедших на смешанное питание личинок кормят стартовыми комбикормами и мелкими формами зоопланктона (дафнии, науплии артемии и др.).

После выброса меланиновой пробки начинают давать крупку размером 50–100 микрон. Период адаптации к комбикорму длится 2–3 суток.

Кормление молоди осетровых рыб до массы 3 г следует проводить крупной стартовой комбикормом. В составе стартовых комбикормов для осетровых рыб содержание протеина должно быть на уровне 45–55%, жира – 8–11 %, углеводов – 6–12%. В качестве стартового следует использовать комбикормом ОСТ-6, ОСТ-7 с гидролизатами белка (или его аналогами). Состав питательных веществ рецепта ОСТ представлен в таблице 41. Корм сбалансирован (по белковым фракциям), на него распространяется действие патента № 2297154 от 20.04.2007 г. (патентообладатель АГТУ).

Таблица 41

Состав рецепта стартового комбикорма ОСТ-7

Компоненты	Содержание, %
Протеин	50-52
Жир	8-12
Клетчатка	0,5-1,2
Углеводы	14,0-18,0
Общая энергия, тыс. мДж/кг	18-19
Минеральные вещества	8-12

Кроме этого, существует несколько рецептов стартовых комбикормов для осетровых рыб: СТ-4Аз, ОБ-1Аз (разработчик – АзНИИРХ), БМ-1 и др. (табл. 42).

Таблица 42

Состав стартовых комбикормов для осетровых рыб, %

Компоненты	ОБ-1Аз	СТ-4Аз	БМ-1
Рыбная мука	45,0	35,0	32,0
Кровяная мука	4,0	4,0	10,0
Мясоекстрактная мука	-	-	7,0

Сухой обрат	20,0	5,0	5,0
Дрожжи кормовые	-	-	10,0
БВК	5,0	5,0	-
БВК-ферментолитат	-	14,0	-
Соевый шрот	8,0	15,0	9,0
Подсолнечниковый шрот	-	6,0	8,0
Пшеничная мука	10,0	8,0	8,0
Жир морских млекопитающих	6,0	6,0	-
Жир рыбий	-	-	9,0
Премикс	1,5	1,5	1,5
Хлористый натрий	0,5	0,5	0,5

Суточные нормы кормления осетровых сухими комбикормами молоди осетровых рыб до массы 3 г представлены в таблице 43. Рацион для личинок и мальков рассчитывают каждые трое суток.

Таблица 43

**Суточная норма кормления молоди осетровых рыб
стартовыми комбикормами, % от массы тела**

Температура воды, °С	Масса рыбы, г				
	До 0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-1,5	1,5-3,0
12	14	12	11	8	6
14	16	14	13	9	7
16	18	16	15	11	8
18	21	19	16	12	10
20	23	21	18	14	12
22	25	23	20	16	13
24	27	25	22	17	14
26	30	27	24	17	14
28	27	24	21	15	12

Для амурских осетровых согласно разработанной и применяемой технологии выращивания стартовый комбикорм используют до массы 10 г (табл. 44 и 45).

Таблица 44

Суточные нормы кормления личинок и молоди амурского осетра в бассейнах стартовым кормом, % от массы рыбы

Температура воды, °С	Масса тела рыбы, г							
	До 0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-5,0	5,0-10,0
16-18	20	15	13	9	8	6	5	4
18-20	23	17	15	11	9	7	6	5
20-22	27	19	17	12	11	8	7	6
22-24	30	22	19	14	12	10	9	7
24-26	32	25	22	15	13	11	10	8
26-28	27	22	18	13	11	9	8	7

Таблица 45

Суточные нормы кормления личинок и молоди калуги в бассейнах стартовым кормом, % от массы рыбы

Температура воды, °С	Масса тела рыбы, г							
	До 0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-5,0	5,0-10,0
16-18	30	25	17	13	9	7	5	3,5
18-20	40	30	20	15	10	8	6	4,5
20-22	45	32	23	17	11	9	7	5,5
22-24	48	35	27	20	14	10	8	6,5
24-26	40	32	24	16	13	9	7	7
26-28	35	28	17	12	10	8	6	4,5

Для личинок белуги, русского осетра, бестера, стерляди доля живого корма в рационе должна составлять не менее 35–50% после перехода на активное питание (табл. 46), для амурского осетра и калуги 20–35%. По мере роста рыбы количество живого корма в рационе снижается (табл. 47).

Таблица 46

**Суточная норма добавки живых кормов при
выращивании осетровых рыб**

Масса тела, мг	Суточная норма, % от массы тела рыб
До 60	50 (мелкие дафнии) или 35 (артемия салина)
От 60 до 300	35 (½ дафнии; ½ олигохеты)
От 300 до 500	25 (¼ дафнии; ½ олигохеты; ¼ калифорнийский червь)
От 500 до 1500	20 (½ олигохеты; ½ калифорнийский червь)
От 1500 до 2000	15 (калифорнийский червь)

В качестве живого корма при выращивании амурских осетровых, кроме науплиев артемии, ее декапсулированных яиц, используют трубочника, икру и личинок карповых рыб. Для дополнительного кормления личинок амурского осетра массой свыше 120 мг и калуги массой свыше 80 мг можно использовать свежезаготовленную или замороженную икру карповых рыб (карпа или сазана), а также минтая. При кормлении икрой ориентируются на нормы кормления искусственными кормами, увеличенными на 20–30%.

Таблица 47

**Кратность кормлений и суточная норма использования
живых кормов при выращивании амурского осетра и калуги**

Масса тела, г	Количество ручных кормлений				Суточная норма, % и вид живого корма
	всего	живой корм	сухой корм	влажные гранулы	
0,04-0,1	12	6	6	–	30-35 (½-живая и декапсулированная артемия, ½-трубочник)
0,1-0,5	12	4	8	–	25-30 (½-декапсулированная артемия, ½-трубочник)
0,5-1,5	12	4	4	4	20 (2/3-трубочник, 1/3-икра)
1,5-3,0	12	2	5-6	5-4	10 (икра)
3,0-10,0	6-8	–	3-4	3-4	–

Для хозяйств, имеющих маточные стада карпа, можно рекомендовать кормление молоди калуги личинками рыб. Подкормка в первые

дни экзогенного питания производится 1–2 раза личинками карпа. Выживаемость калуги при питании личинками возрастает, многократно усиливается поисковая реакция. Суточная норма кормления этим видом корма не должна превышать 15–20% от массы личинок.

Хорошие результаты выращивания молоди амурского осетра, а особенно калуги, достигаются в том случае, если кормление сухим стартовым кормом чередуется с кормлением влажными гранулами.

Состав влажных гранул: 70% отсева стартового корма и 30% рыбного фарша из малоценных пород рыб или минтая. При отсутствии рыбы в состав гранул можно включать 30–35% говяжьей селезенки. Кормление гранулами можно начинать при массе молоди амурских осетровых около 0,5 г. За счет влажности гранул их суточную норму необходимо увеличить на 20–25% от рекомендуемой нормы кормления сухим стартовым кормом.

Наиболее оптимальным режимом кормления амурских осетровых в начальный период выращивания является следующий: чередование 6 кормлений живым кормом и 6 кормлений сухими кормами. Возможно использование в качестве живых кормов олигохет или калифорнийского червя (вместо трубочника).

В условиях Нижнего Поволжья имеет место неблагоприятный период повышения температуры в летний период до 30°C, что сопровождается интенсивным развитием синезеленых и вольвоксовых водорослей. Это приводит к снижению содержания кислорода, изменению pH и увеличению ионов NH_4^+ . В этих условиях рекомендуется уменьшить норму дачи всех кормов на 50% и использовать нежирные корма (4–6%). Кратность дачи корма при этом следует снизить до 2–3 раз в сутки.

Для кормления молоди осетровых рыб чаще используют небольшие автоматические кормораздатчики (ленточные, механические дисковые, пневматические вибрационные) с емкостью бункера или суточной порции 3–5 кг, снабженные общим пультом управления, что позволяет осуществить постоянную дачу кормов в бассейн. При отсутствии таких автоматических кормораздатчиков допускается ручное кормление. Кормление рыб осуществляется только в период светлого времени. При

отсутствии корма и ярком освещении ранняя молодь может заглатывать пузырьки воздуха (ложное газопузырьковое заболевание).

Кратность кормления молоди осетровых рыб в светлое время суток ручным способом или порционными раздатчиками дана в таблице 48, при использовании ленточных кормораздатчиков дача кормов происходит непрерывно.

Таблица 48

Кратность кормления молоди осетровых рыб, кол-во раз в сутки

Масса рыб, мг	Ручное кормление	Кормление с применением автоматических кормораздатчиков
до 60	24	48
от 60 до 300	12	36
до 1000	8	24
до 3000	6	12

В зависимости от массы рыб и размера глотки следует использовать крупку комбикорма следующих размеров (табл. 49).

Таблица 49

Размер крупки стартового комбикорма для молоди осетровых рыб

Масса рыб, мг	Размеры крупки, мм
до 60	0,05-0,1
60-300	0,1-0,4
300-500	0,4-0,6
500-3000	0,6-2,5

Биологические нормативы выращивания молоди осетровых рыб до 3 г в бассейнах на предприятиях юга России представлены в таблице 50.

По достижении рыб массы 2 г добавку живых кормов в рацион прекращают и молодь переводят на кормление продукционным комбикормом рецепта ОТ-6, ОТ-7 или их зарубежными аналогами. Данные комбикорма содержат в своем составе рыбную муку, соевый шрот, пшеницу и другие источники растительного протеина, дрожжи, рыбий жир, премикс (табл. 51).

Таблица 50

Бионормативы выращивания молоди осетровых рыб до массы 3 г

№ п/п	Элементы биотехники	Бионормативы
1	Глубина воды в бассейнах, лотках, м	0,2-0,4
2	Температура воды, °С:	
	- при выращивании личинок	16-22
	- при выращивании мальков	20-24
3	Продолжительность выращивания молоди до массы 3 г, сут.	30-40
4	Отход за период выращивания, %	50*
5	Кормовые затраты, ед.:	
	- по сухому комбикорму	0,8-1,2
	- по живым кормам (сухое вещество);	1,3-2,4
	- всего по кормам	2,1-3,6

Примечание: * – при условии использования биологических фильтров, средств обеззараживания воды отход снижается до 30%.

Использование высокобелковых продукционных комбикормов со специальными минерально-витаминными осетровыми премиксами (ПО-5, ВМП-ПО-5) обеспечивает высокий выход сеголетков, годовиков и двухлетков, оптимальный рост и устойчивость к прессу инвазионных заболеваний, поддерживает удовлетворительное физиологическое состояние.

Таблица 51

Состав питательных веществ продукционных кормов для осетровых рыб, %

Питательные вещества	ОТ-6	ОТ-7
Протеин	44-45	45-46
Жир	11-12	10-11
Углеводы	26-28	24-25

Для выращивания товарного бестера, стерляди применяют рецептуры влажных комбикормов на основе местного кормового сырья, например, КрасНИРХ, ВОРЗ и другие, в т.ч. колбасные корма, разработанные в АГТУ.

Для кормления осетровых рыб массой 3 г – 1,5 кг рекомендуется использовать крупную крупу и гранулы следующих размеров (табл. 52).

Количество кормлений в сутки для рыб массой 3–500 г составляет 6–4 раз, для рыб массой 500–1500 г – 5–4 раза (ручным способом). С применением автоматических кормораздатчиков кратность кормления составляет 12 раз в сутки, или дача корма может быть непрерывной.

Таблица 52

**Размер крупки и гранул производственного комбикорма
для осетровых рыб**

Масса тела рыб, г	Размеры гранул, мм
3-10	1,5-2,5
10-30	3,0-3,5
30-50	3,5-4,5
50-250	6,0-8,0
250-500	6,0-8,0
500-1500	6,0-8,0

Суточные нормы кормления осетровых рыб юга России производственными кормами представлены в таблице 53.

Таблица 53

**Суточные нормы кормления осетровых рыб
производственными комбикормами**

Масса тела, г	Суточная норма, % в зависимости от температуры воды			
	12-17°C	17-20°C	20-24°C	24-27°C
3-50	8-6	10-5	10-8	8-6
50-100	4	5-4	5	3-4
150-200	3	5-4	5	3-4
200-250	3	4-3	4	3-2
250-300	3	4-3	4	3-2
350-400	2	4-3	4	3-2
450-500	2	3	4	3-2
500-800	1,5	2,0	3,0	1,0
800-1500	1,5	2,0	3,0	1,0

Кормление амурского осетра и калуги от массы 10 г (в садках) производится модифицированной рецептурой корма 12-80М, в котором часть традиционных компонентов заменена на крабовую и водорослевую муку. Суточные нормы кормления амурских осетровых в садках разработаны для температурного диапазона 5–32°C (табл. 54, 55).

Таблица 54

Нормы кормления амурского осетра продукционным кормом 12-80М, в зависимости от температуры воды и массы тела, % от массы тела

Температура воды, °С	Масса рыбы, г			
	10-20	20-50	50-100	100-150
5-10	2,0	1,7	1,4	0,8
10-15	3,3	2,4	2,1	1,6
15-18	7,8	6,2	5,0	3,5
18-21	10,0	8,0	6,3	3,8
21-24	12,0	10,0	7,0	4,2
24-26	11,0	9,5	6,5	3,8
26-29	8,0	7,0	5,0	3,58
29-32	6,0	5,0	4,0	3,0

Таблица 55

Нормы кормления калуги в садках продукционным кормом 12-80М, в зависимости от температуры воды и массы тела, % от массы тела

Температура воды, °С	Масса рыбы, г				
	10-20	20-50	50-100	100-150	150-300
5-10	2,0	1,6	1,2	0,6	0,3
10-15	3,2	2,2	1,5	0,9	0,7
15-18	7,5	6,0	5,0	3,0	2,5
18-21	8,0	7,0	5,5	3,5	3,0
21-24	9,0	8,0	6,0	3,8	3,2
24-26	11,0	9,0	6,5	4,0	3,6
26-29	9,0	7,0	5,0	3,5	3,2
29-32	8,0	6,0	4,3	3,2	2,8

Кормление осетровых рыб массой свыше 500 г производится по нормам, представленным в таблице 56.

**Суточные нормы кормления товарной рыбы
продукционными комбикормами**

Масса тела, г	Суточная норма, % в зависимости от температуры воды		
	12-17°C	17-20°C	20-24°C
500-800	1,5	2	3
800-1000	1,5	2	3
1000-1200	1,5	2	3
1200-1500	1,5	2	3

В условиях УЗВ при постоянном температурном режиме (20–22°C) темп роста осетровых весьма высокий (исключение составляют стерляди). Учеными ЮНЦ РАН (Матишов, Пономарева, 2008) установлено, что у рыб массой свыше 3 г и более в УЗВ в течение суток наблюдаются пики пищевой активности: между 5:00 и 8:00, а также между 18:00 и 20:00, однако все же лучше осетровые питаются в утренние часы. Гибридные формы осетровых рыб в условиях постоянного температурного режима растут особенно интенсивно. При постоянной температуре 21–22°C за 9–12 месяцев гибриды бестера и стербела достигают массы 1,5–1,2 кг.

Суточная норма потребления живых кормов при выращивании в УЗВ рассчитывается в соответствии с планируемым приростом и кормовым коэффициентом потребляемых организмов (науплии артемии – 2–4 ед., дафнии – 6 ед., олигохеты – 2 ед.). Для кормления подращенной молоди можно использовать червя-трубочника, при этом крупные личинки могут потреблять целых червей. Суточные дозы кормления составляют от 20 до 30% от массы личинок.

Скорость переваривания олигохет и артемии у русского осетра в 1,5 раза ниже, чем у севрюги при одной и той же температуре. В среднем у осетра этот процесс происходит за 5–6 часов, поэтому суточную дозу для осетра можно давать в 4 приема, для севрюги – от 6 до 8. Суточная норма олигохет составляет: для осетра 40–50% и для севрюги – 25–30% от массы личинок. Рубленые олигохеты лучше всего разводить водой в определенном объеме, рассчитанном, соответственно, по количеству молоди в бассейне. Обычно при полноценном питании (качество и

количество) личинки осетра за 5–6 суток достигают массы 80–90 мг, у севрюги за тот же период – 50–60 мг (в целом темп роста севрюги ниже, чем у осетра).

В процессе подращивания необходимо контролировать плотность посадки и размерную структуру осетровых рыб в каждом бассейне. При достижении массы 0,2–0,3 г каждые 10 дней следует проводить сортировку молоди, выделяя три размерные группы: крупную, среднюю и мелкую. По достижении молодью возраста 2 месяца сортировку проводят по необходимости.

Длительное использование только живых кормов может существенно осложнить последующий переход молоди на искусственные корма (облегчить такой переход может одновременное использование нескольких видов живых кормов). Поэтому рекомендуется применять пылеобразные фракции сухих комбинированных кормов сразу при переходе на активное питание с постепенным повышением их доли в общем рационе. Первую неделю подращивания личинок (севрюги и стерляди до 60–75 мг, осетра до 80–100 мг) доля искусственных кормов в общем рационе должна составлять 70–80%, в последующем (до массы 1,5–2,5 г и возраста 40–45 сут.) – не менее 90–95%. Материалы по кормлению осетровых рыб даны по результатам исследований С.В. Пономарева и Н.А. Абросимовой.

Суточные нормы кормления комбинированными кормами рассчитываются на период 5–10 дней (в зависимости от возраста рыбы) с учетом температуры воды, средней массы молоди и ее количества. Определение средней массы производят один раз в пять суток, начиная с момента перехода на активное питание. Численность рыбы определяется с учетом погибшей. Кроме этого, в зависимости от массы молоди подбирают фракцию (размер крупки) стартовых кормов.

В настоящее время в России по заданию Росрыболовства АГТУ и ВНИИПРХ разработаны и действуют следующие рецепты сухих комбикормов для осетровых рыб, утвержденные в установленном в отрасли порядке:

- ОСТ- 6 – стартовый комбикорм для ранней молоди осетровых рыб с рыбным гидролизатом, разработан АГТУ, утвержден 15.01.2001 г. Со-

держит (%): сырой протеин – 51, сырой жир – 11, сырые углеводы – 18, сырая клетчатка – 1,5, ПНЖК ω 3 – 1,5–2, ПНЖК ω 6 – 1,0–1,5, минеральные вещества – 11. Уровень общей энергии составляет 13 МДж/кг;

- ОСТ-7 – стартовый комбикорм для ранней молоди осетровых рыб (гранулированный, экструдированный) массой до 3–5 г с рыбным гидролизатом, крабовой мукой, разработан АГТУ, утвержден 28.12.2006 г. Содержит (%): сырой протеин – 51, сырой жир – 9, сырая клетчатка – до 1,5, минеральные вещества – до 12. Общая энергия равна 13 МДж/кг;

- ОСТ-8 – стартовый комбикорм для осетровых рыб массой до 3–5 г (гранулированный, экструдированный) с рыбным гидролизатом, крабовым жиром. Утвержден 28.12.2006 г. Содержит (%): сырой протеин – 51, сырой жир – 9, сырая клетчатка – до 1,5, минеральные вещества – 11. Разработан в АГТУ;

- ОТ-7 – производственный комбикорм для осетровых рыб (для товарной рыбы, РМС) массой от 3 г и более с кукурузным глютенем (гранулированный, экструдированный). Содержит (%): сырой протеин – 45, сырой жир – 11, сырые углеводы – 24, сырая клетчатка – до 2, ПНЖК ω 3 – 1,3–1,8, ПНЖК ω 6 – 0,8–1,0, минеральные вещества – 10. Общая энергия равна 12 МДж/кг. Разработан АГТУ, утвержден 15.01.2001 г.;

- ОТ-9 – специальный производственный комбикорм для предупреждения заболевания осетровых рыб лордозом и сколиозом. Содержит (%): сырой протеин – 44, сырой жир – 12, сырая клетчатка – до 2,5, сырые углеводы – до 24. Общая энергия – 12 МДж/кг. Разработан АГТУ, утвержден 28.12.2006 г.

Кроме этих комбикормов, ранее разработаны рецепты кормов ОСТ-4 (АГТУ), ОСТ-5, ОТ-5 (АГТУ, БИОС), рецепты которых устарели. Требуют переработки.

Для всех осетровых кормов (сухих и влажных) НТЦ «Астаквакорм», АГТУ разработаны витаминно-минеральный (ВМП ПО-5) и витаминный премикс (ПО-5), содержащие 16 витаминов и витаминоподобных веществ, а также антиоксидант и наполнитель. Рецептуры утверждены в отрасли к внедрению 15.01.2001 г.

Комбикорма ОСТ-4, ОСТ-7, ОСТ-8, ОТ-7, ОТ-9, премиксы ПО-5, ВМП ПО-5 имеют патентную защиту (патентообладатель АГТУ).

ВНИИПРХ разработан новый эффективный комбикорм для производителей осетровых рыб РГМ-9ПО, в состав которого входит мука рыбная, мука кровяная, витазар, шрот соевый, сухое молоко, кукурузный глютен, дикальцийфосфат, рыбий жир, премикс. Он содержит 52% протеина, 12% жира, не более 1,5% клетчатки и не менее 3840 ккал обменной энергии. Для кормления производителей и ремонтно-маточных стад осетровых рыб используются также влажные комбикорма ВОРЗ-2 (для ремонтной группы осетровых), ВОРЗ-3 (для производителей осетровых), ВОРЗ-Ст (для ремонтной группы и производителей стерляди).

Для кормления осетровых многие хозяйства используют комбикорма импортного производства, например, Крафт Фруттенверк (Германия), Аллер-Аква, Биомар (Дания), Аквалент (Германия) и др. Следует осторожно относиться к высокожирным кормам, особенно при выращивании рыбы при высоких температурах воды (24–27°C).

7.4. Кормление угря

При любом способе выращивания угря успех зависит от кормления. Угорь – типичный хищник, поэтому корма должны содержать большое количество компонентов животного происхождения. Основу рациона составляет комбикорм (60–70%) и свежая рыба. В состав комбикорма входит: 70% рыбной муки, 20% крахмала, 10% премикса. Комбикорм замешивают до тестообразного состояния и закладывают в аэрокормушки, расположенные на поверхности воды. При кормлении рыбой ее сначала размораживают, затем связывают в пучки по 10–20 кг и опускают в места кормления. Угорь объедает мышцы рыб, оставляя скелет. Места кормления следует затенять.

Кормление угря в прудах начинают при температуре воды выше 12°C. Молодь кормят 2–3 раза в день. На втором году жизни угря в прудах кормят 1 раз в сутки. Рацион составляет 3–6% от массы тела.

При выращивании угря в системе замкнутого водоснабжения рекомендуется применять сухие комбикорма. Для крупной рыбы возможно применение кормов типа ЛК-5, РГМ-6М, изготовленных с обязательным введением не менее 20% соевого шрота; желательно добавление

5% крилевой муки и 1–2% рыбьего жира. Кормление стекловидного угря осуществляется 12 раз, кормовые затраты 1–1,8. При выращивании угря до массы 10 г кормление осуществляют 12 раз в сутки; суточный рацион – 3–5% от массы рыбы. Кормовые затраты 1,5 ед. В дальнейшем норма кормления снижается до 2–4% от массы тела, затраты корма 1,6. Рекомендуемые соотношения между массой угря и размером крупки комбикорма представлены в таблице 57.

Таблица 57

**Рекомендуемые соотношения между массой угря и
размером частиц сухого комбикорма**

Масса рыбы, г	Тип корма и размер, мм
0,2-0,5	крупка 0,4-0,6
0,5-1,0	крупка 0,6-1,5
1,0-10,0	крупка 1,5-2,5
10,0-50,0	гранулы 2,0-3,2
50,0 и выше	гранулы 3,0-4,0

7.5. Кормление лососевых

Кормление лососевых рыб следует начинать с личиночного периода развития, при рассасывании желточного мешка на 30–50% от начальной величины. Личинки к этому времени поднимаются на плав, проявляют положительный фототаксис и пищевой поисковый рефлекс. Кормление следует проводить стартовыми гранулированными комбикормами (табл. 58).

Стартовые комбикорма РГМ-6М и С-112-лат предназначены для выращивания молоди стальноголового лосося, радужной форели и форели Дональдсона до массы 5 г; ЛК-5С – для личинок и молоди атлантического лосося до массы 2 г; ЛК-5П – для атлантического лосося массой от 2 до 30 г; РГМ-8М – для атлантического лосося от личинки до смолта; РГМ-9М, ЛС-НТ – для выращивания тихоокеанских лососей до стадии смолта.

Для личинок и мальков дальневосточных лососей рекомендуется стартовый корм рецепта ЛС-НТ, разработанный С.В. Пономаревым. В отличие от комбикормов, для других видов лососевых рыб данный корм характеризуется меньшим содержанием липидов (в пределах

8–11%) при относительно высоком уровне протеина – 53–55%, а также включает повышенные дозы витаминов. Производство стартового комбикорма ЛС-НТ было организовано в промышленных масштабах на специализированных линиях Сахалинрыбвода (о. Сахалин) и в ТИПРО-центре (г. Владивосток) для обеспечения потребностей рыбободных заводов по воспроизводству дальневосточных лососей. По рыбободно-биологической эффективности этот комбикорм не уступает зарубежным аналогам, хотя выпуск отечественной продукции осуществляется по технологии сухого прессования, тогда как импортные корма вырабатываются по технологии экструдирования.

Таблица 58

Рецепты стартовых комбикормов для лососевых рыб

Компоненты	РГМ-6М	РГМ-8М	ЛС-НТ	С-112-Лат	ЛК-5С	ЛК-5П
Мука рыбная	48	48	65	42	50	42
Мука крилевая	-	-	5	-	-	-
Мука мясокостная	5	5	-	-	13	13
Мука кровяная	5	5		8	10	7
Витагар	-	-	10	-	-	-
Мука водорослевая	1	1	3	5	-	-
Шрот соевый	16	16	-	-	-	7
Сухой обрат	5,5	5,5	4	7	10	10
Дрожжи	6,0	6,0	3	10	7,8	9,8
Мука пшеничная	5,3	1,3	-	7,2	-	-
Жир рыбий	7,0	11,0	7	7,0	4,0	5,0
Премикс ПФ-3В	1	1	3	2	2	1
Холин-хлорид	0,2	0,2	-	0,2	0,2	0,2
Минеральная добавка	-	-	-	0,6	0,2	0,2
Линетол	-	-	-	-	3,0	3,0
Мел						
Поваренная соль	-	-	-	-	-	1

Ряд зарубежных компаний («Биомар», «Аллер Аква») рекомендуют для ранних стадий выращивания молоди лососевых рыб стартовые корма,

которые содержат 60–65% протеина и 12–16% жира, созданные на основе высокопитательной рыбной муки низкотемпературной сушки (ЛТ- 94).

Также для форели используются комбикорма АК-1ФС, АК-6ММ для выращивания до массы 10–15 г. Комбикорм АК-1ФС состоит из следующих компонентов: мука рыбная, мука кровяная, витазар, рыбий жир, премикс ПФ-3В; АК-6ММ: мука рыбная, мука кровяная, шрот соевый, дрожжи, пшеница, рыбий жир, премикс ПФ-3В. Показатели качества этих кормов представлены в таблице 59.

Таблица 59

Показатели качества стартовых комбикормов

Показатели	АК-1ФС	АК-6ММ
Обменная энергия не менее, ккал/кг	3800	3650
Сырой протеин не менее, %	53	50
Лизин не менее, %	3,3	3,2
Метионин+цистин не менее, %	2,0	1,8
Сырой жир не менее, %	13	12
Клетчатка не более, %	1,5	2,0
Фосфор не менее, %	0,8	0,8
Зола не более, %	10	10

Кормление лососевых рыб следует проводить по определенным нормам, соответствующим уровню оптимальной потребности с учетом рыбоводно-экономической эффективности. Следует ориентироваться на точный расчет необходимой нормы с учетом размера и возраста рыбы, температуры воды и калорийности пищи. Для определения суточных норм кормления следует использовать специальные кормовые таблицы.

Для молоди форели массой до 5 г (от личиночного периода развития) следует применять таблицу суточных норм кормления стартовыми кормами (типа РГМ-6М /АК-1ФС или АК-6ММ) (табл. 60).

Сухой гранулированный корм можно раздавать вручную или с помощью механических кормораздатчиков путем разбрасывания по поверхности воды небольшими порциями. Эффективность использования корма существенно зависит от частоты раздачи: чем мельче рыба, тем чаще ее следует кормить. Необходимо ориентироваться на следующую частоту раздачи:

Масса рыбы, г	Количество кормлений в сутки
до 0,2	12
0,2-1,0	10
1,0-2,0	9
2,0-5,0	8
5,0-15,0	8
15-50	6
более 50	4

Таблица 60

**Суточная норма кормления ранней молоди радужной форели,
стальноголового лосося и форели Дональдсона
стартовым комбикормом**

Температура воды, °С	Масса молоди, г		
	до 0,2	0,2-2,0	2,0-5,0
2	2,7/3,7	2,3/3,2	1,8/1,8
3	2,9/3,9	2,4/3,4	1,9/1,9
4	3,2/4,2	2,6/3,7	2,1/2,1
5	3,4/4,5	2,8/4,0	2,3/2,3
6	3,7/4,8	3,1/4,3	2,5/2,5
7	4,0/5,2	3,3/4,6	2,7/2,7
8	4,4/5,7	3,6/5,0	2,9/2,9
9	4,7/6,1	3,9/5,4	3,2/3,2
10	5,1/6,5	4,4/5,9	3,4/3,4
11	5,6/7,0	4,7/6,4	3,8/3,8
12	6,0/7,5	5,0/6,9	4,1/4,1
13	6,5/8,0	5,5/7,4	4,4/4,4
14	7,0/8,6	5,9/7,8	4,7/4,7
15	7,5/9,0	6,3/8,1	5,1/5,0
16	8,0/9,4	6,7/8,3	5,4/5,3
17	8,6/9,6	7,1/8,5	5,8/5,5
18	9,1/9,8	7,6/8,7	6,2/5,7
19	9,6/10	8,1/8,9	6,6/5,8
20	10,1/10,2	8,4/9,0	7,1/5,9

Суточные нормы кормления атлантических и тихоокеанских лососей стартовыми кормами представлены в таблицах 61 и 62.

Таблица 61

Суточные нормы кормления молоди атлантического лосося сухими комбикормами, % от массы тела

Т°С	Масса рыбы, г				
	0,2-0,5	0,5-2,0	2,0-5,0	5,0-15,0	Более 15
1	2	3	4	5	6
2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
3	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2
4	1,1	1,0	0,8	0,7	0,4
5	1,5	1,4	1,2	0,9	0,6
6	2,0	1,7	1,6	1,2	0,8
7	2,4	2,2	1,8	1,4	0,9
8	2,8	2,5	2,2	1,7	1,1
9	3,3	2,9	2,5	1,9	0,2
10	3,7	3,3	2,8	2,2	0,4
11	4,1	3,6	3,1	2,5	0,5
12	4,5	4,0	3,5	2,7	0,7
13	4,9	4,4	3,8	3,0	0,8
14	5,4	4,8	4,1	3,3	2,0
15	5,8	5,1	4,4	3,5	2,1
16	6,2	5,5	4,7	3,8	2,3
17	6,7	5,9	5,1	4,0	2,4
18	7,1	6,3	5,4	4,3	2,6
19	7,5	6,6	5,7	4,5	2,7
20	7,9	7,0	6,1	4,8	2,9
21	8,4	7,4	6,4	5,0	3,1
22	8,8	7,7	6,7	5,3	3,3

Таблица 62

**Суточные нормы кормления молоди тихоокеанских лососей,
% от массы тела**

Т°С	Масса рыбы, г						
	До 0,3	0,3-0,8	0,8-2,0	2,0-5,0	5,0-12,0	12,0-25,0	25,0-40,0
2	2,2	2,0	1,8	1,4	1,2	1,0	0,7
3	2,3	2,2	1,9	1,5	1,3	1,0	0,7
4	2,6	2,4	2,1	1,7	1,4	1,1	0,8
5	2,8	2,6	2,2	1,8	1,5	1,2	0,9
6	3,0	2,7	2,5	2,0	1,7	1,4	1,0
7	3,2	3,0	2,6	2,2	1,9	1,5	1,1
8	3,5	3,4	2,9	2,4	2,1	1,6	1,2
9	3,8	3,5	3,1	2,6	2,2	1,7	1,3
10	4,1	3,9	3,5	2,7	2,4	1,8	1,4
11	4,5	4,3	3,8	3,0	2,6	2,0	1,5
12	4,8	4,6	4,0	3,3	2,8	2,2	1,6
13	5,2	5,0	4,4	3,5	3,0	2,3	1,7
14	5,6	5,4	4,7	3,8	3,4	2,5	1,8
15	6,0	5,9	5,0	4,1	3,7	2,7	2,0
16	6,4	6,2	5,4	4,3	4,1	3,0	2,1
17	6,8	6,6	5,7	4,6	4,4	3,3	2,2
18	7,3	7,0	6,1	5,0	4,8	3,5	2,4

Рекомендуемые соотношения между размерами крупки и массой лососевых рыб представлены в таблице 63.

Таблица 63

**Рекомендуемые соотношения между размером крупки
и массой лососевых рыб**

Масса рыбы, г	Размер крупки, мм
до 0,2	0,2-0,6 или 0,4-0,6
0,2-1,0	0,6-1,0
1-2	1-1,5
2-5	1,5-2,5

Для выращивания товарной форели и лососей применяют продукционные комбикорма, отличающиеся меньшим уровнем протеина, энергии и более низкой стоимостью (табл. 64).

Таблица 64

Рецепты продукционных комбикормов для лососевых рыб, %

Компоненты	РГМ-5В	РГМ-8В	114-10	Р-3а	114 Лат-12	ЛК-5
Мука рыбная	45	20	45	15	20	38
Мука мясокостная	8,6	6	13	2	5	6
Мука кровяная	3	-	-	3	2	8
Мука водорослевая	1	1	-	1	-	3
Мука травяная	4,2	-	-	1	5	-
Мука из куколки тутового шелкопряда	-	-	-	-	10	-
Азотистые отходы	-	-	-	-	20	-
Дрожжи	3,8	8	15	10	10	10
Шрот соевый	6,6	26	-	-	10	14
Шрот подсолнечниковый	-	25	-	54	-	-
Пшеничная мука	16,7	7,8	21	5,3	12	-
Меласса	-	-	3	-	2	-
Сухой обрат	7	-	-	-	-	10
Масло растительное	3	5	-	6	4	-
Фосфатиды	-	-	3	-	-	5
Премикс	1	2	1	1	2	1
Мел	-	-	-	-	-	1
Ходин-хлорид	0,1	0,2	-	-	-	-
Линетол	-	-	-	-	-	3
Лизин	-	-	-	1,4	-	-
Метионин	-	-	-	0,3	-	-
<i>Показатели качества комбикорма</i>						
Энергия, МДж/кг					10,6	11,2
Протеин	40-41	39	43	40	40	40
Жир	7-8	7-8	7-8	8	7	7
Минеральные вещества	10-13	9-12	11-14	10-12	10-12	10-12
Клетчатка	2	4	3	4	3	3

Для лососевых рыб, в особенности для форели, доказана высокая эффективность применения экструдированных кормов. Основным их отличием является насыщенность гранул (экструдатов) воздухом, низкий удельный вес и способность плавать на поверхности воды значительное время. Для кормления форели массой свыше 10–15 г используют производственные экструдированные корма РГМ-1ФЭМ, РГМ-1ФП, а для рыбы массой свыше 50 г – РГМ-2ФП (табл. 65). Размер гранул комбикормов – от 3 мм и выше.

Комбикорма состоят из следующих компонентов: мука рыбная, шрот соевый, дрожжи, пшеница, рыбий жир, премикс ПФ-3В.

Таблица 65

Показатели качества стартовых комбикормов

Показатели	РГМ-1ФЭМ	РГМ-1ФП	РГМ-2ФП
Обменная энергия не менее, ккал/кг	3730	3780	3570
Сырой протеин не менее, %	42	45	40
Лизин не менее, %	2,4	2,4	2,1
Метионин+цистин не менее, %	1,3	1,3	1,2
Сырой жир не менее, %	14	14	13
Клетчатка не более, %	3,0	2,0	3,0
Фосфор не менее, %	0,8	0,8	0,8
Зола не более, %	10	10	10

Применение экструдированных кормов при выращивании форели в садках снижает кормовые затраты на 15–20%, в бассейнах – на 30–40%.

Суточные нормы кормления форели гранулированным и экструдированным производственными кормами представлены в таблицах 66, 67.

Таблица 66

**Суточная норма кормления радужной форели
производственным гранулированным кормом**

Т, °С	Масса рыбы, г							
	5-12	12-25	25-40	40-60	60-100	100-150	150-200	Более 200
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1,5	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5

3	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
4	1,8	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
5	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
6	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8
7	2,3	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9
8	2,6	2,0	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
9	2,8	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
10	3,0	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2
11	3,3	2,5	2,0	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3
12	3,5	2,7	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4
13	3,8	2,9	2,4	2,2	1,9	1,8	1,6	1,5
14	4,2	3,1	2,5	2,3	2,1	2,0	1,7	1,6
15	4,6	3,4	2,8	2,5	2,2	2,1	1,8	1,7
16	5,1	3,9	3,1	2,7	2,4	2,2	2,1	1,9
17	5,5	4,1	3,4	2,8	2,6	2,3	2,2	2,1
18	6,0	4,4	3,5	3,0	2,7	2,4	2,3	2,2
19	6,1	4,6	3,6	3,1	2,7	2,6	2,4	2,3
20	6,3	4,7	3,7	3,2	2,8	2,6	2,5	2,4

Таблица 67

**Суточная норма кормления радужной форели
продукционным экструдированным кормом**

Т°С	Масса рыбы, г					
	5-10	10-40	40-100	100-200	200-1000	Более 1000
2	1,5	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
3	1,6	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4
4	1,8	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5
5	2,0	1,4	1,1	0,9	0,6	0,5
6	2,2	1,5	1,2	1,0	0,7	0,6
7	2,4	1,6	1,3	1,1	0,8	0,6
8	2,6	1,8	1,4	1,2	0,9	0,6
9	2,8	1,9	1,5	1,3	1,0	0,7

10	3,0	2,1	1,6	1,4	1,1	0,7
11	3,2	2,2	1,7	1,5	1,2	0,8
12	3,5	2,4	1,9	1,6	1,3	0,9
13	3,7	2,5	2,0	1,7	1,4	0,9
14	4,1	2,7	2,1	1,8	1,5	1,0
15	4,5	2,9	2,2	1,9	1,6	1,0
16	4,8	3,2	2,4	2,1	1,7	1,1
17	5,0	3,4	2,6	2,2	1,8	1,2
18	5,2	2,6	2,7	2,3	1,9	1,2
19	5,3	2,7	2,8	2,4	1,9	1,2
20	5,4	3,8	2,9	2,4	1,9	1,2

Примечание: в зависимости от состояния рыбы, ее активности и условий содержания величина суточного рациона может колебаться в пределах $\pm 10\%$ от значения, указанного в таблице.

Форель массой 5–15 г следует кормить не реже 8 раз в день, массой 15–50 г – 6 раз, массой более 50 г – 4 раза. При использовании кормораздатчиков частота кормления увеличивается.

Рекомендуемые соотношения между размером гранул и массой рыбы представлены в таблице 68.

Таблица 68

**Рекомендуемые соотношения между размером
гранул и массой форели**

Масса рыбы, г	Размер крупки, мм
15-50	2,5-3,2
50-200	4-5
200-1000	6-7
более 1000	8-9

Комбикорм РГМ-8ПК для производителей форели имеет следующий состав (в %): мука рыбная – 40,4, мука крилевая – 20 (допускается замена на рыбную муку), мука мясокостная – 8,6 (допускается замена на крилевую муку), мука кровяная – 3 (допускается замена на кормовые

дрожжи), мука водорослевая – 2,6, обрат сухой – 7 (допускается замена на 5% рыбной муки и 2% соевого шрота), пшеница – 5, дрожжи – 3, шрот соевый – 6,6, масло растительное – 2,6 (допускается замена на рыбий жир), премикс ПФ-4П – I (допускается замена на 2% премикса ПФ-2В с уменьшением количества водорослевой муки на 1%), холин-хлорид – 50% – 0,2. Корм содержит около 50% протеина, 10% жира, 16% углеводов и 13 Мпж/кг обменной энергии.

Премикс ПФ-4П отличается повышенным содержанием витаминов Е, А и С в связи с особенностями генеративного обмена рыб. Комбикорм выпускается в виде гранул. Кормовой коэффициент не более 2.

Диаметр гранул комбикорма РГМ-8ПК должен составлять 6–9 мм. Суточный рацион устанавливается в зависимости от температуры воды (табл. 69).

Таблица 69

Суточная норма кормления производителей, % к массе тела

Вид рыбы	Температура воды, °С		
	5-10	10-15	15-20
Радужная форель и стальноголовый лосось	1,3	1,8	2,2
Форель Дональдсона	1,6	2,2	2,7

7.6. Кормление сиговых

Комбикорма для сиговых рыб разрабатывались ГосНИОРХ (МС-84) и ВНИИПРХ. Материалы по кормам и кормлению сиговых рыб даны по данным С.В. Пономарева.

Выращивание личинок, мальков и сеголетков сиговых рыб основывается на применении сухого гранулированного корма, отвечающего потребности рыб в питательных веществах на различных стадиях развития.

Наиболее высокие требования предъявляются к комбикормам для личинок сиговых, не обладающих достаточным количеством и активностью пищеварительных ферментов при начальной массе тела 7–15 мг.

По завершении личиночного и наступлении малькового периода жизни в возрасте 20–30 суток при массе тела 25–50 мг появляется возможность применять стандартные комбикорма для проходных лососевых рыб.

Стартовый комбикорм для личинок сиговых рыб отличается своеобразным качественным составом. Его протеин имеет повышенную доступность (табл. 70).

Таблица 70

**Стартовый комбикорм для личинок (РГМ-СС)
и молоди (РГМ-ПС) сиговых рыб, %**

Компоненты	РГМ-СС	РГМ-ПС
Мука рыбная	19-30	31,5-50
Крилевая	0-10	0-10
Пшеничная	0-5	5-13
Водорослевая	-	1-2
Обрат сухой	5-8	5-10
Дрожжи этаноловые	0-50	5-15
Кормовой рыбный белок (КРБ), гидролизат	8-10	10-15
Метионин	1,5	-
Жир рыбный	7	7-10
Премикс ПФ-1М	1,5	1,5
<i>Показатели качества</i>		
Протеин не менее	50	45
Жир	9	8
Минеральные вещества	12	13
Энергия, МДж/кг	12-13	11-12

С начала личиночного периода следует использовать комбикорм РГМ-СС на протяжении 25–50 суток выращивания, затем применяют стартовый комбикорм РГМ-ПС. Известны корма ГосНИОРХ: ЛС-01 (для личинок) и МС-84 (для мальков и сеголетков). Стартовые комбикорма РГМ-СС и РГМ-СП предназначены для выращивания молоди сиговых рыб (пелядь, чир, озерный сиг и др.), а также их гибридов с начала внешнего питания при отсутствии естественной пищи. Принципиально новый подход в разработке этих кормов, с учетом физиолого-биохимических свойств пищеварительной системы личинок и молоди рыб и субстратной специфики подбираемых компонентов, позволил получить

высокоэффективные корма повышенных продукционных свойств. Стартовый искусственный комбикорм для личинок отличается улучшенным качественным составом, его протеин имеет повышенную доступность.

Стартовый комбикорм для сиговых рыб производят в виде крупки (частиц многоугольной формы). Размер крупки должен соответствовать массе выращиваемой рыбы (табл. 71).

Таблица 71

Размер крупки и гранул в зависимости от массы тела молоди сиговых рыб

Масса молоди, г	Размер частиц корма, мм		Номер крупки и гранул
	крупка	гранулы	
до 0,02	0,1-0,2	-	1
0,02-0,2	0,2-0,4	-	2
0,2-1	0,4-0,6	-	3
1-3	0,6-1	-	4
3-7	1-1,5	-	5
7-10	1,5-2,5	-	6
10-20	-	3,2	7
более 20	-	4,5	8

Периодичность кормления личинок и ранних мальков сиговых — через 0,5–1,0 ч в светлое время суток. Корм вручную или с помощью механических кормораздатчиков разбрасывается по поверхности воды.

Активность питания и активный пищевой рефлекс в начале кормления низкий. Личинки захватывают частицы корма, находящиеся только в непосредственной близости к головной части.

При массе тела 10–12 мг личинки плавают сформировавшейся стаей, активность питания увеличивается. Частоту раздачи суточной нормы корма можно уменьшить до 10–12 раз.

По достижении малькового периода развития в возрасте 15–25 суток отмечается максимальная активность питания и утилизация корма. Время наступления этого периода зависит от температуры воды, видовой принадлежности сиговых, условий выращивания и питательности корма.

Кормление личинок, мальков и сеголеток следует производить по определенным нормам в зависимости от массы тела и температуры воды (табл. 72). Первые 10 дней пищевая реакция личинок еще низкая и потери комбикорма велики. Суточную норму в этот период следует увеличить на вероятную величину потерь, которая составляет до 30% раздаваемого корма.

Таблица 72

Суточная норма кормления личинок, мальков и сеголеток сиговых рыб сухим гранулированным кормом, % к массе тела

T, °C	Масса молоди, г									
	до 0,02	0,02-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5-1,0	1-2	2-5	5-12	более 12
2	14,0	9,4	7,8	5,2	3,9	2,7	2,3	1,8	1,5	0,9
3	15,2	10,1	8,4	5,6	4,2	2,9	2,4	1,9	1,6	1,0
4	16,7	11,2	9,3	6,2	4,6	3,2	2,6	2,1	1,8	1,2
5	17,8	11,9	9,9	6,6	4,8	3,4	2,8	2,3	1,9	1,3
6	19,4	13,0	10,8	7,2	4,9	3,7	3,1	2,5	2,2	1,4
7	21,1	14,0	11,7	7,8	5,4	4,0	3,3	2,7	2,3	1,5
8	22,7	15,1	12,6	8,4	6,3	4,4	3,6	2,9	2,6	1,6
9	24,3	16,2	13,5	9,0	6,7	4,7	3,9	3,2	2,8	1,8
10	26,5	17,6	14,7	9,8	7,3	5,1	4,4	3,4	3,0	1,9
11	28,6	19,1	15,9	10,6	7,9	5,6	4,7	3,8	3,3	2,0
12	30,8	20,5	17,1	11,4	8,5	6,0	5,0	4,1	3,5	2,1
13	33,5	22,3	18,6	12,4	9,3	6,5	5,5	4,4	3,8	2,4
14	36,2	24,1	20,1	13,4	10,1	7,0	5,9	4,7	4,2	2,5
15	38,9	25,9	21,6	14,4	10,8	7,6	6,3	5,1	4,6	2,8
16	41,6	27,7	23,1	15,5	11,5	8,0	6,7	5,4	5,1	3,1
17	44,8	29,9	24,9	16,6	12,4	8,6	7,1	5,8	5,5	3,4
18	47,5	31,7	26,4	17,6	13,2	9,1	7,6	6,2	6,0	3,5
19	50,2	33,5	27,9	18,7	13,9	9,6	8,1	6,6	6,1	3,6
20	53,5	35,6	29,7	19,8	14,9	10,1	8,4	7,1	6,3	3,7

Это избыточное кормление, компенсирующее потери, требует соответствующего повышения затрат, однако эти затраты оправданы повышением скорости роста и выживаемости молоди.

По завершении личиночного периода развития суточную норму снижают до предусмотренной в кормовой таблице.

Для повышения эффективности кормления личинок, особенно в первые дни, можно добавлять организмы зоопланктона в количестве 20% основного рациона (науплии артемии салина, моины, босмины, коловратки).

При выращивании молоди сиговых в сетчатых садках можно привлекать кормовые организмы с помощью подводных источников электрического света (60 ватт на 4 м²).

Таким путем можно сократить расход комбикорма на 20–25% в зависимости от количества и видового состава зоопланктона в водоеме и массы выращиваемой молоди.

7.7. Кормление креветок

Комбикорма для креветок в России не вырабатываются. За рубежом во многих странах, где имеются развитые креветочные фермы (Юго-Восточная Азия, Латинская Америка), вырабатываются высокоэффективные корма. Например, производители Латинской Америки способны изготовить корма соответствующего размера и состава с широким диапазоном размеров крупки, которая может использоваться для каждой стадии развития различных видов креветок. Корма изготавливаются на основе компонентов, произведенных, например, в Перу (рыбная мука, мука ракообразных, рыбий жир) (табл. 73).

Производимые компанией корма марки *Nicovita* характеризуются большим разнообразием: для начальных стадий развития креветок – от инкубатора до выращивания в лотках и бассейнах с акклиматизацией постличинок к различным системам и условиям. Более того, предлагаемые корма разработаны для различных методов выращивания креветок. Представленные корма сохраняют свое качество в течение длительного хранения.

Таблица 73

Корма для креветок марки Nicovita

Nicovita Корм	Протеин %	Масса креветок, г	Размер частиц, Мм	Частица, г	Продуктивность, кг/га (урожайность ·)
Стартовый корм					
PreCria, Лабораторный	40	PL2-PL15	0,20 до 0,30	1,000	лаборатория и бассейны
PreCria	40	PL10-PL15	0,30 до 0,80	4,500	акклиматизация, питомник и бассейны
PreCria	40	1-3	0,8 до 1,50	500	питомник и бассейны
Nuero KR -1	40	PL15 -3	0,3 до 1,50	800	питомник и бассейны
NueroKR – 2	40	3-7	2,0x2,0		
Экстенсивное выращивание					
Acafbado 25 %	25	более 6	2,5x7	30	1,500
Acafbado BD»	28	более 6	2,5x7	30	1,500
Полуинтенсивное выращивание					
Acafbado 25 % Plus	25	более 6	2,5x7	30	5,000
Acafbado	35	более 6	2,5x7	30	5,000 ·
Acafbado	40	Более 6	2,5x7	30	5,000
Интенсивное выращивание					
Acafbado Super Prime	35	более 6	2,0x4	50	12,000
Acafbado «А»	40	более 6	2,5x7	30	12,000 ·
Acafbado Plus	40	более 6	2,0x4	50	более 12,000

Корма специально разработаны для различных креветок и представлены несколькими типами, имеющими разный состав и энергетическую ценность.

Для эффективного развития креветок на первых этапах применяют-

ся стартовые корма. Эта категория кормов разработана для креветок массой до 1 г, от 1 г до 3 г, от 3 г до 6 г.

Для экстенсивного выращивания при продуктивности 1500 кг/га предлагаются производственные корма с длиной гранул 2,5 мм, диаметром 7,0 мм.

Для полуинтенсивного выращивания при продуктивности от 1500 до 5000 кг/га предлагаются производственные корма с длиной гранул 2,5 мм, диаметром 7,0 мм.

Для интенсивного выращивания при продуктивности биомассы более 12000 кг/га предлагаются производственные корма с длиной гранулы 2,5 мм, диаметром 7,0 мм.

Последняя категория корма в виде гранул большого размера производится при помощи новой малоизвестной современной технологии с применением кормовых компонентов естественного происхождения, данный корм отличается водоустойчивостью.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие комбикорма используются для кормления карпа в прудах?
2. Как определяют нормы кормления карпа в прудах?
3. Какие результаты выращивания дает кормление карпа зерном пшеницы и ячменя?
4. В каких условиях выращивания целесообразно использовать экструдированные комбикорма?
5. Какие корма используются для канального сома?
6. В какой период начинают кормление осетровых искусственными кормами?
7. Каковы различия в кормлении осетровых Нижней Волги и Амура?
8. Как осуществляется кормление угря?
9. Каковы особенности кормления лососевых рыб?
10. Какие особенности есть в кормлении сиговых рыб?

Глава 8.

Механизация процесса кормления рыб

Внедрение на современных рыбоводных предприятиях высокоинтенсивных технологий товарного выращивания рыбы и рыбопосадочного материала невозможно без специальной высокопроизводительной рыбоводной техники.

Техническое вооружение товарного рыбоводства с каждым годом неуклонно возрастает. Механизация и автоматизация производственных процессов в рыбоводстве должны способствовать повышению эффективности выращивания, соблюдению технологических норм (облов, сортировка), сокращению потерь корма (использование кормораздатчиков).

Для достижения наилучшей экономии при разведении рыбы кормление должно осуществляться соответствующим образом при соблюдении правильных норм. При использовании одного и того же корма в различных хозяйствах можно достичь разного эффекта. Существует два метода кормления рыб: ручное и автоматическое. Для автоматизации кормления применяют различные кормораздаточные механизмы (передвижные и стационарные).

Автоматическое кормление необходимо для исключения риска перекормливания и перерасхода корма и для кормления в нерабочие часы.

Передвижные кормораздатчики применяют в основном на больших водных площадях – в прудовых рыбоводных хозяйствах. При выращивании в бассейнах и садках используют в основном стационарные кормораздатчики.

Стационарные кормораздатчики подразделяются на автоматические и самокормушки. Автоматические кормораздатчики выдают корм по заданной программе (определенное количество, через определенные промежутки времени), используются для раздачи корма в садках, бассейнах, силосах. При использовании самокормушек (автокормушек) рыба может потреблять корм в любое время суток в соответствии с ее физиологической потребностью. Такой вид кормораздатчиков используется как на прудах, так и на садковых линиях и в бассейнах.

Сотрудниками ВНИИПРХ разработана клапанная кормушка (рис. 40). Принципиальное отличие этой кормушки заключается в дозирующем устройстве.

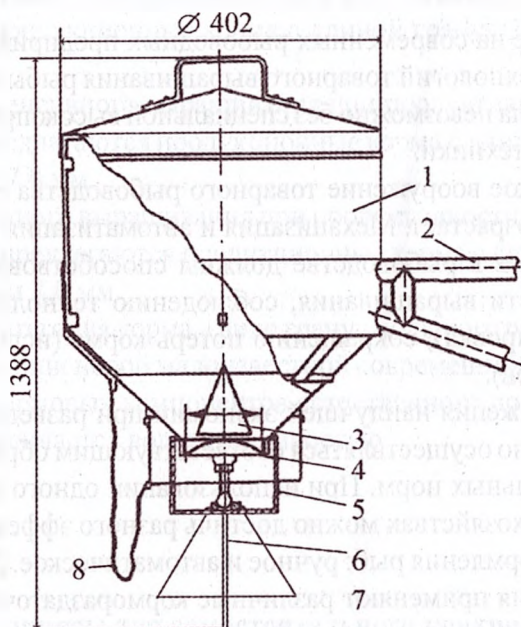


Рис. 40. Кормушка клапанная: 1 – бункер; 2 – кронштейн; 3 – разгрузочный конус; 4 – грибовидный клапан; 5 – кожух; 6 – стержень; 7 – отражатель; 8 – привязь

Оно состоит из грибообразного клапана, прикрывающего нижнее отверстие бункера, и стержня (маятника), жестко соединенного с клапаном. На конце стержня, находящегося в воде, прикреплена приманка, напоминающая по форме гранулу. При отклонении рыбой маятника клапан отодвигается в сторону, давая высыпаться определенной части корма. Величину разовой выдачи корма регулируют с помощью винта вертикального положения клапана.

Маятниковые автокормушки (самокормушки) приводятся в действие без использования электроэнергии и дозируют корм в том случае, когда рыба дотрагивается до маятника. Шнек, находящийся в толще корма, сбрасывает его маленькими порциями. В зависимости от потребности рыбы можно заполнять бункер большим количеством

корма (на несколько дней). Количество корма можно регулировать путем настройки. При использовании таких кормораздатчиков потери корма от размывания полностью исключаются. Существует множество конструкций таких самокормушек.

В рыбоводстве широко используются самокормушки типа «Рефлекс». В их основе лежит дозирующий корм механизм, разработанный В.В. Лавровским (МСХА). Он надежен в работе, выдает разные по размеру гранулы. Выдающий механизм состоит из столика-диска диаметром большим, чем отверстие бункера, и кольцевого сбрасывателя, жестко соединенного с маятником. Корм с диска сбрасывается в воду небольшими порциями под действием кольцевого сбрасывателя, являющегося продолжением рычага маятника. Количество выдаваемого корма регулируется изменением зазора между диском и нижним краем бункера. На базе этого механизма выпускается серия автокормушек как плавающих, так и стационарных.

Кормушка «Рефлекс-Т» имеет маятниковое устройство с бункером для хранения и раздачи корма. Нижнее отверстие конусообразного бункера открыто, а высыпанию корма препятствует специальный конус, образующийся на опорном диске. Корм с диска сбрасывается в воду небольшими порциями под действием кольцевого сбрасывателя, представляющего продолжение верхней S-образной части рычага маятника, подвешенного на поперечной планке при помощи шаровой опоры. Кольцевой сбрасыватель удерживается в толще конуса корма над диском при помощи ограничительного штыря. Кожух с вырезом для регулировки и чистки выдающего механизма защищает корм, находящийся на диске, от воздействия внешних условий.

Установка кормушки происходит с помощью крючков на специальном кронштейне. Уровень воды должен быть ниже поперечной планки с таким расчетом, чтобы вода при кормлении не попадала на выдающий механизм. Известны несколько типов таких кормушек.

Автокормушки «Рефлекс», модели АКМ-25, АКМ-35 (с одним маятником) и АКМ-25М (с четырьмя маятниками) предназначены для кормления рыб в садках, бассейнах. Изготовлены из ударопрочного полистирола (рис. 41).

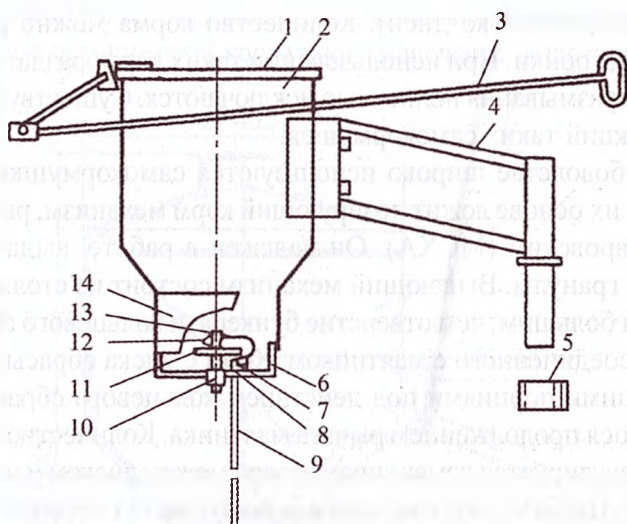


Рис. 41. Автокормушка «Рефлекс»: 1 – крышка; 2 – бункер; 3 – тяга для открывания крышки; 4 – кронштейн; 5 – опорный стакан; 6 – поперечина; 7 – винт; 8 – шаровая опора; 9 – маятник; 10 – гайка; 11 – столик; 12 – петлеобразный сбрасыватель гранул; 13 – оградительный штырь; 14 – влагозащитный кожух

Автокормушка «Рефлекс М-12-0,25» предназначена для кормления молоди карпа, форели и осетровых рыб в бассейнах. Автокормушка вмещает в себя 0,25 кг гранулированного корма и раздает его по потребности молоди.

Все конструкции самокормушек рассчитаны для кормления рыбы гранулированным комбикормом с разным размером гранул.

Для использования в промышленных хозяйствах разработаны различные приспособления для кормления рыбы. Среди них кормушка с приспособлением, препятствующим разбрасыванию рыбами корма. Кормушка состоит из платформы, выполненной в виде кольца с бортами конической формы и днищем, на котором закреплены гибкие элементы для удержания корма, ограждения, состоящего из двух в форме кольца лент и закрепленного над платформой с образованием зазора между ними и возможностью вертикального перемещения (рис. 42).

Все гибкие элементы выполнены в виде петель. Замкнутые кольца ограждения соединены между собой ребрами, длину которых необхо-

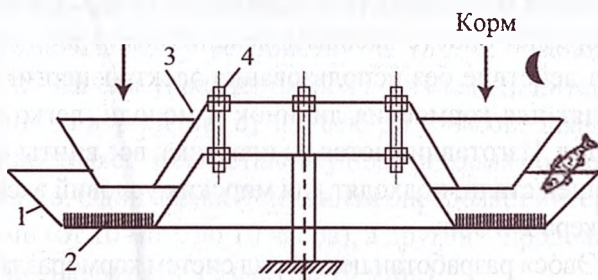


Рис. 42. Кормушка для рыб: 1 – платформа; 2 – гибкие элементы для удержания корма; 3 – ограждение; 4 – шпильки

димо брать по толщине тела самых крупных рыб. Ограждение из колец устанавливается концентрично с платформой и наклоном в противоположные стороны, создающим зазор. Данная кормушка рекомендуется для кормления пастообразным комбикормом.

Кормораздатчики могут быть вибрационные, механические, электрические.

Кормораздатчик Е2000 (ЕМФ) вибрационного типа. Управление кормлением осуществляется путем настройки продолжительности и интервалов кормления на устройстве управления. Подходит для гранулированного и измельченного комбикормов (0–7 мм). Емкость бункера 10, 20, 40, 60 кг (рис. 43).

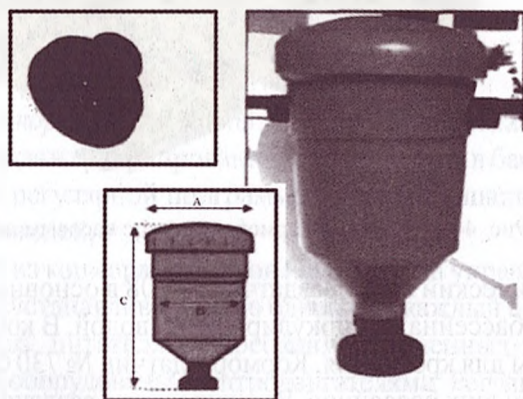


Рис. 43. Вибрационный кормораздатчик Е2000 (фирма ЕМФ)

Для кормления осетровых наиболее часто используются механические кормораздатчики (с часовым механизмом) (рис. 44), которые приводятся в действие без использования электроэнергии. Они идеально подходят для кормления личинок и молоди, легко чистятся и обслуживаются. Изготавливаются из пластика, все винты выполнены из нержавеющей стали, подходят для морских условий эксплуатации. Емкость бункера 2 и 3 кг.

Фирмой «Эвос» разработан целый ряд систем кормораздатчиков для различных условий. Лучшим кормораздатчиком для кормления ранней молоди является № 504 с приводом от синхронного электродвигателя. Этот кормораздатчик специально предназначен для кормов с высоким содержанием жира. Бункер кормораздатчика прозрачный. Норма выдачи корма может регулироваться, поэтому существует возможность присоединения 50 кормораздатчиков к одному автоматическому управляющему устройству. Подача корма легко регулируется поднятием и опусканием воронки с кормом.

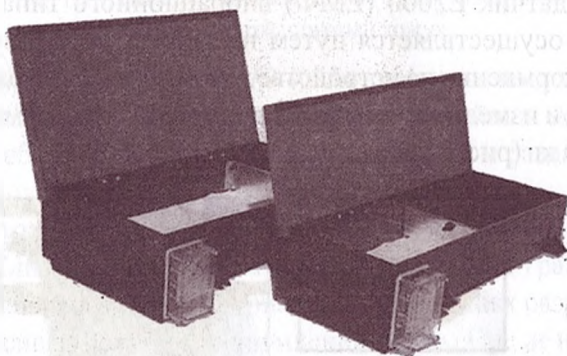


Рис. 44. Ленточный кормораздатчик с часовым механизмом

Автоматический кормораздатчик № 708 в основном используется в небольших бассейнах с циркулирующей водой. В комплект включены кронштейны для крепления. Кормораздатчик № 730 больше приспособлен для больших бассейнов. Регулирование раздачи корма осуществляется с помощью диска, вращающегося со скоростью 1 об./мин.

Электрические кормораздатчики (№ 504, 708, 730) присоединяются к автоматическому устройству № 130. С помощью часового механизма на панели управления можно изменить интервалы и продолжительность кормления от 0,2 сек. до 6 часов. Двадвучасовой таймер осуществляет пуск-остановку подачи корма по утрам и вечерам соответственно. Один часовой механизм определяет интервалы между кормлениями (от 10 мин. до 10 часов), а другой – продолжительность каждой подачи корма (от 10 сек. до 10 мин.).

Для садковых хозяйств наиболее приемлемыми являются разбрасыватели кормов. Они состоят из встроенного вибратора и разбрасывающего механизма (рис. 45). Такой кормораздатчик может устанавливаться в центре садка. Дальность разбрасывания зависит от модели.

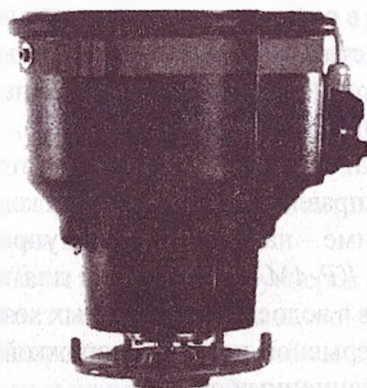


Рис. 45. Круглый разбрасыватель (ЕМФ)

Линия раздачи кормов в бассейны ИКТ предназначена для автоматизированной раздачи гранулированного комбикорма в бассейны площадью до 4 м² по регулярной программе. Общая площадь бассейнов, обслуживаемых линией, – до 160 м².

Линия состоит из кормораздатчиков ИКВ и блока управления ИЭА. Кормораздатчики устанавливаются по одному на каждый бассейн. Они состоят из бункера, питателя и скребков, укрепленных на бункере. Кормораздатчики оборудованы электродвигателями. Регулировка дозы корма каждого кормораздатчика индивидуальная. Загрузка бункера осуществляется вручную.

Блок ИЭА представляет собой шкафной щит, в котором размещена электроаппаратура управления. В блоке управления предусмотрены автоматический и ручной режимы работы. При автоматическом режиме выдача команд на кормораздатчики происходит с блока управления. При ручном режиме происходит выдача одной непрерывной команды.

Количество кормораздатчиков ИКВ в линии – 40 шт. Количество блоков ИЭА в линии – 1 шт. Производительность линии – 40–1600 г/мин. Производительность кормораздатчика ИКВ 1–40 г/мин, емкость бункера 4,5 л, скорость вращения питателя 0,2 об./мин. Длительность рабочего цикла блока управления ИЭА составляет 8–16 ч, интервал между командами 0,2–4 ч, длительность команды 0,2–4 мин.

Кормораздатчики ИКФ и ИКХ предназначены для раздачи кормов по заданной программе в рыбоводные силосы при выращивании молоди в промышленных установках с замкнутым циклом водоснабжения. Принцип действия кормораздатчика основан на использовании технологической вибрации.

Работа кормораздатчика осуществляется в автоматическом режиме командами с блока-управления Н17-ИЭВ или командами с АСУ ТП, а также в ручном режиме – нажатием кнопки управления.

Кормораздатчик КР-4М предназначен для внесения гранулированных комбикормов в водоемы рыбоводных хозяйств. Раздача корма производится непрерывной подачей (дорожкой) на обе стороны агрегата за счет гравитационных сил.

При включении двигателя вращение передается на воздушный двигатель (винт) через клиноременную передачу. Винт, создающий тяговое усилие, обеспечивает движение кормораздатчика. Обслуживается кормораздатчик двумя рабочими. Грузоподъемность 4 т.

Линия раздачи гранулированных кормов в бассейны Н17-ИКЦ I Предназначена для автоматизированной по заданной программе выдачи гранулированного корма при выращивании товарного карпа и форели, применяется в рыбоводных хозяйствах, оснащенных бассейнами.

Загрузка кормов в пневмокормораздатчики осуществляется с помощью мобильных транспортных средств.

Выдача доз корма в бассейны происходит в автоматическом режи-

ме по команде с пульта управления или команде с АСУ ТП, в ручном режиме нажатием кнопки управления. Производительность линии не более 1,2 т/ч. Емкость бункера – 40 м³. Масса корма в пневмокормораздатчике – 10 кг.

Линия раздачи гранулированных кормов в бассейны Н17-ИКЦ II

Предназначена для автоматизированной по заданной программе выдачи гранулированного корма при выращивании товарного карпа и форели. Применяется в бассейновых хозяйствах. Загрузка кормов в пневмокормораздатчики осуществляется путем перемещения гранулированных кормов по кормопроводу. Перемещение происходит при помощи укрепленных на канате дисков, приводимых в движение приводной установкой.

Выдача доз корма в бассейны происходит в автоматическом режиме по команде с пульта управления или команде с АСУ ТП, в ручном режиме путем нажатия кнопки управления. Производительность – не более 1,2 т/ч. Масса корма в пневмокормораздатчике – 90 кг.

Линия раздачи гранулированных кормов в бассейны Н17-ИКЛ

Предназначена для приема, хранения и автоматизированной многофазовой выдачи корма в бассейны.

Гранулированный корм из приемных бункеров шнековым питателем подается в приводную станцию, откуда канатно-дисковым конвейером через отверстие кормопровода заполняет объемные дозаторы, из которых корм разбрасывается по площади бассейна. Линия может работать как в ручном, так и в автоматическом режимах.

В автоматическом режиме управление осуществляется с программного блока или командами с АСУ ТП, в ручном режиме – кнопками управления.

Линия раздачи гранулированных кормов в садки Н-17-ИКМ

Предназначена для приема, хранения и автоматизированной выдачи корма по заданной программе в садки.

Корм из бункера шнековым питателем подается в приводную установку, откуда канатно-дисковым конвейером через отверстие кормопровода заполняет объемные дозаторы, из которых корм разбрасывается по площади садка.

Линия может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. В автоматическом режиме управление осуществляется с программного блока или с АСУ ТП и в ручном режиме.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Для чего используются автоматические кормораздатчики и в чем их преимущества?
2. На какие группы можно разделить стационарные кормораздатчики?
3. Характеристика самокормушек.
4. Какие типы кормораздатчиков могут использоваться в аквакультуре?
5. Что такое линии раздачи комбинированных кормов?

Раздел IV.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РЫБЫ, КАЧЕСТВА КОРМОВ И КОРМОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Глава 9.

Оценка внешнего вида и поведения рыб

Обследование рыб может быть профилактическим и вызванным какими-либо тревожными явлениями, чаще всего появлением мертвой или странно ведущей себя рыбы. Следует помнить, что гибель рыбы от недостатка кислорода в прудах происходит в ранние утренние часы. Гибель от отравления наступает внезапно и может начаться в любое время суток. Мелкие рыбы обычно гибнут первыми, у них наблюдаются конвульсии, потеря равновесия. При токсикозах, кроме рыб, гибнут также ракообразные, моллюски и лягушки. При заражении рыб вирулентными штаммами болезнетворных бактерий или вирусов смертность рыб развивается в течение 4–5 суток и охватывает большую часть популяции.

Причины ухудшения состояния рыб часто становятся понятными при внимательном наблюдении за ними в аквариуме. Для этого отловленную рыбу помещают в емкость с водой, взятой из водоема, и как можно быстрее транспортируют в лабораторные условия. При транспортировке не рекомендуется помещать на 10 л воды более 1 кг рыбы. Желательно, чтобы транспортировка занимала не более 20 минут, а температура воды в емкости отличалась от исходной не более чем на 5°C. Для наблюдения рыб следует поместить в прозрачный аквариум, создав плотность посадки не выше чем 1:100. Воду следует азрировать до уровня не менее 50% насыщения. Половину аквариума, обращенную от окна, следует затенить темной материей или бумагой. При нормальной реакции рыбы соберутся в затененной части и за ними будет легко наблюдать.

Норма поведения. Рыбы, изъятые из привычных условий обитания, находятся в состоянии испуга и беспокойства – «стресса». В аквариуме они скапливаются в тени, сбиваются в кучу, прячутся друг за друга.

Постепенно они успокаиваются, располагаются спиной к свету в донной части аквариума. Если дно прозрачное, они тычутся в него, пытаясь «уйти на глубину».

Частота плавательных движений хвоста у карпов массой 10–30 г – 3–5 раз в секунду, число дыхательных движений (при температуре 17–20°C) – 60–100 раз в минуту. При ударе ребром ладони о стенку аквариума они все разом делают короткий рывок.

Отклонения в поведении: беспорядочное расположение в аквариуме, отсутствие светобоязни, малая подвижность, лежание на дне, подъем к поверхности и захватывание воздуха ртом при достаточном насыщении воды кислородом, конвульсивные движения, потеря равновесия, винтообразное или круговое плавание, учащенное дыхание, «кашлеобразные» движения, «чесательные» броски о дно.

Отклонения от нормы по внешним признакам. Здоровая рыба покрыта прозрачной слизью. Чешуя цельная, блестящая, с перламутровым оттенком, удерживается прочно. У бесчешуйчатых рыб кожа гладкая, блестящая, покрытая прозрачной слизью, глаза блестящие, не запавшие в орбиту. Жабры темно-розовые или светло-красные, покрытые слизью. Плавники цельные. Тело плотное, эластичное.

Рыбы с различными нарушениями и болезнями заметно отличаются от остальных. Они могут быть как светлее, так и темнее. Это связано с нарушением нервной и гормональной регуляции пигментных клеток кожи, кроме того, это может быть связано с нарушениями зрения. Следует отмечать покраснение покровов, кровоподтеки, гиперемические участки. Показателями патологии является избыток или недостаток слизи на коже, мутная, «голубая» слизь, язвы, раны, пучеглазие, ерошение чешуи, вздутый или впалый живот, искривление тела, неправильности строения черепа и жаберных крышек.

Осмотру следует подвергнуть 100 рыб и определить, какая их часть имеет отклонения от нормы. В связи с индивидуальными колебаниями количество подопытных рыб должно быть достаточным для дальнейшей статистической обработки полученных данных – желательно не менее 10 особей.

Обследование жабр. Жабры являются нежным и легко ранимым органом. Большая часть токсикантов, а также длительное воздействие низкой температуры близкой к 0°C, поражает жабры, разрушает эпителий, вызывает распухание респираторных складок и их разрушение, что ухудшает дыхательную и выделительную функции жабр.

Визуальную оценку состояния жабр производят следующим образом. Рыбу держат в воде одной рукой, а другой отгибают жаберную крышку и осматривают жабры.

В коже они светло-красного цвета, с регулярной структурой жаберных лепестков, ровным краем, без отеков, слизи и белесого налета.

Бурый цвет жабр указывает на появление в крови метгемоглобина в результате распада эритроцитов при воздействии нитрита и некоторых других токсикантов, а также при пересыщении воды кислородом.

Бледная окраска жабр может служить практическим критерием анемии. Следует учитывать, что их окраска находится в зависимости от содержания кислорода в воде. При низком (менее 2 мг/л) – жабры фиолетово-вишневые; при высоком (более 5 мг/л) – ярко-алые. На воздухе цвет лепестков изменяется в течение 1–3 мин. У анемичных особей интенсивность окраски при помещении в воду с низким содержанием кислорода и на воздухе изменяется незначительно.

Установлено, например, что у самок карпов анемия развивается при их длительном содержании при высоких (выше 18°C) температурах, недостаточном кормлении, содержании в слабопроточных прудах с неровным ложем, причем к анемии предрасположены наиболее крупные и плодовитые особи. После пересадки на нагул отход среди анемичных особей составляет 60–80%. Обнаружение отдельных анемичных рыб свидетельствует об ухудшении состояния всего стада.

Неровные края жаберных лепестков и наличие некротических зон указывает на разрушение части жаберных лепестков и дыхательных складок в результате действия токсикантов, паразитов, а также повышения рН среды.

Микроскопическое исследование структуры жабр позволяет оценить наличие или отсутствие разрушений более явственно, чем при осмотре невооруженным глазом.

У обездвиженной рыбы ножницами отстригают жаберную крышку и из середины первой жаберной дуги выстригают часть длиной около 0,5 см, очищают от сгустков крови и помещают на предметное стекло. Хрящ I жаберной дуги также удаляют. На оставшиеся лепестки наносят каплю воды и кладут под покровное стекло. Под микроскопом с увеличением около 200 раз (окуляр 7х, объектив 25х) с помощью окуляр-микрометра измеряют ширину респираторных складок, идущих поперек жаберных лепестков (табл. 74).

Таблица 74

Нормальная ширина складок для карпов

Масса, г	Число складок по длине лепестков	Ширина апикального конца складки, мм
1	2	3
0,5	26-51	8,6
1,0	28-54	8,6
2,0	39-57	8,6
4,0	48-80	8,6
8,0	54-75	8,6
15,0	102-115	8,6
30,0	114-139	8,6
100,0	124-210	12,9

Доля пораженных складок выражается в процентах.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Для чего необходимо проводить обследование рыб?
2. Что является нормой поведения рыб?
3. Какие у рыб встречаются отклонения в поведении?
4. Какие отклонения по внешним признакам бывают?
5. Как проводят визуальную оценку жабр?

Глава 10.

Измерение, взвешивание и вскрытие рыбы

Измерения проводят с помощью специальной линейки, а для взвешивания используют весы. Измерять следует с точностью до 1 мм, взвешивать – с точностью до 0,1 г.

Для вычисления коэффициента упитанности по Фультону проводят определение длины и взвешивание. Определение ведут по формуле 17

$$KF = 100 M/L^3, \quad (17)$$

где: M – масса рыбы, г,

L – длина от начала рыла до конца чешуйного покрова, см.

Нормы и пределы отклонений коэффициента упитанности по Фультону представлены в таблице 75.

Таблица 75

Величина коэффициентов упитанности по Фультону

Вид рыб	Величина
Карп украинский	
Самки	3,1-3,6
Самцы	3,0-3,5
Карп беспородный	
Самки	2,8-3,4
Самцы	2,6-3,1
Карп ропшинский	
Самки	2,7-2,9
Самцы	2,5-2,7
Карп х сазан	
Самки	2,4-2,9
Самцы	2,2-2,7
Карп беспородный	
0+ осень, хорошая упитанность	2,4-3,5
1+ весна, гибель от истощения	1,5-2,2

66 г, зимовка, март	3,0±0,62
700 г, зимовка, март	2,56±0,41
Белый амур	
800 г, нормальное состояние	1,8
Белый толстолобик	
900 г, нормальное состояние	1,7
Радужная форель	
300-450 г, нормальное состояние, хороший рост	1,9±0,21
300-450 г, рост 2/3 нормы, авитаминоз	1,78±0,21

Полезную информацию можно получить, определяя индексы (относительно массы) отдельных частей тела и органов (табл. 76). При истощении увеличивается относительная масса головы, кожи, плавников, костей, уменьшается масса мышц, внутренностей. Отдельные органы более чутко реагируют на условия обитания и кормления. Лучше всего в этом отношении исследованы селезенка и печень. Эти органы у сеголетков и годовиков маленькие, и проводить их взвешивание необходимо на аналитических весах.

Таблица 76

Соотношение органов у рыб в норме, %

Вид рыбы	Голова	Скелет	Кожа и плавники	Внутренности	Кишечник	Почки	Мышцы
Сеголеток карпа	23	7,5	11	9	3	1,4	46
Белый толстолобик, двухлетки массой 805 г	22,0	6,7	1,7 (плавники)	8-11	-	1,4	64,6
массой 600 г	25,2	3,0 туловище	1,8 (плавники)	7,2	-	-	61,0
Пестрый толстолобик, двухлетки массой 880 г	30,8	3,5 туловище	2,3 (плавники)	7,3	-	-	54,3

массой 600 г	26,2	3,3 туловище	1,9 (плавники)	7,3	-	-	59,6
Белый амур	10-20	6-8	6-7	7,6	3,5	1,4	46-51
Двухлетки форели	15,7	5,8	6,3	20,2	5,1	3,0	42-46

Масса печени уменьшается при недостаточном питании и при некоторых вредных воздействиях, например, при недоброкачественном жире в корме. Увеличение печени у карпа отмечается при усиленном питании и при недостатке каких-либо компонентов в корме, например, при безжировой диете, недостатке фосфора в рационе.

Масса селезенки является показателем, быстро реагирующим на усиленную двигательную активность и нервное возбуждение. В стрессовых ситуациях селезенка уменьшается в объеме в результате выброса запаса форменных элементов крови. В норме весной селезенка у сеголетков карпа больше, чем летом (0,6 против 0,4). При резких перепадах температуры селезенка карпа уменьшается в 2–3 раза, например: при тепловом шоке ($17^{\circ} \rightarrow 30^{\circ}\text{C}$) – 0,38, при холодовом ($24^{\circ} \rightarrow 4^{\circ}\text{C}$) – 0,18–0,22.

Селезенка у форели меньше, чем у карпа (0,2–0,3%), при стрессе она также заметно уменьшается. При вскрытии следует обратить внимание на следующие показатели: полостной жидкости в норме бывает очень мало, тогда как при некоторых заболеваниях наблюдается ее обилие. Полостная жидкость может быть кровянистой, что является признаком тяжелого поражения организма. Печень в норме красно-коричневого цвета, должна целиком отделяться от кишечника, но иногда срастается с ним; желчный пузырь при этом в среднем состоянии наполнения. Зимой при длительном голодании печень принимает желто-зеленую окраску, а желчный пузырь темный и очень сильно наполнен.

При некоторых заболеваниях печень становится дряблой, рвется и расползается при изымании. При переполнении кровью печень принимает темно-вишневый цвет, а при дистрофических изменениях становится светлой, желтой.

Аккуратно вырезав и расправив кишечник, можно увидеть наличие или отсутствие в нем пищи. Передняя, расширенная часть кишечника карпа является приемником пищи. При температуре 18–20°C у сеголетков карпа пищевые массы задерживаются в передней части кишечника 1–4 ч. Полуопорожнение кишечника у сеголетков происходит за 8–14 ч., а полное опустошение – приблизительно за сутки.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. По какой формуле вычисляется коэффициент упитанности?
2. Для чего определяют индексы внутренних органов?
3. Как реагирует печень на неблагоприятные воздействия?
4. Как реагирует селезенка на внешние стрессовые воздействия?
5. На какие органы необходимо обратить внимание при внутреннем осмотре рыб?

Глава 11.

Анализ химического состава тела рыб

Для оценки химического состава рыбы определяют содержание сухого вещества, сырого протеина (белка), жира и золы. Информативным показателем является также содержание гликогена в печени. Методы оценки этих показателей приводятся ниже.

11.1. Содержание сухого вещества в теле рыб

Содержание сухого вещества в теле рыб отражает прежде всего содержание жира и белка. При истощении вместе с падением жирности уменьшается также содержание белка в теле. Показатель сухого вещества можно определить путем высушивания до постоянной массы в сушильном шкафу и взвешивания на аналитических весах. Находится он по разнице начальной и конечной масс. Содержание сухого вещества меняется по мере роста рыбы (табл. 77).

Таблица 77

Химический состав карпа

Индивидуальная масса, г	Условия, особенности	Сухое вещество, %	Белок, %	Жир, %	Зола, %
0,05-0,1	норма	17	14	1,6	-
	голодание 3 дня, 30°C	11	9	0,6	-
1-2	норма	17	14	2,7	-
2-3	норма	20	14	3,1	2,3
	голодание	18	12	1,1	4,8
5-10	норма	22	14	5,5	2,3
10	максимальный рацион	24	15	7,0	2,3
17	максимальный рацион	24	15	7,0	2,3
15-25	норма	24	15	6,0	2,5
	истощение	-	-	1,8	-
40	норма	24	15	6,0	3,1
100	максимальный рацион	26,7	16,9	6,2	3,4
400-1000	норма	24-28	16-17	8-9	3,2

*Метод определения содержания воды высушиванием пробы
при температуре 100-105°C (арбитражный метод)*

Оборудование: сушильный шкаф, отрегулированный на 105°C, весы с точностью взвешивания до 0,1 г, эксикатор с прокаленным хлористым кальцием, сосуды для взвешивания емкостью порядка 50 мл (желательно использовать стеклянные и металлические стаканчики, чашки Петри).

Ход определения: сосуды нумеруют и взвешивают, рыбу измельчают ножницами, помещают в сосуд и взвешивают. Массы наполненного и пустого сосудов записывают.

Если штучная масса рыб до 10 г, то лучше анализировать каждую рыбу в отдельности целиком. Если рыба крупная, то следует полученный фарш хорошо перемешать и взять навеску порядка 10 г.

Сосуды с навесками:

- ставят в сушильный шкаф на 24 ч,
- остужают в эксикаторе,
- взвешивают и массы их записывают,
- снова помещают в сушильный шкаф на 24 ч,
- повторное охлаждение и взвешивание.

Если полученные показатели взвешивания хорошо совпадают (разница менее 1%), вычисляют содержание сухого вещества. Если масса сосуда с навеской продолжает уцениваться, сушку, охлаждение и взвешивание повторяют до тех пор, пока масса не перестанет понижаться или не начнет несколько повышаться.

Вычисление сухой массы проводят по формуле 18

$$\text{Сухая масса, \%} = (M - M_1) / (M - m) \times 100, \quad (18)$$

где: M – масса сосуда с навеской до сушки, г;
 M_1 – масса сосуда с навеской после сушки, г;
 m – масса сосуда, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5%. После нескольких высушиваний может произойти увеличение массы исследуемой пробы. В этом случае дальнейшее

высушивание следует прекратить и за окончательную массу принять меньшую массу, полученную в результате предыдущего взвешивания.

Метод, основанный на отгонке воды

Определение количества воды основано на извлечении ее из навески анализируемого материала органическими растворителями жира и отгонки воды с их парами.

В стеклянную круглодонную короткогорлую отгонную колбу аппарата Дина и Старка следует поместить 10–15 г тщательно измельченного продукта или 50–200 г жира с погрешностью взвешивания не более 0,01 г (в зависимости от предполагаемого содержания в них воды). Масса навески исследуемого материала должна быть такой, чтобы количество отогнанной из нее воды составляло не более 10 см³, то есть не более объема приемника-ловушки. В колбу необходимо прибавить 80–100 см³ растворителя (бензол, ксилол, толуол, бензин), тщательно перемешать содержимое колбы и бросить в нее несколько кусочков неглазированного фаянса, пемзы или фарфора. Соединить колбу при помощи шлифа с отводной трубкой приемника, а последний — со шлифом холодильника. Содержимое колбы должно быть нагрето до кипения и поддерживаться в таком состоянии до окончания опыта. Капли сконденсированного растворителя, содержащие воду, должны падать из косо срезанного конца холодильника в ловушку со скоростью не более 2–4 капель в секунду. Перегонку прекратить, когда объем воды в приемнике под слоем растворителя перестанет увеличиваться и верхний слой растворителя станет совершенно прозрачным. Если на стенках холодильника или приемника задержатся (останутся) капли воды, их необходимо осторожно перенести при помощи стеклянной палочки в нижнюю часть приемника. После охлаждения приемника до комнатной температуры произвести подсчет объема воды в нем. Количество воды X (в %) рассчитывается по формуле 19

$$x = m_1 \cdot 100 / m, \quad (19)$$

где: m_1 — масса воды в приемнике, г (массу 1 см³ воды принимают равной 1 г); m — масса пробы исследуемого материала, г.

Ускоренные методы

Высушивание проб исследуемых материалов при определении содержания в них воды можно проводить и при повышенных температурах (120–180°C), но нагревание должно осуществляться строго определенное время, устанавливаемое обычно экспериментальным путем для каждого материала (продукта).

Навеска исследуемого материала массой около 2 г должна быть взвешена в бюксе (с погрешностью не более 0,001 г) и подсушена в течение 30 мин при температуре 60–80°C. После этого пробу необходимо окончательно высушить в течение 1 ч при (130±2)°C. По истечении указанного времени бюксу следует вынуть из сушилки, охладить в эксикаторе до комнатной температуры (примерно 1–2 ч), а затем взвесить. Содержание воды вычислить по той же формуле, что и при арбитражном методе.

Для определения содержания влаги рекомендуется использовать термогравиметрические анализаторы, имеющие погрешность на уровне 0,05–0,1%.

11.2 Физико-химические методы определения уровня жира

Содержание жира в теле рыбы определяется балансом питательных веществ и направлением метаболических процессов. Известно, что по мере роста рыба, как правило, становится жирнее, и норма жирности для нее меняется. Однако повышение жирности не всегда является показателем благополучия. Например, если в рационе карпа не хватает фосфора, то жирность его тела существенно превышает норму. У форели такого явления пока не обнаружено. Показатели жирности тела по сравнению с нормой понижаются в результате голодания.

Жирность рыбы влияет на содержание сухого вещества в ее теле. Однако дело несколько осложняется тем, что зависимость между содержанием сухого вещества и жира в теле неодинакова для различных размерных групп рыб.

Что касается жирности печени, то как понижение, так и повышение этого показателя может служить неблагоприятным признаком. Жирность

и относительная масса печени могут повышаться вместе с отставанием в росте в результате нехватки незаменимых жирных кислот, зольных элементов, витаминов. В тепловодном хозяйстве нормальной считается высокая жирность тела и печени карпа, т.к. при этом наблюдается удовлетворительная скорость роста. Нормализация кормления может понизить жирность без снижения скорости роста. Закономерности жиронакопления растительноядных рыб исследованы недостаточно. Приведенные в таблице 78 данные можно принять за норму.

Таблица 78

Содержание жира в печени и мышцах растительноядных рыб

Рыба	Содержание жира, %	
	в печени	в мышцах
Белый толстолобик 0+	2,42±0,09	1,23±0,04
	2,19±0,05	2,90±0,05
Пестрый толстолобик 0+	2,60±0,04	0,48±0,04
	4,05±0,04	1,35±0,04
Белый амур 0+	3,42±0,07	0,49±0,04
	10,28±0,06	2,42±0,04

Липиды – важные ингредиенты пищи человека, так как обладают высокой энергетической ценностью и являются источником пластического материала для тканей организма. Отдельные компоненты жира – некоторые жирные кислоты, фосфатиды, стеролы, жирорастворимые витамины – выполняют важные биологические функции в организме.

При количественном определении липидов в исследуемом объекте предусматривается извлечение из него глицеридов и сопутствующих им веществ (пигментов, витаминов, свободных жирных кислот, фосфатидов и др.).

Существующие методы определения содержания жира в различных видах сырья и продуктов можно условно подразделить на две группы – одноступенчатые и двухступенчатые.

Одноступенчатые методы, основанные на использовании ультразвука, ядерно-магнитного резонанса, фотометрии и инфракрасных лучей,

позволяют проводить количественное определение жира непосредственно в исследуемом объекте. Однако для этого требуется сложное и дорогостоящее оборудование, а применение некоторых из них (например, метод ядерно-магнитного резонанса) рекомендуется в случае невозможности использования какого-либо другого метода для установления количества определяемого вещества в объекте.

Большинство физико-химических методов (экстракционно-весовые, рефрактометрические и др.), применяемых для количественного определения жира, относятся ко второй группе. Характерной особенностью их является двухступенчатость – извлечение жира из объекта и количественное определение его. Для извлечения жира используются различные органические растворители – бензин, петролейный эфир, серный эфир, ацетон, хлороформ, монобром, моноклорнафталин, трикрезилортофосфат и др. Следует иметь в виду, что гидрофобные растворители (петролейный эфир, бензин и др.) извлекают вместе с глицеридами несколько меньше сопутствующих им веществ. Причем выделение их происходит селективно. Более быстро извлекаются глицериды, и медленнее – фосфатиды, свободные жирные кислоты и продукты окисления. В связи с этим при применении гидрофобного растворителя процесс извлечения жира проходит длительно (2–3 сут). Для ускорения и более полного выделения глицеридов и сопутствующих им веществ из анализируемого объекта рекомендуется использовать гидрофильные растворители (метиловый, этиловый эфиры и др.) или смесь гидрофобных и гидрофильных растворителей (бинарные растворители).

Определение жира по Сокслету (прямое определение)

Экстракция по Сокслету – стандартный метод определения свободных жиров, основанный на извлечении вещества растворителем. Содержание жира определяется по разности масс сухой колбы и колбы с жиром после экстракции, при этом не требуется ротационный испаритель. В качестве растворителя чаще всего применяют этиловый эфир. Этиловым эфиром из исследуемого продукта извлекаются не только жиры, но и сопутствующие вещества. Поэтому определяемый этим методом жир называют «сырым» жиром.

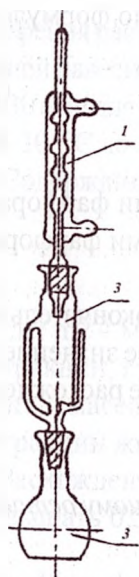


Рис. 46. Аппарат типа Сокслета: 1 — холодильник; 2 — экстракционная воронка; 3 — колба с растворителем

Оборудование: весы лабораторные; баня водяная; шкаф сушильный; бюксы стеклянные, аппарат Сокслета (рис. 46).

Реактивы: эфир этиловый, фильтровальная бумага.

Ход определения: навеску сухого вещества взвешивают на фильтровальной бумаге размером 6×7 см и заворачивают в пакетик. Этот пакетик завертывают в другой пакетик из фильтровальной бумаги размером 7×8 см. Внутренний пакетик помещают так, чтобы его шов не совпадал со швом внешнего пакетика.

Приготовленный пакетик помещают в бюксу и высушивают в сушильном шкафу при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Затем пакетик переносят в экстрактор аппарата Сокслета и заливают этиловым эфиром.

Эфира наливают столько, чтобы он начал переливаться через сифон экстрактора, после чего добавляют еще 50 см³ эфира и соединяют все части прибора. В холодильник пускают холодную воду, а перегонную колбу помещают на водяную баню (температура не выше 45°C).

Нагревание следует регулировать таким образом, чтобы эфир сливался из экстрактора через каждые 5–6 мин. При непрерывном действии аппарата Сокслета для полного извлечения жира из хорошо измельченной навески требуется 5–6 ч, при плохо измельченной навеске экстракцию следует проводить 10–12 ч.

Полноту экстракции проверяют на фильтровальной бумаге. Для этого берут 2–3 капли эфира, вытекающего из экстрактора, бумагу подогревают. Если на бумаге после испарения эфира не остается жирное пятно, то экстракцию считают законченной.

Пакетики вынимают из экстрактора, подсушивают, после чего помещают в бюксу и высушивают в сушильном шкафу при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$ до постоянной массы.

Массовую долю жира (X_2) в процентах вычисляют по формуле 20

$$X_2 = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 100}{m}, \quad (20)$$

где: m – масса пробы, взятая для анализа, г;

m_1 – масса экстракционной колбы с кусочками фарфора, г;

m_2 – масса экстракционной колбы с кусочками фарфора и жиром после высушивания, г.

Вычисления проводят с погрешностью $\pm 0,1\%$. За окончательный результат испытаний принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать $0,3\%$.

*Метод определения содержания жира по обезжиренному остатку
(стандартный метод)*

Количество жира в продукте определяется по уменьшению массы сухой навески продукта после экстракции растворителем. Навеску исследуемого объекта в количестве 2–5 г, взвешенную с погрешностью 0,001 г, следует высушить в сушильном шкафу при температуре 100–105°C и перенести в пакет из фильтровальной бумаги размером 8×9 см. Стенки бюксы протереть небольшим количеством ваты, смоченной в эфире. Вату вместе с навеской поместить в пакет из фильтровальной бумаги. Пакет с навеской вложить во второй пакет размером 9×10 см так, чтобы линии загиба пакетов не совпадали, и перевязать их ниткой. Наружный пакет пронумеровать простым графитовым карандашом, поместить в ту же бюксу, в которой ранее высушивалась навеска, и поставить в сушильный шкаф. Высушить до постоянной массы при температуре 100–105°C. Можно сушить навеску непосредственно в пакете. Высушенный пакет с навеской должен быть помещен в экстрактор аппарата Сокслета. В один аппарат можно помещать несколько пакетов при условии, что все они полностью погружены в эфир и хорошо омываются им. Продолжительность экстрагирования 10–12 ч. Окончание процесса устанавливается следующим образом. Каплю раствора (мисцеллы), вытекающего из экстрактора аппарата, следует нанести на часовое стекло. При полном извлечении жира из навески на стекле после

испарения растворителя не должно быть жирного пятна. Пакеты с обезжиренной навеской перенести в ту же бюксу и выдержать в вытяжном шкафу 20–30 мин для удаления эфира, а затем высушить в шкафу при температуре 100–105°C до постоянной массы. Длительность процесса от 1 до 3 ч.

Содержание жира X (в %) рассчитывается по формуле 21

$$x = (m_1 - m_2) \cdot 100 / m, \quad (21)$$

где: m_2 – масса высушенных бюксы, пакета и навески продукта до экстракции, г;

m_1 – масса высушенных бюксы, пакета и навески продукта после экстракции жира.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,5%.

Метод определения содержания жира в аппарате Зайченко (нестандартный метод)

Метод основан на извлечении жира из сухой навески исследуемого продукта и взвешивании его после высушивания до постоянной массы. Навеска продукта (1–1,5 г), взвешенная с погрешностью не более 0,001 г, без предварительного обезвоживания сульфатом натрия должна быть помещена в патрон из фильтровальной обезжиренной бумаги. На дно его следует положить кусочек обезжиренной ваты, затем поместить навеску продукта. Поверх навески также положить кусочек обезжиренной ваты и подвернуть складками свободный край бумаги. На дно экстрактора аппарата Зайченко, имеющего отверстие, поместить два кружка фильтровальной бумаги диаметром, равным внутреннему диаметру экстрактора. Затем в экстрактор вставить патрон с навеской. Патрон должен входить в экстрактор свободно, без трения. Верхний край патрона не должен находиться выше боковых отверстий экстрактора.

Загруженный экстрактор должен быть подвешен к холодильнику. К прибору следует присоединить предварительно высушенную до постоянной массы колбу. Через верхнее отверстие холодильника прилить серный эфир в количестве 30–35 см³ с таким расчетом, чтобы нижняя

часть патрона находилась на расстоянии не менее чем 1 см от поверхности растворителя. Провести экстракцию серным эфиром в течение 1,5–2 ч. Растворитель должен все время хорошо кипеть, и капли, стекающие с конца холодильника, должны падать в центр экстрактора. После окончания экстрагирования необходимо экстрактор снять, а растворитель отогнать в специальный приемник, подвешенный вместо экстрактора. Колбу с жиром высушить в сушильном шкафу (15 мин) при температуре 60–65°C, после чего охладить в экстракторе и взвесить. Содержание жира X (в %) вычисляется по формуле 22

$$x = (m_1 - m_2) \cdot 100 / m, \quad (22)$$

где: m_2 – масса колбы с жиром, г;
 m_1 – масса пустой колбы, г;
 m – масса навески продукта, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,3%.

Метод Блая и Дайера (нестандартный метод)

Для более полного извлечения липидов из объекта используется смесь полярного и неполярного растворителей.

Навеску фарша массой 5 г (муки – 2 г), взвешенную с погрешностью не более 0,001 г, следует поместить в сосуд гомогенизатора. Туда же добавить хлороформ, метанол и дистиллированную воду. Наиболее полное извлечение липидов из тканей рыбы происходит при соотношении хлороформа, метанола и воды – соответственно – 1:2:0,8, с учетом воды, содержащейся в исследуемом образце (определяется предварительно).

Соотношение масс навески и экстракционной смеси должно быть 1:40. Обработку (перемешивание) массы в гомогенизаторе следует проводить в течение 1,5–2 мин при скорости 5000 об./мин. Полученный гомогенизат отфильтровать на воронке Бюхнера.

К фильтрату необходимо добавить хлороформ и дистиллированную воду в таком количестве, чтобы соотношение хлороформа, метанола и воды в смеси было соответственно 2:2:1,8. Для этого

остаток, полученный на фильтре после фильтрования гомогенизатора, промыть такой же порцией хлороформа, которую брали для экстракции, деля ее на три части и предварительно промывая этим количеством сосуд гомогенизатора. Весь полученный фильтрат перенести в делительную воронку с притертой пробкой и добавить необходимое количество дистиллированной воды. После расслоения смеси на две фазы отделить нижний хлороформенный слой с растворенными в нем липидами и определить его количество, затем измерить его концентрацию. Для этого пипеткой отобрать 5 см³ мисцеллы, поместить в предварительно тарированную бюксу, удалить хлороформ (выпаривая его на водяной бане или оставляя мисцеллу в вытяжном шкафу при комнатной температуре) и высушить при температуре 100–105°C до постоянной массы (около 30 мин).

Содержание жира X (в %) определяется по формуле 23

$$x = (m_1 - m_2) \cdot v \cdot 100 / m \cdot v_1, \quad (23)$$

где m₂ – масса бюксы с жиром, г; m₁ – масса пустой бюксы, г; v – объем полученной мисцеллы, см³; v₁ – объем мисцеллы, взятый в бюксу для определения концентрации, см³; m – масса навески исследуемого вещества, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,3%.

Определение общих липидов по Фолчу

Принцип метода. Метод основан на растворении липидов в смеси хлороформ-метанол (2:1) и гравиметрическом определении процентного содержания липидов в ткани.

Реактивы: смесь хлороформа и метанола (2:1).

Проведение анализа. Навеску сырой ткани массой не менее 1 г взвешивают с точностью до четвертого знака и растирают в ступке с химически чистым стеклом или песком. Растертую навеску заливают 20-кратным объемом смеси Фолча хлороформ-метанол (2:1). Полученную однородную массу помещают в колбы 100–250 мл и встряхивают 10 минут, после чего проводят экстракцию липидов в течение 3–24

часов. Экстракт хранят в плотно закрытой посуде в холодильнике при $T=0^{\circ}\text{C}$. После экстракции пробу отфильтровывают в пробирки Хагедорна через бумажный фильтр, оставляя пробирки в холоде. Осадок заливают очередной порцией смеси Фолча. Экстракцию проводят трижды.

Для разделения липидов экстракт осторожно подслаивают раствором хлористого калия (1/10 объема). Образовавшийся верхний слой отсасывают пипеткой с помощью водоструйного насоса, не задевая нижнего слоя, или шприцем. Нижний слой переносят в колбу Вюрца и упаривают экстракт на водяной бане. Небольшим количеством чистого хлороформа из колбы Вюрца липиды смывают в стеклянные бюксы с постоянным весом. Бюксы помещают в вакуумный эксикатор, где под вакуумом (1 атм.) липиды доводят до постоянного веса.

Разделение липидов методом тонкостенной хроматографии (Шталь, 1965)

Количественное разделение спектра липидов и глицеринов, соотношение содержания свободного и эстерифицированного холестерина, незэстерифицированных жирных кислот, а также препаративное выделение отдельных фракций липидов проводят методом тонкостенной хроматографии. В качестве сорбента используют закрепленный слой силикагеля с 13%-ным гипсом. Толщина слоя силикагеля составляет от 0,25 до 1,0 мм в зависимости от задач, решаемых с помощью данного метода. Обнаружение веществ на пластинках проводят проявлением в парах йода.

Принцип метода. Метод основан на различной скорости движения отдельных фракций липидов в системе растворителя.

Реактивы: силикагель, гипс, гексан, диэтиловый эфир, уксусная кислота, ацетон, йодная кислота, метанол.

Приготовление пластинок. Пластинка тщательно моется мыльным раствором, хромовой смесью и дистиллированной водой.

Приготовление силикагеля с гипсом. 5 г силикагеля предварительно растворяют в 5–7 мл воды, тщательно взбалтывают, чтобы не было комочков, затем объем воды доводят до 11–12 мл (лучше готовить в

ступке). Перемешанную массу быстро наносят на рабочую пластину и пестиком помогают ей распределиться по поверхности, пластинку можно ритмически покачивать. Далее необходимо высушить ее в горизонтальном положении.

Нанесение липидов. Высохшую и охлажденную пластинку расчерчивают по специальному трафарету на дорожки, добиваясь, чтобы места для нанесения «старта» – капли липидов – были одинаковой ширины. Аккуратно наносят растворенный липид специальной пипеткой небольшими порциями, давая силикагелю подсохнуть и впитать каждую порцию. Можно включить вентилятор. Необходимо следить, чтобы липид не растекался за пределы старта, так как он будет потерян для анализа. Наносится 0,3–0,4 мл липидного экстракта, содержащего 30–40 мг липидов.

Приготовление камеры. Камера высушивается фильтром, для чего ее стенки обкладываются вдоль фильтровальной бумагой. Камера заливается подвижной системой и помещается в холодное место для насыщения на 40 минут.

Готовую пластинку переносят в насыщенную камеру и оставляют на 40 минут, пока фронт растворителя не достигнет 2–3 см. Периодически следует проверять равномерность движения системы. Далее пластины вынимают, дают подсохнуть и помещают в другую камеру, насыщенную парами йода, для проявления. Йод растворяется во фракциях липидов, окрашивая их в желтый цвет. Необходимо быстро и точно на ярком свете обколоть места расположения отдельных компонентов иглой.

Разгонку нейтральных липидов на классы проводят в системе гексан: диэтиловый эфир: ледяная уксусная кислота в соотношении 80:20:2.

Для этого пластинки вынимают из камеры, насыщенной парами ацетона, быстро удаляют растворитель выпариванием в термостате при температуре 60°C и помещают в камеру с системой растворителей гексан: диэтиловый эфир: ледяная уксусная кислота в соотношении 80:20:2. По этой методике липиды разделяют на следующие фракции: фосфолипиды, моноацилглицерины, диацилглицерины, холестерин, неэстерифицированные жирные кислоты, триацилглицерины и эфиры холестерина. При этом фосфолипиды находятся на старте. Участки силикагеля, соответствующие на пластинках фракциям липидов,

помещают в стеклянные хроматографические колонки и элюируют соответствующим растворителем: нейтральные липиды – ацетоном и гексаном в соотношении 1:1, фосфолипиды – метанолом, подкисленным 5%-ной соляной кислотой.

Определение липидного фосфора (Iso Schuja et al., 1967)

Принцип метода. На первом этапе определения органический фосфор переводят в неорганический. Для этого исследуемый хлороформенный экстракт липидов подвергают гидролизу путем нагревания его с раствором йодной кислоты в присутствии серной кислоты и этилового спирта. Этиловый спирт применяется для лучшего контакта между липидным и водным растворами йодной кислоты. На втором этапе выполняется цветная реакция на неорганический фосфор. Реакция обусловлена образованием комплексного соединения фосфора с молибденовоокислым аммонием, которое при добавлении эйконогена (восстановитель), метабисульфита и сульфита натрия (они обеспечивают определенную рН среды) восстанавливается с образованием молибденовой сини. Интенсивность окраски цветного комплекса определяется колориметрически, а содержание фосфора в липидах вычисляется по калибровочному графику.

Реактивы: хлороформ перегнанный, йодная кислота, 10 н. серной кислоты (на пробы Савала), этиловый спирт, очищенный эйконоген, метабисульфит натрия, сульфит натрия безводный, аммоний молибденовоокислый, однозамещенный фосфорнокислый калий. Реактив 1: 3 мл 10 н. серной кислоты, 1 мл 0,1 М йодной кислоты, 6 мл перегнанного этилового спирта. Реактив 2: 6 г метабисульфита натрия, 100 мг очищенного эйконогена, 200 мг сульфита натрия безводного, 1,5 г аммония молибденовоокислого в 50–60 мл бидистиллированной воды.

Ход определения. Хлороформенный экстракт липидов (количество его определяется видом ткани) переносят из бюкса в пробирки для определения фосфора. Каждую пробу ставят в трех параллелях. Если количество хлороформенного экстракта превышает 0,2 мл, то пробы следует упарить досуха, а затем в каждую пробирку прилить 0,2 мл хлороформа для растворения липидов.

Затем в каждую пробирку приливают по 1 мл реактива 1, тщательно встряхивают и ставят в круглом штативе на сильно кипящую водяную баню на 45 мин, после чего пробы охлаждают на воде и приливают строго 4,8 мл реактива 2. Пробирки тщательно встряхивают и опять ставят на сильно кипящую водяную баню на 10 минут с последующим охлаждением в воде. Пробы приобретают синий цвет, интенсивность которого зависит от количества фосфора. Пробы колориметрируют на фотозлектроколориметре (750 нм). Параллельно с опытными пробами ставят контроль в трех параллелях, который содержит только реактив 1 и 2.

Расчет. Количество фосфора в липидах определяют по калибровочному графику стандартного раствора однозамещенного фосфорнокислого калия.

Фракционирование фосфолипидов (Ржавская, 1976)

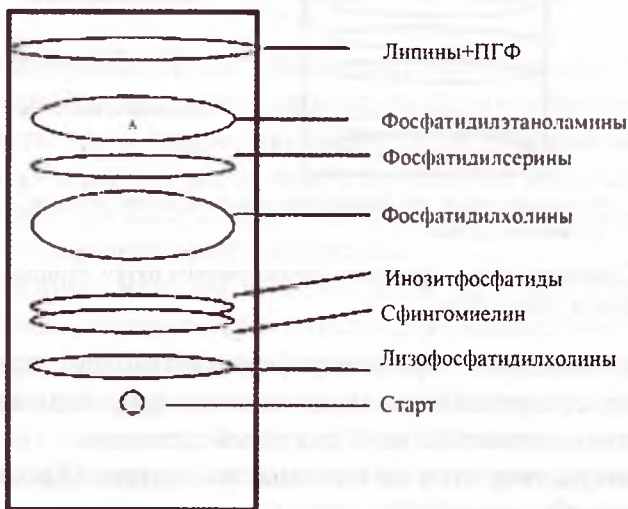


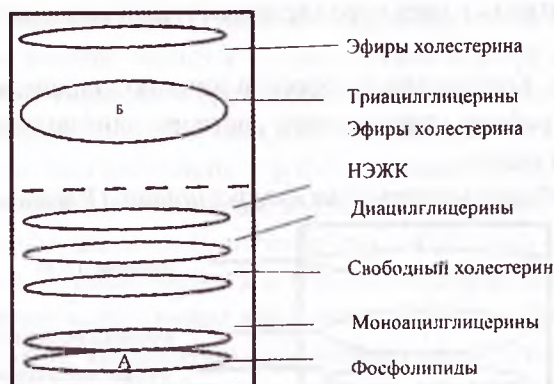
Рис. 47. Схематическое изображение расположения пятен фосфолипидов при хроматографировании в тонком слое

Хроматографическое разделение холестерина и его эфиров в тонком слое силикагеля

Принцип метода. Суть метода заключается в том, что эфиры холестерина, обладая большой подвижностью и зарядом, при хрома-

тографировании идут с фронтом растворителя. Свободный холестерин остается недалеко от старта, что позволяет разделить фракции холестерина друг от друга.

Порядок проведения. На заранее приготовленную пластину, как указывалось выше в разделе о тонкослойной хроматографии, микропипеткой на старт наносят 1–2 мг липида (в зависимости от вида ткани растворяют 0,1 мл хлороформа). Каждую пробу ставят в двух параллелях.



А - система гексан: диэтиловый эфир, уксусная - ледяная кислота
Б - место разделения

Рис. 48. Схематическое изображение расположения пятен липидов при хроматографировании в тонком слое

Пластину помещают в хроматографическую камеру с заранее налитой смесью растворителей гексан: диэтиловый эфир: ледяная уксусная кислота в соотношении 70:30:10 для одной пластины.

Движение растворителя по пластине восходящее. Хроматографирование ведут под углом 30°.

Когда фронт растворителя достигнет конца пластины (~ 1 см от верхнего края), ее вынимают и просушивают под тягой.

Для определения местоположения пятен пластину проявляют в парах йода с последующей его сублимацией, так как йод мешает количественному определению холестерина.

Как видно из рисунка 48, при хроматографировании холестерин и его

эфиры располагаются далеко друг от друга. Остальные классы липидов не мешают проведению реакции Либермана-Бурхарда, поэтому каждую полосу делят пополам, затем счищают и переносят в колонки размером 0,9х20 см. В носик колонки предварительно вкладывают кусочек обезжиренной ваты. В колонки заливают по 2 мл смеси гексан: ацетон (1:1) или только ацетон и встряхивают для удаления пузырьков воздуха. Элюат собирают в чистую сухую пробирку, колонки промывают этой же смесью еще дважды.

Полученные элюаты, содержащие свободный холестерин или его эфиры и освобожденные от силикагеля, выпаривают осторожно на водяной бане досуха.

В сухом остатке липида проводят количественное определение холестерина.

11.3. Определение уровня протеина в теле рыбы

Содержание белка в теле рыбы может меняться в зависимости от ряда причин. При истощении количество белка в теле уменьшается прежде всего из-за обводнения ткани. Но содержание белка может несколько уменьшаться и благодаря повышению жирности. Поэтому этими признаками следует пользоваться осторожно, учитывая другие показатели общего химического состава.

Арбитражным методом является метод Кьельдаля, при котором навеску ткани сжигают в серной кислоте, определяют азот и по этому показателю судят о содержании белка в теле рыб. В принципе, все методы определения протеина основаны на первоначальном определении азота.

Существующие методы определения содержания азота в сырье, полуфабрикатах и готовой продукции можно разделить на две группы: методы, предусматривающие сжигание (минерализацию) навески исследуемого продукта; методы, не предусматривающие сжигание навески.

В анализах, проводимых в лабораториях береговых рыбообрабатывающих предприятий и судов, наиболее часто используются методы, относящиеся к первой группе. Некоторые из них достаточно быстрые. Снижение затрат времени на анализ достигается за счет рационального подбора количественного и видового состава основных реагентов и катализаторов, а

также совмещения отдельных операций (например, минерализации, отгонки и улавливания аммиака) и изменения техники их проведения (например, замена титрования спектрофотометрическим анализом).

В основе методов, не предусматривающих минерализацию навески, лежат цветные реакции, которые протекают в результате взаимодействия белков с некоторыми химическими реактивами.

Метод Кьельдаля

Сущность метода состоит в разложении органических веществ пробы кипящей концентрированной серной кислотой с образованием солей аммония, переводе аммония в аммиак, отгонке его в растворе кислоты, количественном учете аммиака титриметрическим методом и расчете содержания азота в исследуемом материале с последующим пересчетом на белок.

Это очень трудоемкий и продолжительный анализ, и потому в современной лабораторной практике метод Кьельдаля часто пытаются заменить альтернативными методами определения белка, в том числе с использованием дорогостоящих программно-аппаратных комплексов. Но метод Кьельдаля, несмотря на его сложность, до сих пор остается единственным общепризнанным арбитражным методом определения белка, и чаще всего используется в качестве эталонного для калибровки и настройки других методик анализа сырья и готовой продукции.

Метод включает в себя несколько основных этапов: отбор и подготовку проб, мокрое озоление, отгонку с паром и определение концентрации аммония (фотометрически или титриметрически). Для каждого этапа предусмотрены свои аппаратные решения, которые в настоящее время фактически стали стандартом де-факто и практически полностью заменили действия, выполняемые лаборантом вручную.

Этап 1. Отбор и подготовка проб. Необходимое условие получения точных результатов анализа по Кьельдалю – тщательная подготовка образцов. Процедура подготовки проб должна обеспечивать гомогенизацию образца, т. е. размер частиц в анализируемых пробах не должен превышать 1 мм. Однородность образца повышает воспроизводимость метода, а также позволяет уменьшить объем пробы. Обычно при ис-

пользовании частиц малых размеров повышается скорость озоления. Для измельчения мягких образцов рекомендуется использование специальных лабораторных мельниц, но чаще всего бывает достаточно обычной кофемолки. Взвешивание образцов для последующего анализа по Кьельдалю должно проводиться на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Важно знать влажность образца и всегда анализировать либо предварительно высушенные образцы, либо образцы с точно установленным содержанием влаги.

Этап 2. Мокрое озоление. Самым трудоемким и продолжительным этапом в методе Кьельдаля является стадия мокрого озоления, в результате которого происходит полное «сжигание» образца в серной кислоте. Однако использовать для озоления чистую серную кислоту нецелесообразно из-за низкой скорости протекания процесса. Скорости озоления и разрушения образца зависят не только от свойств кислоты, но и от температуры обработки. Чем выше температура, тем меньше времени уходит на разложение. При использовании чистой серной кислоты температура озоления ограничивается, в основном, её точкой кипения (338°C), в то время как для полного разложения необходима более высокая температура. Скорость мокрого озоления можно значительно увеличить за счет добавления солей и катализаторов. Основной эксплуатационной проблемой для данной стадии анализа является выделение большого количества ядовитых паров диоксида и триоксида серы.

Для сбора и нейтрализации вредных выбросов рекомендуется использовать специальный поглотитель и вакуумный насос.

Этап 3. Отгонка с паром. Полученный после стадии разложения прозрачный раствор не годится для непосредственного определения в нем аммонийного азота из большого содержания мешающих компонентов. Для отделения аммонийного азота он переводится в аммиачную форму (добавлением щелочи) и отгоняется с паром на специальных приборах, называемых дистилляторами. Дистилляторы могут также использоваться для отгонки аммонийного азота непосредственно из образцов без их предварительного разложения, что позволяет выделить содержание аммонийного азота из общего азота по Кьельдалю.

Этап 4. Определения содержания аммонийного азота. Результаты

по определению белка принято представлять в мг/л аммонийного азота, поэтому метод определения белка по Кьельдалю часто еще называют методом определения общего азота по Кьельдалю. Пересчет на содержание белка осуществляется по известному коэффициенту, который в общем случае равен 6,25, но может несколько отличаться для различных типов белка. Перегоняемый с паром аммиак собирается в колбе, в которую предварительно помещают раствор борной или серной кислоты с известной нормальностью. Полученный чистый раствор бората или сульфата аммония может быть легко оттитрован прямым или обратным методом. Если ежедневно производится анализ небольшого количества проб, то можно довольствоваться обычным бюреточным титрованием, но для титрования большого количества проб и для повышения точности результатов рекомендуется использовать автоматические титраторы. Хорошей альтернативой титриметрии может стать фотометрическое определение аммонийного азота при помощи готовых реактивов.

*Полумикрометод определения содержания общего азота
(стандартный метод)*

Минерализацию навески следует проводить так же, как по арбитражному методу. Массу навески увеличивают до 0,5 г, так как в дальнейшем проводится разведение.

Колориметрический метод определения содержания общего азота (нестандартный метод). Метод основан на способности NH_4^+ давать интенсивное ярко-желтое окрашивание с реактивом Несслера.

Определение содержания белкового и небелкового азота. Исследуемый материал должен быть смешан с водой. К смеси следует добавить реактив, осаждающий белок. Выпавший осадок белка отфильтровать и определить содержание азота в осадке и в фильтрате. Азот осадка соответствует белковому азоту, а азот фильтрата – небелковому. Если известно содержание общего азота в исследуемом материале, можно ограничиться определением азота только в осадке или в фильтрате и по разности между общим азотом в исследуемом материале и азотом в осадке или в фильтрате вычислить количество белкового азота.

Метод определения содержания белкового азота основан на способности

белковых веществ образовывать с гидратом окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ соединения, не растворимые даже в горячей воде. Количество азота в полученном осадке определяется арбитражным или другим стандартным методом.

Для определения содержания азота истинных белков (белковый азот) следует отвесить 0,5–1,0 г (с погрешностью не более 0,01 г) тонко растертого в ступке исследуемого материала и поместить его в термостойкий химический стакан на 100–150 см³. Добавить 50 см³ дистиллированной воды и нагреть до кипения. К нагретой массе (смеси) прилить 25 см³ раствора медного купороса (60 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ растворить в 1000 см³ дистиллированной воды) и при постоянном помешивании прилить 25 см³ раствора NaOH (12,5 г NaOH растворить в 1000 см³ дистиллированной воды).

После отстаивания смеси жидкость осторожно слить декантацией через бумажный фильтр, а осадок в стакане промыть несколько раз горячей дистиллированной водой, сливая промывные воды через тот же фильтр. Промывание вести до тех пор, пока фильтрат не перестанет давать реакцию на H_2SO_4 (проба с хлористым барием). Промытый осадок количественно перенести на фильтр, просушить и вместе с фильтром сжечь в колбе для сжигания. Все дальнейшие операции, начиная с сжигания пробы, выполнять так же, как и при определении общего азота арбитражным или другим стандартным методом с использованием в процессе минерализации катализаторов или их смеси.

Параллельно провести контрольный опыт в тех же условиях, но без навески, что позволит установить содержание азота в фильтре и в реактивах. Результаты контрольного опыта учесть при расчете содержания общего азота в исследуемом материале. Содержание истинных белков определить путем умножения полученного количества азота на коэффициент 6,25.

При определении белкового азота в мясе жирных рыб собранный на фильтре осадок после высушивания следует промыть петroleйным эфиром и снова подсушить. Удаление жира облегчает последующее сжигание осадка с фильтром.

Метод достаточно хорош, но не безупречен, так как $\text{Cu}(\text{OH})_2$ осаждает частично пептоны. Кроме того, целый ряд аминокислот дает труднорастворимые медные соли, которые, попадая в белковый осадок, трудно вымываются, что способствует завышению результатов

определения. При наличии в исследуемом материале лецитинов азот последних также присоединяется к белковому азоту.

Метод определения белка «по разности»

Поскольку рыба состоит на 70–90% из воды, 1–10% жира, 1,5–3% минеральных веществ и 9–17% белка, то при наличии данных о сухой массе и жирности для определения белка достаточно сделать анализ на содержание в теле зола. Метод дает несколько завышенные данные (в среднем в 1,14 раза) по сравнению с методом Къельдаля, но т. к. ошибка будет постоянной, то получаемые результаты будут сравнимы и вполне приемлемы для практического рыбоводства. Расчет содержания белка, %:

Белок = сухое вещество – жир – зола

Разделение белковых веществ методом гель-хроматографии (Дарбре и др., 1989)

Принцип метода основан на линейной зависимости логарифмов молекулярных масс исследуемых белковых веществ и объемов элюирования при прохождении хроматографической колонки, заполненной гелем с определенным размером пор.

Реактивы: сефадекс G-50 fine, натрий-фосфатный буфер pH 6,5, сахараза 0,5М в фосфатном буфере.

Калибровка колонки. Для определения размерно-массовой характеристики исследуемого белкового раствора проводят калибровку хроматографической колонки, наполненной сефадексом G-50 fine, размером 1,5×50 см и рабочим объемом 100 см³ стандартными образцами с известной молекулярной массой: голубой декстран – 2000 кДа, лизоцим – 12,6 кДа, цитохом С – 12,3 кДа, апротенин – 6,5 кДа, гастрин – 1,7 кДа в фосфатном буфере pH 6,5.

Растворение белковых веществ. Навеску образца корма растворяют в дистиллированной воде в соотношении 1:10 при температуре 0–4°C с использованием магнитной мешалки ММ-5 и последующим центрифугированием при 10 тыс. об./мин. Процесс завершается после полного растворения белковых веществ, регистрируемого при 280 нм на спектрофотометре СФ-46.

Проведение определения. Пробу, содержащую 5 мг/мл и 0,5 М сахарозы объемом 1–2 мл, наносят на колонку и элюируют 0,05 М натрий-фосфатным буфером при pH 6,5 и скорости потока 0,5 мл/мин. Фракции собирают объемом 3 мл. В каждой фракции определяют концентрацию белка при 280 нм, на основании которых строят график распределения белковых веществ по молекулярным массам. Молекулярные массы исследуемых белков находят по калибровочным графикам, учитывая объем выхода фракции элюата.

Определение белка по Лоури (Дарбре и др., 1989)

Принцип метода. Метод основан на образовании окрашенных продуктов ароматических аминокислот с реактивом Фолина в сочетании с биуретовой реакцией на пептидные связи.

Реактивы. Готовят щелочной медный реактив: 2%-ный раствор углекислого натрия в 0,1 н растворе гидроокиси натрия и 0,5%-ный раствор сернокислой меди в 1%-ном растворе калий-натрий виннокислом смешивают в пропорции 50:1, реактив Фолина, 0,15 М раствор хлористого натрия.

Ход определения. К 0,8 мл разведенного гомогената приливают 4 мл щелочного медного реактива и через 10 минут – 0,4 мл реактива Фолина в разведении 1:1. Оптическую плотность проб измеряют через 30–40 минут при 750 нм. В контроле вместо гомогената добавляют 0,8 мл 0,15 М раствора хлористого натрия.

Расчет. Концентрацию общего белка рассчитывают по калибровочному графику, используя в качестве стандарта бычий сывороточный альбумин, и выражают в мкг на мл гомогената или г ткани.

11.4. Определение содержания золы (минеральных веществ)

Содержание золы в теле рыбы имеет возрастную динамику, которая заключается в повышении зольности по мере роста. При истощении содержание золы в теле увеличивается. Низкое содержание золы в теле и в костях может указывать также на недостаток фосфора в рационе.

Метод основан на полном сжигании органических веществ, удале-

нии продуктов их сгорания и определении оставшейся минеральной составной части (золы) исследуемого материала.

Навеску массой 3–5 г, взвешенную с погрешностью не более 0,0001 г, следует поместить в предварительно прокаленный до постоянной массы платиновый или фарфоровый тигель и озолить, предварительно обуглив. Если исследуемое вещество влажное, тигель с навеской поместить в сушильный шкаф для подсушивания навески. При анализе сухого рыбного белка брать навеску массой 1–1,5 г.

Для обугливания тигель с исследуемой навеской необходимо нагреть на слабом огне (на песочной бане или асбестовой сетке нагревательного прибора), избегая вспучивания и разбрызгивания содержимого тигля, а затем на более сильном огне до прекращения выделения газов, не давая веществу воспламеняться. Окончательное озоление навески проводить в муфельной печи при температуре 300–400°C, повышая ее к концу процесса озоления до 500°C (начало темно-бурого каления). Если при озолении частицы угля исчезают очень медленно, тигель охладить, содержимое смочить горячей дистиллированной водой или 3%-ным раствором перекиси водорода. Затем осторожно выпарить воду, не доводя ее до кипения во избежание потерь золы при разбрызгивании. После выпаривания золу подсушить и прокалить до исчезновения частиц угля. Смачивание и прокаливание продолжать до тех пор, пока частицы угля не исчезнут.

При значительном содержании солей в сжигаемом веществе (солевые продукты) последнее нужно сначала осторожно обуглить, прибавить примерно 10 см³ горячей дистиллированной воды и нагреть на кипящей водяной бане (15–20 мин). Затем отфильтровать через беззольный фильтр в колбу или стакан и промыть уголь и фильтр небольшим количеством кипящей воды. Фильтр с обугленными частицами перенести обратно в тигель и полностью озолить. К остатку прибавить фильтрат, выпарить досуха на водяной бане, высушить в сушильном шкафу, слабо прокалить и взвесить. Полученная после сжигания зола должна быть однородной, белой или слегка окрашенной и не должна содержать частичек несгоревшего угля.

По окончании озоления тигель охладить в эксикаторе и взвесить. Прокаливание повторить до получения постоянной массы тигля с золой.

Содержание золы X (в %) рассчитывается по формуле 24

$$x = (m_2 - m_1) \cdot 100 / m, \quad (24)$$

где: m_2 – масса тигля с золой, г; m_1 – масса пустого тигля, г; m – масса исследуемого вещества, г.

Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 0,05%.

11.5. Содержание гликогена в тканях рыб

Высокое содержание гликогена в организме рыб, особенно в печени, как правило, является благоприятным признаком. Однако повышенное содержание гликогена в печени может указывать на высокое содержание в кормах углеводов (табл. 79).

При высоком содержании гликогена в пробе определение проводят «прямым» методом. Если гликогена в пробе мало, что можно ожидать у истощенной рыбы, его предварительно осаждают спиртом – «непрямой» метод, т.к. цветную реакцию с антроном дают также продукты гидролиза белка.

Оборудование и реактивы: фотоэлектроколориметр, антрон – 0,2%-ный раствор, приготовленный на 95%-ном растворе серной кислоты (раствор готовят в день определения), глюкоза – стандартный раствор (1 мл содержит 40 мкг глюкозы); КОН – 30%-ный раствор; этиловый спирт.

Определение гликогена.

«Прямой» метод. В пробирки, содержащие 25–100 мг печени, добавляют 3 мл 30%-ного КОН, закрывают пробками и 20 мин выдерживают на кипящей водяной бане, охлаждают и разводят до 25–50 мл дистиллированной водой. 2 мл полученного раствора смешивают в пробирке с 4 мл антронового реактива и в течение 10 мин нагревают на кипящей водяной бане, затем охлаждают в холодной воде. Проявившуюся сине-зеленую окраску фотометрируют с красным фильтром (620 нм) против холостой пробы (окраска стабильна при комнатной температуре в течение нескольких часов).

Таблица 79

Содержание гликогена в тканях рыб, %

Масса, возраст, условия и особенности содержания рыбы	Гликоген, %
<i>Печень</i>	
Карп 0+, нормальное состояние	8
Карп, нормальное состояние	
Лето	4,8±1,3
Осень	9,2±0,14
Декабрь	15,5±0,66
<i>Мышца белая</i>	
Лето	0,66±0,1
Осень	0,36±0,03
Декабрь	0,44±0,06
<i>Мышца красная</i>	
Осень	1,10±0,13
Декабрь	1,50±0,10
<i>Печень</i>	
Карп 30-40 г	
голодание, февраль-май	1,40±0,20
подкормка, февраль-май	4,20±0,90
15 дней карповый корм	1,60±0,60
после 3 месяцев голодания	
15 дней форелевый корм	3,40±1,70
40 дней карповый корм	10,40±0,70
40 дней форелевый корм	2,80±1,10
Карп 15-25 г	
нормальное состояние	8,50±1,27
2 дня голодания	12,20±1,20
10 дней голодания	8,80±1,70
22 дня голодания	10,70±1,80
100 дней голодания	1,60±0,40
44 дня корм 90% углеводов	12,30±2,30
50% углеводов	9,80±0,90
10% углеводов	8,00±1,60
Форель 2+	
чистая вода	1,7
грязная вода	0,6

Такую же цветную реакцию проводят с раствором глюкозы разных концентраций для построения калибровочного графика.

Между концентрацией и оптической плотностью сохраняется прямолинейная зависимость для концентраций глюкозы 0,1–1,5 мг/мл. Для расчета содержания гликогена найденное по калибровочному графику количество глюкозы делят на коэффициент 1,11, который отражает отношение молекулярного веса глюкозы к молекулярному весу глюкозного остатка в гликогене.

«Непрямой» метод. В центрифужную пробирку берут 25–100 мг ткани, добавляют 3 мл 30% КОН, нагревают 20 мин на кипящей водяной бане. После охлаждения добавляют 4 мл этилового спирта, хорошо перемешивают и вновь нагревают в водяной бане, пока спирт не закипит. После охлаждения отделяют осадок гликогена центрифугированием в течение 15 мин при 3000 об./мин. Надосадочную жидкость осторожно сливают, осадок растворяют в 1 мл дистиллированной воды и снова повторяют осаждение равным объемом спирта. Осадок растворяют в 2 мл дистиллированной воды, добавляют 4 мл антронового реактива. Далее ход определения как при «прямом» методе.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие показатели определяют для анализа химического состава тела рыб?
2. Каким способом определяют показатель сухого вещества?
3. Какими способами можно определить уровень жира в теле рыб?
4. Каким способом разделяют липиды на классы?
5. Как проводится определение уровня протеина в тканях?
6. Каким способом определяют количество зольных элементов?

Глава 12.

Анализ крови рыб

Гематологические методы рассчитаны на работу с небольшими количествами крови, кровяной плазмы, сыворотки. Гематологические показатели могут быстро изменяться в процессе отлова рыбы, ее транспортировки, взятия крови и т. д.

Стрессовые и асфиксические явления приводят к накоплению в организме углекислоты, молочной кислоты, глюкозы в крови, кортикоидных гормонов и адреналина, выбросу в кровь запасных эритроцитов, сопровождаемому повышением концентрации гемоглобина, разбуханию эритроцитов, гемолизу и изменению солевого состава плазмы крови. При быстро наступившем дефиците кислорода концентрация гемоглобина снижается. Поэтому желательно брать кровь у голодной рыбы, выдержанной в хорошо аэрированной воде в течение 5–10 мин после отлова. Если это невозможно, то пойманную рыбу следует сразу помещать в ведро с водой из водоема в соотношении 1:10, содержащей релаксирующую концентрацию одного из анестетиков: пропоксат (0,6–0,8 мг/л), хинальдин (25–30 мг/л), серный эфир (1–1,5%). Вода, в которой находится анестезированная рыба, должна постоянно аэрироваться.

12.1. Техника взятия крови

Кровь можно брать несколькими способами: из сердца, жаберной вены, подкожной артерии, путем отсечения хвостового стебля (каудотомия).

Это зависит от размера объекта, необходимого количества крови, оснащенности и навыка. Для этой цели чаще используют шприц с инъекционной иглой либо пастеровскую пипетку. Инструменты предварительно обрабатывают водными растворами антикоагулянтов: цитрата или оксалата натрия в концентрации 2 мг/мл, лучше гепарин – 1000 ед./мл или ≈ 8 мг/мл, 1 ед. сухого гепарина = 0,0077 мг. Например, выпускаемый в продажу раствор гепарина с исходной концентрацией 5000 м.е./мл разводят в 5 раз. Перед взятием крови

прибегают также к ополаскиванию шприца и иглы прокипяченным 0,65%-ным раствором NaCl. При любом способе взятия крови необходимо соблюдать определенные меры предосторожности: место пункции после снятия чешуи обрабатывают 70° спиртом и высушивают ватным тампоном для удаления слизи, богатой тромбокиназой. Место взятия крови нельзя сжимать во избежание попадания тканевой жидкости, искажающей результаты.

Повторно брать кровь из одного и того же места не рекомендуется. Анализируемая кровь должна быть свежевыпущенной, жидкой. Во избежание разрушения эритроцитов (гемолиза) кровь выпускают в подготовленные пробирки (или часовое стекло) осторожно по стенке.

Способы взятия крови

Из сердца. Рыбу при помощи салфетки надежно фиксируют спиной вниз и вводят иглу (конец пастеровской пипетки), предварительно проколов кожу препаровальной иглой, в точку: у форели – в середине линии, соединяющей основание грудных плавников, у карпа – несколько ближе к голове.

Иглу (пипетку) вводят под углом 30° относительно фронтальной плоскости рыбы. При удачном попадании кровь поступает сразу же.

Из хвостовой вены. Рыбу фиксируют так же. Иглу (пипетку) вводят с брюшной стороны в точку за анальным плавником под углом 45° до упора в позвоночник. Легким движением вправо и влево прокалывают вену и набирают кровь путем осторожного подсасывания (при удачном попадании кровь сразу же появляется в капилляре).

Из подкожной артерии. Рыбу фиксируют на боку. Точка введения: у сеголетков приблизительно на 1–1,5 мм ниже пересечения боковой линии и перпендикулярной к ней, мысленно опущенной от анального отверстия. У более крупных рыб – в точке пересечения от задней границы анального плавника.

Путем отсечения хвостового стебля. Это наиболее простой способ. Отсечению предшествует тщательная обработка поверхности. Хвостовой стебель отрезается за анальным плавником острым скальпелем, ножом или ножницами во избежание разможнения тканей. Кровь

собирают, держа рыбу головой вверх. Данный способ не исключает попадания в кровь тканей жидкости, вследствие чего результаты могут оказаться недостоверными. Учитывая это, для исследования берут 2–3-ю каплю.

Получение сыворотки крови

Взятую кровь переливают в чистые сухие пробирки. Когда кровь свернется, отделяют сгусток от стенок пробирки путем обводки тонкой упругой проволокой, конец которой погружен до дна. После этого для быстрого получения сыворотки кровь центрифугируют сразу же в течение 5 мин при 3 тыс. об./мин.

Сыворотку можно отделить и на следующий день в пробирках, оставленных в холодильнике при $+4^{\circ}\text{C}$ (при более долгом хранении наступает гемолиз). У карпа в норме сыворотка бесцветная или слабо-желтоватая. Сыворотку отсасывают в чистые пробирки, которые можно хранить долгое время в морозильной камере холодильника. Закрывать пробирку удобно путем заклеивания квадратным кусочком лейкопластыря. Повторные замораживания и оттаивания сывороток не рекомендуются. В полевых условиях, где нет холодильника, для кратковременного хранения и доставки проб удобно пользоваться широкогорлым термосом со льдом.

12.2. Изучение гематокрита (общего объема эритроцитов)

В организме может наблюдаться физиологическое или патологическое обезвоживание (сгущение) крови или, наоборот, ее разжижение. В обоих случаях в единице объема крови, соответственно, увеличивается или уменьшается содержание форменных элементов.

Оборудование и реактивы. Можно использовать либо специальную микрогематокритную центрифугу (например, МГЦ-8), либо микроцентрифугу Шкляра, либо микрогематокритную насадку к лабораторной центрифуге. Последняя представляет собой градуированный капилляр диаметром 1 мм, разделенный на 100 частей, монтируемый в металлическую оправу, насаживаемую на ось центрифуги.

Для обработки капилляров при определении гематокрита на

центрифуге применяется либо гепарин – 1000 ед./мл, либо раствор Геллера и Пауля: 1,2% оксалат аммония в смеси с оксалатом калия – 0,8%. Трубочку предварительно следует прополоскать несколько раз раствором гепарина и высушить при комнатной температуре. Раствор Геллера и Пауля насасывают в трубочку и высушивают в сушильном шкафу при 60°C. Использование высушенного антикоагулянта имеет то преимущество перед жидким, что устраняет вычисления, связанные с разведением крови. В настоящее время в продаже имеются уже обработанные антикоагулянтом (гепаризированные) капилляры.

Ход определения. Гематокритная величина, или гематокрит, выражает долю объема крови (%), занимаемую форменными элементами, и определяется центрифугированием крови сразу же после ее взятия в гематокритных трубочках или капиллярах, обработанных антикоагулянтом. При заполнении кровью в капилляр не должны попадать пузырьки воздуха. Заполнение гематокритной трубочки удобно проводить с помощью насасывания через подключенную к ней резиновую трубку подходящей длины и диаметра со стеклянным мундштуком.

Время вращения зависит от скорости. Центрифугируют до получения постоянного объема эритроцитов. Ориентировочно на «МГЦ-8» при 9000 об./мин, на «ЦУМ-1» при 6000 об./мин. – 5 мин. Ручку микроцентрифуги Шкляра вращают со скоростью 60–70 об./мин (насадка при этом вращается со скоростью 7000 об./мин). Кровь центрифугируют в течение 1 мин. Форменные элементы располагаются в периферических концах капилляра, а плазма – в центре. По делениям капилляра определяют соотношение между объемами плазмы и форменных элементов.

Согласно Международной системе единиц (СИ), показатель гематокрита выражается в л/л: 1 л/л – 100%. Например, по старой системе гематокритное число обозначается как 30%, по новой – 0,30 л/л.

Практические рекомендации. Если нет шприца, пастеровских пипеток и гематокритных трубочек, то в полевых условиях проводят отбор проб, определение гематокрита, получение сыворотки и т. д. при помощи обычной инъекционной иглы и стандартной полихлорвиниловой трубочки от обычной шариковой (трубочка длиной 100 мм со стандартным внутренним диаметром 2 мм имеет объем 0,3 см³). Предварительно из

стержня шариковой ручки с помощью пинцета вынимает латунный пишущий элемент, служащий в дальнейшем в качестве пробки. Трубку очищают смоченными спиртом сменяемыми ватными тампончиками, обвертываемыми вокруг конца упругой проволоочки диаметром около 1 мм. Канал пишущего элемента освобождают с помощью заостренных палочек и затем плотно закрывают тонкой конусной пробкой, вырезанной из стенки подходящей полиэтиленовой пробки (например, бутылочной). Выступавший конец срезают вровень с краями пишущего элемента. Канал можно заполнить эпоксидной смолой или пластилином. Для взятия крови любым из указанных способов на конец очищенной трубочки (лучше тот, откуда изъят пишущий элемент) надевают иглу со сточенным под углом 45° (можно на бруске) концом для лучшего попадания в кровеносный сосуд с последующей обработкой раствором антикоагулянта. Заполнить трубку кровью можно легко и без иглы, приставляя ее в наклонном положении к капле, образующейся на срезе после отсечения хвоста. После взятия крови, удерживая трубочку, как пипетку, снимают иглу и закрывают конец трубочки пробочкой, подготовленной указанным выше способом. Для определения гематокрита трубочку с кровью центрифугируют в горизонтальном положении. Для этого ее плотно вставляют в канал, перпендикулярный оси центрифуги, проделанный нагретым на пламени спиртовки (горелки) гвоздем в пробках из обычного мягкого пенопласта, вставленных предварительно в широкие гнезда ротора угловой центрифуги. После центрифугирования при помощи штангенциркуля или линейки определяют расстояние от дна трубки до поверхности жидкости и от дна трубки до линии раздела осевших кровяных клеток. Отношение этих величин, выраженное в процентах, представляет собой гематокрит.

Например, высота столбика всей жидкости 14 мм, высота столбика кровяных клеток 7 мм, гематокрит $= 7:14 \cdot 100 = 50\%$.

Полученную сыворотку можно отсосать с помощью другой чистой трубочки с иглой в пробирки, сделанные из обрезков трубочек путем заплавления их одного конца над пламенем спиртовки и последующего обжата с помощью пинцета, либо, что удобнее, с использованием пробочек, изготовленных, как указано выше. Во избежание образования

воздушной пробки конец иглы необходимо перед выпусканием крови опускать сразу до дна.

Указанное приспособление очень удобно для работы с малыми количествами крови, получаемыми от рыб небольшого размера и молоди, т.к. тонкий диаметр трубки обеспечивает достаточную для отбора высоту столбика сыворотки, что практически невозможно при использовании широких пробирок. При необходимости стержень можно укоротить.

12.3. Содержание гемоглобина в крови рыб

Гемоглобин – это дыхательный белок красного цвета, содержащийся в эритроцитах. Его количество имеет важное диагностическое значение. В крови рыб оно приблизительно следующее (г%): у осетровых (стерлядь, севрюга, осетр) – от 8,3 до 10,8; у большинства пресноводных – от 9,2 до 11,0; у окуня, судака, щуки и леща колеблется от 4,0 до 8,5.

Понижение содержания гемоглобина указывает на угнетение кроветворения, что чаще всего является неблагоприятным признаком, но может служить также и показателем исключительно хороших кислородных условий.

Определение гемоглобина по Сали

Оборудование и реактивы: гемометр Сали (ГС-3), капилляр с отметкой 0,02 мл, 0,1N-раствор соляной кислоты (8,2 мл HCl удельного веса 1,19 на 1 литр дистиллированной воды), дистиллированная вода.

Ход определения. Среднюю пробирку гемометра наполняют до нижней метки 0,1 раствором соляной кислоты. Набирают кровь в капилляр до метки (0,02 мл), не допуская попадания пузырьков воздуха, и удаляют ее излишек путем прикладывания фильтровальной бумаги к кончику капилляра. Осторожно выдувают кровь на дно пробирки так, чтобы верхний слой соляной кислоты оставался неокрашенным. Не вынимая пипетки, ополаскивают ее соляной кислотой из верхнего слоя. После этого содержимое пробирки перемешивают, ударяя пальцем по ее дну. Точно через 5 минут добавляют по каплям дистиллированную воду, жидкость перемешивают стеклянной палочкой, пока цветность не совпадет с цветом стандарта. Определяют количество гемоглобина в г%

по нижнему мениску. Если в гемометре имеется шкала, градуированная в ед. гемоглобина (за 100 ед. принимают 0,001 г-экв. гемоглобина, то есть 16,67 г %), то полученный показатель следует разделить на 6.

Точность гемометра проверяют по образцам крови, содержание гемоглобина в которых определено на спектрофотометре или ФЭКе, или по новому прибору, не бывшему в употреблении.

Источники ошибок:

1. Искажение цвета соляно-кислого гематина, обусловленное количеством и характером плазменных белков.
2. Неточное соблюдение 5 мин выдержки перед началом разведения, т. к. гематиновая окраска со временем усиливается.
3. Выцветание стандартов.
4. Неточная концентрация НС1.

Примечание: равенство диаметров трех пробирок гемометра – непременное условие правильного определения гемоглобина. Проверка: при установке на горизонтальной поверхности все круговые метки должны находиться на одном уровне. В связи с этим нельзя заменять разбившуюся среднюю пробирку любой другой. Гемометр требует тщательного ухода. После работы капиллярную пипетку следует хорошо промыть водой, спиртом с эфиром, а затем высушить, продувая через нее воздух резиновым баллоном. После слива исследованной жидкости пробирку промывают водой и ополаскивают 0,1N раствором соляной кислоты. Гемометр хранить в закрытой коробке, чтобы предохранить стандарты выцветания.

Цианметгемоглобиновый фотометрический метод

Подготовка к исследованию.

Приготовление раствора Драбкина, на 1 л реактива берут: бикарбонат натрия – 1 г, красная кровяная соль – 0,2 г, цианистый калий или натрий – 0,05 г, дистиллированная вода – остальной объем.

Оборудование и реактивы:

- фотоэлектроколориметр (ФЭК) или спектрометр с зеленым светофильтром и кюветами толщиной 1 см;
- химические пробирки с пробками;
- капиллярная пипетка от гемометра Сали объемом 20 мкл;

- градуированная пипетка на 5 мл;
- раствор Драбкина.

Ход определения и учет результатов.

Мерной пипеткой в пробирку наливают 5 мл трансформирующего раствора Драбкина. Пипеткой от гемометра Сали добавляют 20 мкл крови. Содержимое пробирки хорошо перемешивают и оставляют в холодильнике на 20 минут. По истечении этого времени рабочий и трансформирующий растворы наливают в кюветы и, используя зеленый светофильтр, проводят измерения на ФЭКе. Расчет концентрации гемоглобина (г/л) на основе данного определения проводят по формуле 25

$$x = d540 \times 367,1, \quad (25)$$

где: d 540 – показания ФЭК; 367,1 – коэффициент пересчета, учитывающий разведение крови, миллимолярный вес гемоглобина и другие показатели.

12.4. Определение скорости оседания эритроцитов микрометодом Панченкова

Скорость оседания эритроцитов зависит от химического состава и физических свойств крови. В норме у здоровых карповых и осетровых рыб скорость оседания эритроцитов (СОЭ) колеблется от 3 до 10 мм/ч. При воспалительных процессах и инвазиях этот показатель увеличивается.

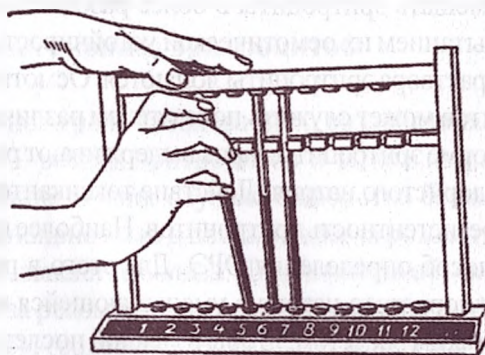


Рис. 49. Аппарат Панченкова

Для определения СОЭ используют аппарат Панченкова (рис. 49), который состоит из штатива с капиллярами (12 шт.) шириной 1 мм, на стенке которых нанесены деления от 0 (сверху) до 100 (снизу). На уровне 0 имеется буква «К» (кровь), а на середине пипетки, около метки 50 – буква «Р» (реактив).

Капилляры перед использованием промывают для предотвращения свертывания крови 5%-ным раствором трехзамещенного цитрата натрия. Раствор набирают в капилляр до отметки против деления 50 «Р» (реактив) и спускают на часовое стекло. Затем этим же капилляром дважды набирают кровь до верхней нулевой отметки – «К» (кровь) и спускают на то же стекло. Смесь хорошо перемешивают и вновь набирают в капилляр до отметки «К», не допуская попадания пузырьков воздуха. Капилляр ставят в штатив аппарата Панченкова на 1 ч, после чего отмечают высоту столбика жидкости в верхней части капилляра, освободившейся от эритроцитов, выражая результаты в мм/ч.

При работе с молодью рыб допускается набирать меньший объем крови (1/2 или 1/4 К), при этом соотношение лимоннокислого натрия и крови необходимо строго сохранять на уровне 1:2.

12.5. Определение осмотической резистентности эритроцитов

Клетки крови приспособлены к обитанию в изотонической среде кровяной плазмы, которая изотонична 0,65%-ному раствору хлористого натрия. Если помещать эритроциты в более разбавленные растворы, то это является испытанием их осмотической устойчивости. При некоторой разбавленности раствора эритроциты лопаются. Осмотическая резистентность эритроцитов может служить показателем различных воздействий на организм. В норме эритроциты карпа выдерживают разбавление среды до 0,33–0,39% хлористого натрия. Действие токсикантов, а также болезней уменьшает резистентность эритроцитов. Наиболее простым является пробирочный способ определения ОРЭ. Для этого в ряде пробирок готовят растворы хлористого натрия в уменьшающейся концентрации (от 0,80 до 0,20%) с таким расчетом, чтобы в каждой последующей пробирке концентрация раствора была на 0,02% ниже предыдущей.

Предварительно хлористый натрий химически чистый высушивают в эксикаторе до постоянной массы. Готовят 10%-ный раствор путем растворения в дистиллированной воде: 180 г NaCl , 27–31 г Na_2HPO_4 и 4,86 г $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Объем доводят дистиллированной водой до 2 л (вода не должна быть кислой). Такой раствор можно хранить несколько месяцев. Из него перед употреблением готовят 1%-ный раствор, которого в первую пробирку наливают 0,80 мл, во вторую – 0,78 и так с интервалом 0,02 до 0,20 мл, а затем другой пипеткой доливают во все пробирки дистиллированную воду до 1 мл (отмеривать точно). В каждую пробирку, начиная с высоких концентраций, добавляют каплю крови. Чтобы капли были равные, необходимо взять пипетку от гемометра Сали, в которую кровь набирают до метки. После смешивания пробирки оставляют при комнатной температуре на 30 мин и затем снова встряхивают.

Там, где эритроциты растворились, жидкость становится ярко-красной и совершенно прозрачной. По мере нарастания концентрации соли окраска слабеет, т. к. там содержится часть негемолизированных эритроцитов. Первая прозрачная пробирка на границе с мутными показывает максимальную резистентность. Пробирки с мутным содержимым центрифугируют в течение 15 мин при 2000 об./мин. Там, где эритроциты не растворились, жидкость совершенно не окрашена, а где частично – желтоватый цвет. Первая пробирка с самым слабым окрашиванием показывает минимальную резистентность. Здесь растворяются самые неустойчивые эритроциты. Результаты ОРЭ выражаются в процентах (например, 0,42%).

12.6. Оценка гемолиза эритроцитов

При различного рода заболеваниях, воздействиях в крови наблюдается гемолиз – распад эритроцитов и выход из них красного пигмента гемоглобина. В этих случаях сыворотка бывает окрашенной с различной интенсивностью в цвета от слегка розоватого до красного в зависимости от степени гемолиза. Для внесения объективного признака степени гемолиза рекомендуется следующий цветной стандарт. Кровь от здоровой рыбы (содержание Нв 8–10 г%) смешивают с дистиллированной водой в соотношении 1:4 для получения гемолизированной

жидкости, которую затем разводят в уленгутовских пробирках в соотношениях, приведенных в таблице 80.

Степень гемолиза выражают в крестах с указанием цвета по стандарту либо в абсолютных величинах содержания гемоглобина в цветном стандарте, приготовленном из крови с содержанием Нв – 9,0 г%.

Полученную указанным выше способом сыворотку осторожно отсасывают пипеткой, помещают в уленгутовскую пробирку того же диаметра, что и пробирки в цветном стандарте. Затем просматривают столбик сыворотки в исследуемой пробирке параллельно с каждым цветным стандартом на просвет перед белым листом бумаги и устанавливают степень гемолиза в %. Эта же сыворотка может быть использована для определения общего содержания белка.

Таблица 80

Оценка гемолиза по цветному стандарту

Показатели	Пробирки								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество гемолизированной жидкости, мл	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Количество воды, мл	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Содержание Нв в цветном стандарте, г%	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,44	1,62
Цвет	светло-розовый			розовый	Розово-красный		красный		
Степень гемолиза	Слабый			Явственный	Сильный		Очень сильный		

12.7. Определение числа эритроцитов пробирочным методом в камере Горяева

Число эритроцитов (в млн в 1 мкл) – важный показатель физиологического состояния рыб, который характеризует наличие анемии.

Подготовка к исследованию.

Приготовление раствора Хендрикса: сульфат натрия – 20 г, хлористый натрий – 5 г, цитрат натрия трехзамещенный – 3 г, ледяная уксусная кислота – 100 мл, вода дистиллированная – до 1000 мл.

Оборудование и реактивы:

- химические пробирки с пробками,
- градуированная пипетка на 5 мл,
- капиллярная пипетка от гемометра Сали,
- пастеровская пипетка,
- камера Горяева,
- микроскоп,
- раствор Хендрикса.

Ход определения и учет результатов.

Градуированной пипеткой в химическую пробирку наливают 4 мл раствора Хендрикса. В капиллярную пипетку от гемометра Сали набирают кровь до метки 20 мкл и выдувают в пробирку, осторожно промывая капилляр несколько раз. Покровное стекло притирают к камере Горяева до появления ньютоновских колец. Содержимое пробирки тщательно перемешивают и пастеровской пипеткой заполняют камеру Горяева (рис. 50). Через 1–2 минуты начинают подсчет числа эритроцитов под микроскопом в 5 больших или 80 малых квадратах, расположенных по диагонали. Для определения количества эритроцитов в 1 мкл достаточно умножить полученное при подсчете число эритроцитов на 10000.



Рис. 50. Камера Горяева

12.8. Определение среднего содержания гемоглобина в одном эритроците

Показатель среднего содержания гемоглобина в одном эритроците (СГЭ) очень важен для выявления гипо- и гиперхроматии. СГЭ в одном эритроците принято выражать в пикограммах (синоним – микромикрограмм); 1 пг – 10^{-12} г.

СГЭ в одном эритроците определяют делением концентрации гемоглобина в 1 мкл крови, выраженной в грамм-процентах, на число эритроцитов в этом же объеме. Для упрощения расчетов можно разделить содержание гемоглобина, выраженное в г/л, на число эритроцитов в миллионах.

12.9. Оценка эритроцитарной и лейкоцитарной картин крови рыб

Приготовление и окраска мазков крови.

Оценку активности эритропоза и учет лейкоцитов ведут по окрашенным мазкам крови.

Оборудование и реактивы:

- обезжиренные предметные стекла,
- шлифованное стекло для изготовления мазка,
- краска Май-Грюнвальда,
- рабочий раствор краски азур-эозина (по Романовскому),
- дистиллированная вода с рН 6,8 – 7,1, нейтрализованная фосфатными буферами.

Подготовка предметных стекол:

- один конец стекла размером в 1–1,5 см шлифуют на наждаке для надписи простым карандашом,
- стекла кипятят в 1%-ном растворе двууглекислой соды – 10 мин,
- охлаждают и промывают водопроводной, а затем дистиллированной водой – 5 мин,
- стекла помещают в слегка подкисленный соляной кислотой раствор дистиллированной воды на 2–3 мин; затем дважды промывают дистиллированной водой, высушивают на воздухе или в

сушильном шкафу и хранят в смеси спирта с эфиром 1:1. Перед употреблением их вынимают, насухо вытирают чистой салфеткой или фильтровальной бумагой. Они готовы к использованию.

Приготовление рабочего раствора краски азур-эозина:

- 5,5 мл концентрированной краски азур-эозина помещают в 250 мл нейтральной дистиллированной воды и тщательно перемешивают.

Ход работы по приготовлению мазков крови.

Кровь после взятия наносят в виде небольшой капли на заранее подготовленное обезжиренное предметное стекло на расстоянии 1,5–2 см от его шлифованного края. Большим и указательным пальцами правой руки берут шлифованное стекло за боковые ребра, ставят на предметное стекло под углом 45° и подвигают тыльной стороной к капле, которая от соприкосновения растекается. Скользящим движением продвигают шлифованное стекло вперед. Кровь должна равномерно распределяться по предметному стеклу в виде мазка. От каждой рыбы готовят не менее двух мазков. После приготовления мазка его высушивают на воздухе в течение 10–15 минут.

Подсохшие мазки без фиксации окрашивают по Паппенгейму (Романовскому – Гимза). Первый этап – окрашивание и фиксация одновременно раствором Май-Грюнвальда в течение 5 минут, затем промывают нейтральной дистиллированной водой. Второй этап – докрасивание в рабочем растворе Романовского 30–40 минут. Качество окраски клеток контролируют под малым увеличением микроскопа. Окрашенные мазки промывают водопроводной водой и высушивают на воздухе.

Оценка активности эритропоэза

По соотношению молодых и зрелых форм эритроцитов оценивают активность эритропоэза. Соотношение эритроцитов выражают в процентах (%).

Оборудование: микроскоп, окрашенные мазки крови, иммерсионное масло.

Ход определения и учет результатов. Под микроскопом на мазке крови просматривают не менее 1000 эритроцитов при увеличении $\times 630$ (под иммерсией). Клетки идентифицируют, используя «Атлас клеток крови рыб» (Иванова, 1983), и выводят процент различных стадий созревания эритроцитов по формуле 26

$$X = (A \times 100)/1000 = A \times 0,1\%, \quad (26)$$

где: А – число незрелых эритроцитов, встречающихся при подсчете 1000 эритроцитов;

Х – искомый процент незрелых эритроцитов.

Определение общего числа лейкоцитов

Лейкоциты, как клетки белой крови рыб, выполняют разнообразные физиологические и иммунологические функции. Они участвуют в регенерации поврежденных тканей, разрушении чужеродных тел, синтезе белка и антител, инкапсуляции паразитов и т. д. Существует непрямой (косвенный) и прямой способ учета лейкоцитов в периферической крови рыб. Число лейкоцитов выражают в 1 мкл крови (тыс. шт./мкл).

Косвенный метод

Оборудование: микроскоп, окрашенные мазки крови, иммерсионное масло.

Ход определения и учет результатов. Определяют число лейкоцитов, встречающихся при подсчете 1000 эритроцитов в мазке крови, и затем пересчитывают их количество на 1 мкл по формуле 27

$$X = (A \times B)/1000, \quad (27)$$

где: Х – общее количество лейкоцитов в 1 мкл крови;

А – число эритроцитов в 1 мкл крови, определенное в камере Горяева;

В – число лейкоцитов, определенное при подсчете 1000 эритроцитов на мазке крови.

Прямой метод подсчета количества лейкоцитов

Приготовление растворов А и В

- 25 мг нейтральброта и 0,6 г натрия хлористого растворяют в 100 мл дистиллированной воды (раствор А можно использовать одни сутки);

- 12 мг кристаллвиолета, 3,8 мг натрия цитрата и 0,4 мл формалина растворяют в 100 мл дистиллированной воды (раствор В можно использовать около недели).

Оборудование и реактивы:

- микроскоп,
- счетная камера форменных элементов крови,
- смеситель для подсчета эритроцитов млекопитающих,
- пастеровские пипетки – стерильные,
- часовое стекло,
- 2%-ный раствор натрия цитрата,
- растворы А и В.

Ход определения и учет результатов.

Кровь из часового стекла набирают в смеситель для подсчета эритроцитов млекопитающих до метки 0,5 или 1. Кончик смесителя вытирают ватой, набирают в смеситель раствор А до половины расширения смесителя, затем до метки 101 заполняют раствором Б.

Если кровь набирают до метки 0,5, то получается разбавление в 200 раз, если до метки 1 – в 100 раз.

После наполнения со смесителя снимают резиновую трубку,жимают его между большим и средним пальцем и перемешивают кровь с разбавляющей жидкостью. Смеситель оставляют в горизонтальном положении на 5–10 минут, затем вновь перемешивают. Первые 2–3 капли, выходящие из смесителя, стряхивают и только следующей каплей заряжают счетную камеру. Покровное стекло должно быть заранее притерто к счетной камере до появления колец Ньютона. Под действием растворов А и В происходит витальная окраска форменных элементов крови. Ядра лейкоцитов окрашиваются в темный фиолетово-красный цвет, а протоплазма – в розовый. В эритроцитах слабо окрашиваются только ядра. Благодаря этому эритроциты и лейкоциты различимы в камере.

Количество лейкоцитов подсчитывают в 80 больших квадратах и определяют их количество по формуле 28

$$X = m \times 250 \times y / n, \quad (28)$$

X – число лейкоцитов в 1 мкл;

m – общее количество клеток в подсчитанных квадратах;

y – степень разбавления крови;

n – число просмотренных квадратов.

Выведение лейкоцитарной формулы

Для характеристики лейкоцитозов и лейкопений, возникающих у рыб при различных заболеваниях, используют дифференциальный подсчет лейкоцитов, то есть выводят лейкоцитарную формулу. Количество различных групп лейкоцитов выражают в процентах (%).

Лейкоцитарный состав представлен у рыб эозинофилами, нейтрофилами, базофилами, относящимися к гранулоцитам; лимфоцитами и моноцитами, относящимися к агранулоцитам, а также бластами.

Оборудование: микроскоп, окрашенные мазки крови, иммерсионное масло.

Ход определения и учет результатов.

Для определения лейкоцитарной формулы производят подсчет 200 клеток белой крови в мазке под увеличением микроскопа об.90 х ок.7 (с иммерсией). Подсчет лейкоцитов лучше проводить в центральных и несколько удаленных от бокового края участках начальной трети части мазка. Все встречающиеся клетки белой крови записывают в специальную таблицу в соответствии с классификацией клеточных форм (Иванова, 1983) и рассчитывают процентное соотношение клеток белой крови, то есть групп лейкоцитов в процентах. Для этого используют формулу 29

$$X = (A \times 100) / 200, \quad (29)$$

X – процент определяемой группы клеток в лейкоцитарной формуле;
A – количество этих клеток, найденное при подсчете 200 лейкоцитов (по показанию счетчика).

Лейкоцитарная формула указывает только на относительное соотношение лейкоцитов. Для определения их абсолютного значения используют формулу пересчета, т.е. выясняют количество каждого вида клеток в 1 мкл крови (шт./мкл).

Формула пересчета 30

$$X = (A \times B) / 100, \quad (30)$$

где: A – процент определяемой группы лейкоцитов в лейкоцитарной формуле, %; B – общее число лейкоцитов в 1 мкл., тыс. шт./мкл; 100 – общий процент всех лейкоцитов в лейкоцитарной формуле, %.

12.10. Содержание белка в сыворотке крови рыб

Рефрактометрический метод определения общего белка

Содержание белка в сыворотке крови менее 2% – показатель неудовлетворительного состояния организма. Уменьшение его отмечается в ответ на воздействие низких температур и некоторых токсинов. Однако низкие значения содержания белка в крови могут быть и при нормальном ходе физиологических процессов, например, у особей в посленерестовый период (табл. 81).

Оборудование и реактивы: рефрактометр, бумага фильтровальная, вата, палочка стеклянная, смесь спирта и эфира для обезжиривания (1:1).

Ход определения. Раскрывают камеру с призмами, ополаскивают их водой, промокают фильтровальной бумагой, ватой и протирают спиртоэфирной смесью. Показатель преломления дистиллированной воды на рефрактометре при 20° равен 1,333. Это значит, что прибор установлен и работает правильно. Сыворотку крови получают так, как описано выше.

Таблица 81

Содержание общего белка в сыворотке крови прудовых рыб, % *

Возраст, масса, г	Условия, особенности	Белок, %
<i>Карп</i>		
0+	Нормальное состояние, лето	≥3,0
	Плохие условия, лето	≤2,5
	Нормальное состояние, осень	3,0-4,5
	В конце зимовки	1,5-1,7
1+	Плохие условия, весна	≤2,5
	Хорошие условия, весна	≥2,8
	Хорошие условия, лето	≥3,5
	Плохие условия, бетонные садки, лето	≤2,8
250	Голод (бетонные садки): октябрь-май	3,1
	октябрь-июнь	2,1
	октябрь-август	1,4
	Больной краснухой, июль	0,6

1	2	3
3000	До нереста	5,7
	После нереста	4,1
<i>Пестрый толстолобик</i>		
1+	Нормальное состояние, лето	3,6±0,1
4+	После введения гормона	1,7-3,0
	Производитель с плохой икрой	0,7-1,0
<i>Белый толстолобик</i>		
1+	Нормальное состояние, лето	4,6±0,2
	45 дней, корм синезеленые водоросли	1,9±0,2
<i>Форель радужная</i>		
10-15	Нормальное состояние, зима	2,6
80-150	Нормальное состояние, зима	3,8
25-30	Нормальное состояние, июль	5,4
60-80	Нормальное состояние, осень	6,2
400	Нормальное состояние, осень	7,8
20	60 дней голодания	1,7
180	60 дней голодания	2,1
Производитель	Перед созреванием	10,0

Примечание: * по системе единиц (СИ) выражается в г/л. Например, 3,0 г% по старой системе соответствует 30 г/л по новой.

Наносят на призму каплю исследуемой сыворотки, закрывают камеру и делают отсчет. Настройку прибора сбивают и определение повторяют дважды. Используют среднюю величину отсчета, до которой определяют содержание белка, пользуясь таблицей 82. Если температура отличается от 20°C, то вводят поправку – 0,0001 на каждый градус (поправку вычитают при более низкой температуре и прибавляют при более высокой). Результаты могут быть искажены за счет веществ сыворотки с высоким показателем преломления. Например липидов или за счет гемолиза.

Таблица 82

**Зависимость между показателем преломления
и концентрацией белка в сыворотке крови**

Показатель преломления с точностью до тысячной n _d	Концентрация белка (%) при показателе преломления с точностью до десятичной									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,337	0,60	0,66	0,72	0,77	0,83	0,89	0,95	1,01	1,07	1,12
1,338	1,18	1,24	1,30	1,36	1,41	1,47	1,53	1,59	1,65	1,70
1,339	1,76	1,82	1,88	1,94	2,00	2,05	2,11	2,17	2,23	2,29
1,340	2,34	2,40	2,46	2,52	2,58	2,63	2,69	2,75	2,81	2,87
1,341	2,93	2,98	3,04	3,10	3,16	3,22	3,27	3,33	3,39	3,46
1,342	3,51	3,57	3,62	3,68	3,74	3,80	3,86	3,91	3,97	4,03
1,343	4,09	4,15	4,20	4,26	4,32	4,38	4,44	4,50	4,55	4,61
1,344	4,67	4,73	4,79	4,84	4,90	4,96	5,02	5,08	5,13	5,19
1,345	5,25	5,31	5,37	5,43	5,48	5,54	5,60	5,66	5,72	5,77
1,346	5,83	5,89	5,95	6,01	6,07	6,12	6,18	6,24	6,30	6,36
1,347	6,41	6,47	6,53	6,59	6,65	6,70	6,76	6,82	6,88	6,94
1,348	7,00	7,05	7,11	7,17	7,23	7,29	7,34	7,40	7,46	7,52
1,349	7,58	7,63	7,69	7,75	7,81	7,87	7,93	7,98	8,04	8,10
1,350	8,16	8,22	8,27	8,33	8,39	8,46	8,51	8,57	8,62	8,68
1,351	8,74	8,80	8,86	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15	9,20	9,26
1,352	9,32	9,38	9,44	9,50	9,55	9,61	9,67	9,73	9,79	9,84
1,353	9,90	9,96	10,02	10,08	10,13	10,19	10,25	10,31	10,37	10,43
1,354	10,40	10,54	10,60	10,66	10,72	10,77	10,83	10,89	10,95	11,01

При наличии гемолиза необходимо из результата определения общего содержания белка вычесть экспериментально установленную поправку на степень гемолиза: при «+» – 0,6–0,7; при «++» – 1,2–1,4; сильно гемолизированная сыворотка для определения общего содержания белка использована быть не может.

Биуретовый метод определения общего белка

Белки реагируют в щелочной среде с сульфатом меди с образованием комплексных соединений, окрашенных в фиолетовый цвет. По

интенсивности окрашивания, которое пропорционально количеству белка, определяют содержание его в сыворотке крови.

Реактивы:

натрия хлорид 154 ммоль/л (изотонический раствор): 9 г хлорида натрия помещают в мерную колбу вместимостью 1 л, растворяют в воде и доводят до метки водой;

натре́дкий 0,2 моль/л: 8 г едкого натра помещают в мерную колбу вместимостью 1 л, осторожно растворяют в воде и доводят до метки водой;

калия йодид 30 ммоль/л раствор йодида калия в 0,2 моль/л растворе едкого натра: 0,5 г йодида калия помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводят 0,2 моль/л раствором едкого натра до метки и растворяют;

калий-натрий виннокислый 4-водный (сегнетова соль);

меди сульфат 5-водный;

биуретовый реактив: 4,5 г сегнетовой соли растворяют в 40 мл 0,2 моль/л едкого натра, прибавляют 1,5 г сульфата меди и 0,5 г йодида калия и растворяют. Доливают до 100 мл 0,2 моль/л раствором едкого натра;

рабочий раствор биуретового реактива: 20 мл биуретового реактива смешивают с 80 мл 0,5% раствора йодида калия;

калибровочный раствор альбумина (из человеческой или бычьей сыворотки) – 100 г/л раствор альбумина в 154 ммоль/л растворе хлорида натрия: 1 г альбумина из человеческой или бычьей сыворотки растворяют в 6–7 мл 0,9% раствора хлорида натрия и доводят изотоническим раствором хлорида натрия до объема 10 мл; 1 мл стандартного раствора содержит 0,1 г белка.

Материал для исследования

Для исследования не следует использовать гемолизированную сыворотку, так как гемоглобин также является белком и будет вступать в биуретовую реакцию, что приведет к ложному завышению результатов анализа: присутствие гемоглобина приводит к завышению результатов на 3% на каждый 1 г/л свободного гемоглобина в сыворотке.

Ход определения

Опытная проба: к 0,1 мл сыворотки прибавляют 5 мл рабочего раствора биуретового реактива и смешивают, избегая образования пены. Через 30 минут (и не позднее чем через час) измеряют на фотометре

в кювете с толщиной слоя 1 см при длине волны 500–560 нм (зеленый светофильтр) против холостой пробы.

Холостая проба: к 5 мл рабочего биуретового реактива прибавляют 0,1 мл 154 ммоль/л раствора хлорида натрия, далее обрабатывают как опытную пробу.

Расчет ведут по калибровочному графику. Построение калибровочного графика: из калибровочного раствора готовят рабочие растворы как указано ниже.

№ пробирки	Калибровочный раствор альбумина, мл	154 ммоль/л раствор хлорида натрия, мл	Концентрация альбумина, г/л
1	0,2	0,8	20
2	0,4	0,6	40
3	0,6	0,4	60
4	0,8	0,2	80
5	1	-	100

Из каждого разведения берут по 0,1 мл рабочего раствора и прибавляют по 5 мл рабочего биуретового реактива; через 30–60 минут измеряют на фотометре, как в опыте, против холостой пробы, начиная с наименьшей концентрации. По полученным данным строят калибровочный график. Калибровочная кривая линейна до 100 г/л альбумина.

Определение белковых фракций (альбуминов и глобулинов) рефрактометрическим методом

Уменьшение альбуминов в сыворотке крови наблюдается при дистрофии. Повышение глобулина – при инфекционных заболеваниях. У сеголетков и двухлетков карпов с хорошей кондицией альбуминов не менее 22%.

Оборудование и реактивы: рефрактометр, центрифуга, водяная баня, аммоний сернокислый – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, центрифужные пробирки.

Ход определения: готовят насыщенный раствор сернокислого аммония путем растворения 80 г его кристаллов в 100 мл горячей дистиллированной воды, фильтруют и для перенасыщения колбу ставят на 15–20 минут в воду с температурой 18–20°C. Чтобы убедиться в том, что насыщенный раствор приготовлен правильно, из него готовят по-

лунасыщенный раствор путем смешивания с дистиллированной водой в равных соотношениях (1:1). Показатель преломления правильно приготовленного раствора должен быть равен 1,370. Если такого значения не получается, то насыщенный раствор следует приготовить заново.

Смешивают полученную сыворотку крови с насыщенным раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1:1 (точно), смесь центрифугируют 8–10 минут. Центрифужные пробирки должны быть закрыты резиновыми пробками во избежание испарения золы, которое может привести к завышенным данным (удобно пользоваться предлагаемыми нами стандартными полихлорвиниловыми трубочками). После центрифугирования глобулины находятся в осадке, над ними в прозрачной жидкости – альбумины и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Помещают 1–2 капли центрифугата в камеру прибора и учитывают показатель преломлений – n_1 . Затем измеряют показатель преломления цельной сыворотки крови – n_2 (табл. 54).

Расчет содержания альбуминов и глобулинов. Содержание альбуминов (%) в исследуемой пробе находят по таблице 83, в которой представлен также показатель преломления дистиллированной воды, альбуминов и небелковых веществ – n_3 . Содержание глобулинов устанавливают расчетом. Для этого из показателя преломления цельной сыворотки крови – n_2 вычитают показатель n_3 , а полученную разность делят на 0,00229 (показатель 1%-ного раствора глобулинов) и получают процентное содержание глобулинов.

Отношение содержания альбуминов к содержанию глобулинов показывает белковый коэффициент: $K = A/G$.

Отмечается, что увеличение количества глобулинов и уменьшение количества альбуминов в сыворотке крови сопутствует ускорению СОЭ.

Таблица 83

Определение альбуминов в сыворотке крови

Показатель преломления центрифугата сыворотки крови, n_1	Альбумины, %	Показатель преломления дистиллированной воды альбуминов и небелковых тел, n_3	Показатель преломления центрифугата сыворотки крови, n_1	Альбумины, %	Показатель преломления дистиллированной воды альбуминов и небелковых тел, n_3
1,3720	0,22	1,3363	1,3790	7,05	1,3497
1,3725	0,90	1,3374	1,3795	8,61	1,3510

1,3730	1,41	1,3384	1,3800	9,17	1,3520
1,3735	2,02	1,3393	1,3805	9,78	1,3531
1,3740	2,40	1,3400	1,3810	10,41	1,3542
1,3745	2,84	1,3408	1,3815	10,84	1,3550
1,3750	3,52	1,3420	1,3820	11,41	1,3560
1,3755	4,09	1,3430	1,3825	11,87	1,3565
1,3760	4,65	1,3440	1,3830	12,46	1,3578
1,3765	5,22	1,3450	1,3835	13,07	1,3589
1,3770	5,59	1,3457	1,3840	13,69	1,3600
1,3775	6,01	1,3464	1,3845	14,30	1,3611
1,3780	6,69	1,3476	1,3850	14,93	1,3622
1,3785	7,29	1,3487			

12.11. Определение содержания общего холестерина в сыворотке крови

Принцип метода. В основе метода – модифицированная Илькиом реакция Либермана-Бурхарда, которая дает изумрудно-зеленое окрашивание в присутствии холестерина и смеси ледяной уксусной кислоты, уксусного ангидрида и концентрированной серной кислоты. Данный метод позволяет проводить определения без предварительной экстракции липидов, что значительно сокращает время анализа.

Реактивы:

1. Смесь ледяной уксусной кислоты, уксусного ангидрида и концентрированной серной кислоты (1:5:1). При смешивании ингредиентов следует избегать нагревания смеси. Для этого колбу, где готовится реактив, постоянно охлаждают, помещая ее в сосуд со льдом, а серную кислоту добавляют в последнюю очередь медленно, по каплям, постоянно помешивая. Смесь должна быть бесцветной или слегка желтого цвета и может длительно храниться в холодильнике.

2. Стандартный раствор холестерина: 100 мг холестерина в 100 мл ледяной уксусной кислоты.

Ход определения. К 2 мл реактива 1 добавляют 0,1 мл негемолизи-

рованной сыворотки, встряхивают короткими энергичными движениями 10 раз и помещают в темное место на 20 мин. Окрашенную в зеленый цвет жидкость колориметрируют в фотоэлектроколориметре, применяя красный светофильтр (длина волны 650–660 мкм) и кюветы диаметром 0,5 см.

Расчет производят по предварительно составленной градуировочной таблице.

При постановке реакции нужно пользоваться абсолютно чистыми и совершенно сухими пробирками и пипетками. Соотношение ингредиентов реактива рассчитано так, что белки сыворотки не выпадают в осадок. Появление мути может быть вызвано только наличием воды в реактиве или посуде.

Расчет холестерина и его эфиров производят в процентах на липиды или сухую (сырую) ткань, в сыворотке – в мг%.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Каким способом берут кровь у рыб?
2. Как получают сыворотку крови?
3. Что характеризует общий объем эритроцитов и как он определяется?
4. Какими способами пользуются для определения уровня гемоглобина в крови рыб?
5. Как определяют СОЭ?
6. Особенности приготовления и окраски мазков?
7. Методы определения белка в сыворотке.

Промышленный выпуск комбикормов для рыб определил необходимость системы контроля их качества. Ее целью является обеспечение сохранности питательной ценности компонентов и самих комбикормов, выявление их недоброкачества, которая может вызывать не только паталогические изменения в организме рыб, но и их гибель.

Система контроля комбикормов и компонентов основана на ряде разных по природе показателей:

- антипитательные факторы, возникающие при дисбалансе основных групп питательных веществ (белки, жиры, углеводы), а также незаменимых аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов;
- токсические факторы (присутствие токсинов плесневых грибов и других микроорганизмов, в том числе возбудителей болезней, токсинов из растительного сырья, сельскохозяйственных ядохимикатов, соединений тяжелых металлов, продуктов окисления жиров и т. д.);
- факторы технологической природы (тонина помола исходных компонентов, водостойкость частиц корма, их размерность, крошимость и т. д.).

Выдерживается следующая очередность операций:

- входной контроль качества поступающего сырья;
- технологический контроль процессов производства комбикормов;
- контроль качества выработанных комбикормов на выходе, при отправке их в рыбхозы;
- контроль качества комбикормов при поступлении в рыбоводные хозяйства, а также непосредственно перед скармливанием рыбам.

Все корма обычно имеют специфический запах основного сырья. Недопустимы даже малейшие признаки затхлости или гнилости. Влажность каждого вида кормов или их компонентов не должна превышать величины, указанной в прилагаемом к каждой партии сертификате.

Жмыхи и шроты масличных культур должны также быть без гни-
лостного запаха, примесей. Зерновые культуры, в первую очередь
пшеница, ячмень, рожь, должны быть сухими и не зараженными вре-
дителями злаковых культур.

Учитывая, что кормление рыб проводится в воде, при определении
качества гранулированных кормов, наряду с внешними признаками,
необходимо исследовать их водостойкость. Обычно водостойкость
определяют по скорости набухания гранул, интенсивности их размы-
вания и экстрагирования питательных веществ.

Скорость набухания

Скорость набухания или скорость размягчения гранулированного
корма оценивают как объемным, так и весовым методами.

При объемном методе определения частичного набухания гранул берут
три параллельных пробы по 10 шт. для каждого интервала времени. До на-
чала исследования гранулы каждой пробы измеряются штангенциркулем с
точностью до 0,1 мм для определения их среднего объема и погружаются
в сосуды с водой. Желательно, чтобы объем воды в сосудах превышал
объем гранул не менее, чем в 10 раз. Длительность опытов определяется
поставленными задачами. Для практических целей набухание гранул це-
лесообразно проводить в течение 0,5; 1; 2; 3 часов. По окончании каждой
экспозиции опытные гранулы с помощью пинцета извлекают из сосудов и
скальпелем снимают набухшую часть корма. Сохранившуюся часть гра-
нул измеряют тем же методом и вычисляют среднюю величину. Затем по
разности определяют скорость набухания в процентах к первоначальной
величине. Расчет набухания проводят по следующей формуле 31

$$A = 100 - [(V - V_1) / V] \cdot 100, \quad (31)$$

где: A – скорость набухания, %;

V – первоначальный объем гранул, мм³;

V_1 – конечный объем гранул, мм³.

Это же уравнение после некоторых преобразований будет иметь
следующий вид (формула 32)

$$A = 100 - [(d^2 h - d_1 h_1) / (dh)] 100, \quad (32)$$

где: d – первоначальный диаметр гранул, мм;

d_1 – конечный диаметр гранул, мм;

h – первоначальная длина гранул, мм;

h_1 – конечная длина гранул, мм.

При использовании весового метода рекомендуется исследовать две параллельные пробы по 10 гранул для каждого интервала времени. До начала экспозиции определяется средняя масса каждой пробы, которые затем погружаются в сосуды с водой. Через определенное время каждая группа проб извлекается из воды, гранулы очищают от набухшей части, доводят до постоянной массы и определяют среднюю массу каждой пробы. Скорость набухания определяют по абсолютной сухой массе следующим уравнением 33

$$A = (W - W_1) 100 / W, \quad (33)$$

где: W – средняя начальная масса, кг/ч;

W_1 – средняя конечная масса, мг.

Полное набухание гранул рекомендуется определять с момента их погружения в воду до полного размягчения. С этой целью подготавливают ряд параллельных проб по 10 гранул в каждой, и по двум-трем пробам выявляют приблизительное время полного набухания. Затем закладывают полную серию проб и примерно за 25–30 минут до ориентировочного времени, через каждые 5 минут, определяют время полного набухания. Момент полного набухания определяют путем слабого нажатия острием препаровальной иглы на вертикально установленные гранулы.

Интенсивность размывания

Интенсивность размывания гранулированного корма определяют тем же методом, что и скорость полного набухания. Этот метод позволяет определять механическую прочность гранул в набухшем состоянии. Полное размывание определяют по деформации гранул исследуемого корма, при этом происходят не только механические потери, но и экстрагирование питательных веществ. Длительность процесса обычно фиксируют визуальными наблюдениями.

Интенсивность экстрагирования питательных веществ

Определяют по пробам исследуемого корма, которые извлекают из воды через определенные промежутки времени и подвергают химическому анализу. Опыты проводят в стеклянных сосудах, объем которых должен не менее чем в 50 раз превосходить пробу исследуемого корма. Для исследования берут из среднего образца не менее трех проб средней массой каждая около 100 г. Затем две параллельные пробы помещают в сосуды с водой и отмечают время. Третью пробу используют для получения первоначальных данных по исследуемым химическим ингредиентам. Через заданное время воду из сосудов сливают, затем осторожно извлекают и подсушивают (следует избегать механических потерь) пробу. В подсушенном образце определяют потери по разнице между массой пробы в начале и конце опыта, а также содержание соответствующих химических компонентов по общепринятым методикам. Расчеты рекомендуется проводить по следующей формуле 34

$$A = 100 - [(a_1 - b) / (ab)] 100, \quad (34)$$

где: А – потери исследуемого вещества к исходному содержанию, %;

а – исходная масса корма, г;

a_1 – масса корма после экспозиции, г;

б – исследуемое вещество в исходной пробе, %;

b_1 – исследуемое вещество в конечной пробе, %.

Влажность корма

Весьма важный показатель оценки качества, так как увеличение влажности ускоряет процесс порчи любых видов кормов. Сущность метода определения предусматривает подготовку и проведение испытания. При подготовке к испытанию на железном листе нагревают хлористый кальций до получения жидкой массы. Затем после испарения воды его прокаливают до получения сухого вещества, которое разбивают на куски нужной величины и помещают в банку с притертой пробкой. Затем для проведения испытания в предварительно высушенные до постоянной массы бюксы берут две пробы исследуемого продукта

(около 5 г каждая), взвешенные с точностью до 0,01 г. Исследуемый корм тонким слоем рассыпают по дну бюкса. Открытые бюксы вместе с крышками помещают в предварительно нагретый до температуры $130 \pm 2^\circ\text{C}$ электросушильный шкаф. Высушивание проводится в течение 40 минут, считая с момента фиксации температуры. Через 40 минут бюксы вынимают из сушильного шкафа тигельными щипцами.

Переокисное число оценивается по количеству йода, выделенного из йодистого калия переокисными соединениями, содержащимися в 100 г жира (%).

Кислотное число определяется по количеству едкого калия, израсходованного для нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в одном грамме жира.

Переокисное число жира комбикорма

Определение переокисного числа основано на реакции окисления йодисто-водородной кислоты водородом, выделяющимся при разложении перекиси в кислой среде. Кислотное число определяется методом титрования, основанным на нейтрализации свободных жирных кислот раствором щелочи. Для определения переокисного и кислотного чисел требуются следующие реактивы: хлороформ; уксусная кислота ледяная; йодистый калий (насыщенный на холоде водный раствор готовится перед применением); дистиллированная вода; крахмал (1%-ный водный раствор); натрий серноватистокислый (0,002 н); бензол безводный; этиловый спирт; спиртовой раствор едкого калия (КОН 0,1 н готовится за день до применения); спиртовой раствор фенолфталеина (1%).

Посуда: банки с притертой пробкой емкостью 0,5 и 1 л. Стаканы химические на 50, 100 и 200 мл. Колбы конические с притертыми пробками на 500 мл. Бюретки на 50–100 мл. Мензурки мерные на 100 мл. Воронки диаметром 5 и 9 см. Цилиндры мерные на 10 и 100 мл. Пипетки градуированные на 1 и 3 мл. Стекланные палочки. Химические бумажные фильтры. Марля. Весы аналитические и штатив железный с лапками.

Для проведения анализа следует с помощью хлороформа извлечь жир из исследуемого корма. Для этого 250–300 г корма помещают в банку емкостью 0,5 л, заливают хлороформом до полного смачивания гранул

на 6–8 ч. Затем отцеживают через чистую 4-слойную марлю хлороформ с извлеченным жиром. После этого его фильтруют через бумажный складчатый фильтр в химический стакан. Полученный экстракт наливают в предварительно взвешенные на аналитических весах стаканы на 50 мл с таким расчетом, чтобы после испарения хлороформа в них осталось около 0,2–0,4 г жира для определения перекисного числа и около 1–2 г жира для определения кислотного числа. На каждую пробу должно быть не менее 5 стаканов с жиром. После полного испарения хлороформа стаканы с жиром взвешивают и по разности массы (стакан с жиром минус стакан без жира) определяют пробу жира.

Определение перекисного числа начинается с того, что в стакан с пробой жира (0,2–0,4 г) наливают по 30 мл смеси хлороформа с ледяной уксусной кислотой (приготовленной из равных частей компонентов) и при помешивании стеклянной палочкой растворяют жир. Раствор без потерь переносят в коническую колбу с притертой пробкой. Затем в колбу добавляют 1 мл насыщенного водного раствора йодистого калия, закрывают пробкой и смесь тщательно перемешивают. При этом не должно происходить нарушения гомогенности растворов, в противном случае увеличивают количество растворяющей смеси. Раствор выдерживают в течение 20 минут без света. После этого содержимое колбы разбавляют 50 мл дистиллированной воды и приливают 3 мл 1%-ного раствора крахмала. Выделившийся йод оттитровывают 0,002 н раствором серноватистокислого натрия. Одновременно в тех же условиях проводится контрольный опыт.

Перекисное число (ПЧ) определяют по следующей формуле 35

$$ПЧ = [(V_1 - V_0)0,02538] / P, \quad (35)$$

где: V_1 – количество 0,002 н раствора серноватистокислого натрия, пошедшее на титрование выделившегося йода в основном опыте, мг;

V_0 – количество 0,002 н раствора серноватистокислого натрия, пошедшее на титрование в контрольном опыте, мг;

0,02538 – титр 0,002 н раствора серноватистокислого натрия, выраженный по йоду и умноженный на 100;

г – поправка к титру 0,002 н раствора серноватистокислого натрия;

P – проба жира, г.

Такие вычисления производят для каждого из пяти образцов жира. Затем вычисляют среднюю величину, которая и будет показателем перекисного числа исследуемого корма.

Кислотное число

Определение кислотного числа производят в стаканах с пробой (1–2 г) жира, экстрагированного из исследуемого корма. В каждый из таких стаканов наливают по 50 мл предварительно нейтрализованного бензола и растворяют жир. Раствор без потерь переносят в конические колбы с притертыми пробками и титруют 0,1 н спиртовым раствором КОН в присутствии фенолфталеина до розового (красноватого) цвета, не исчезающего в течение 10 секунд.

Кислотное число (КЧ) жира (мг КОН) вычисляют по следующей формуле 36

$$КЧ = (V \cdot 5,611) / P, \quad (36)$$

где: V – количество 0,1 н раствора КОН, израсходованное при титровании, мг;

5,611 – титр 0,1 н раствора КОН;

г – поправка к титру 0,1 н раствора КОН;

P – проба жира, г.

Средняя величина кислотного числа вычисляется из пяти исследованных проб.

Определение токсичности комбикорма по биопробе на инфузориях стилонихиях (экспресс-метод ВНИРО)

Метод основан на извлечении из исследуемых продуктов различных фракций токсических веществ ацетоном и последующем воздействии водных растворов этих фракции на инфузории стилонихии.

Аппаратура, материалы, реактивы. Весы лабораторные 4-го класса точности, мельница лабораторная марки МРП-2 или других аналогичных марок, микроскоп бинокулярный стереоскопический с увеличением 2×8 марки МБС, фильтр мембранный № 6, шкаф сушильный, блок микроаквариумов луночных, колбы конические исполнения 2

(с шлифованными пробками) вместимостью 50–100 см³, стаканы химические вместимостью 100 см³, шприц медицинский многократного использования, пипетки исполнения 2, вместимостью 10 и 15 см³ или исполнения 6, 7 вместимостью 25 см³, пробирки исполнения 2 (с шлифованными пробками) вместимостью 25 см³, пробирки вместимостью 5 см³, пипетки пастеровские, чашки Петри, штатив для пробирок, часы песочные на 2 мин., дрожжи пекарские прессованные, бумага фильтровальная, карандаш по стеклу, сито лабораторное с отверстиями диаметром 0,5 мм, культура инфузорий стилонихий, ацетон.

Изготовление блока луночных микроаквариумов. Блок луночных

микроаквариумов изготавливают из пластин органического стекла размером 15х9х1,3 см. В пластине высверливают с последующей полировкой 5 рядов по 10 лунок. Диаметр каждой лунки 1,2 см – верхний, 0,8 см – нижний, глубина – 0,7 см. Рабочий объем каждой лунки 0,4 см³ (рис. 51).

Чашки Петри, блоки микроаквариумов моют мыльным раствором и ополаскивают водопроводной проточной водой. Блоки из оргстекла сушат только на воздухе, чашки Петри прокалывают в сушильном шкафу при температуре 150–180°С.

Не допускается использование посуды и проведение испытаний в помещениях, предназначенных для проведения химических анализов.

Культуру инфузорий стилонихий приобретают в лаборатории прикладной физиологии и токсикологии Всесоюзного научно-

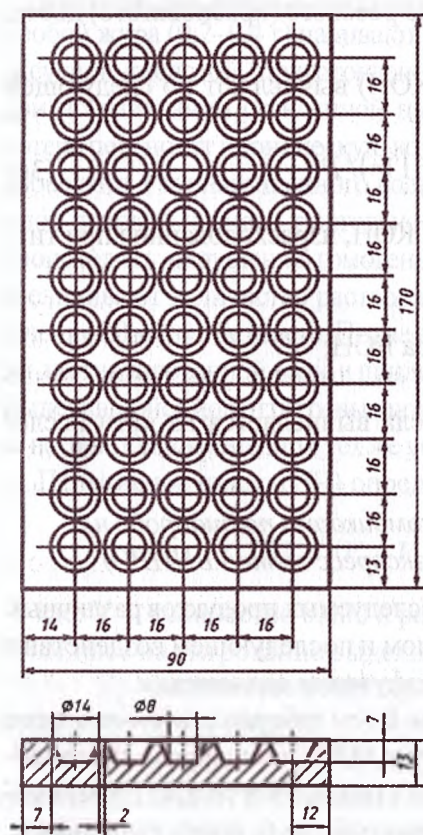


Рис. 51. Блок луночных микроаквариумов

исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Транспортируют в стеклянной посуде вместимостью 50–100 см³, не допуская перегрева и переохлаждения. Период акклиматизации к лабораторным условиям составляет 24 ч.

Средой для культивирования стилонихий является водопроводная вода, которую отстаивают в закрытых ватным тампоном колбах в течение 1 недели и стерилизуют нагреванием на кипящей водяной бане в течение 1 ч.

Приготовление корма для инфузорий. Свежие пекарские пресованные дрожжи массой около 50 г измельчают и высушивают до постоянной массы в бытовом холодильнике. Хранят в чистой банке с притертой пробкой. Срок хранения – 12 мес.

Культивируют стилониhiю в чашке Петри, используя в качестве корма сухие пекарские дрожжи в количестве около 0,003 г во время посева культуры. Пересев культуры проводят 2 раза в неделю.

При пересадке инфузории носик пипетки необходимо вносить непосредственно в водную среду, находящуюся в чашке Петри.

Приготовление среды для культивирования инфузорий (культуральной среды). Культивирование проводят при комнатной температуре 18–28°C и естественном освещении, избегая прямых солнечных лучей. Допускается в случае низкой комнатной температуры использовать лампу дневного света, устанавливая ее сверху на расстоянии 1 м от стола, на котором находится стилонихия. Для поддержания необходимой температуры лампу вместе с чашками Петри со стилонихией накрывают полиэтиленовой пленкой (подобие теплички).

Подготовка пробы для испытаний. Среднюю пробу исследуемого продукта измельчают и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Навеску исследуемого продукта массой 10 г помещают в пробирку с пришлифованной пробкой вместимостью 25 см³, заливают ацетоном в количестве (в зависимости от вида испытуемого продукта), указанном в табл. 1, и экстрагируют при энергичном встряхивании в течение не менее 2 минут. Пробирку помещают в штатив и дают отстояться в течение 15 минут. При необходимости допускается увеличивать коли-

чество ацетона, но не более чем на 2 см³ (при высокой разбухаемости исследуемого продукта и невозможности получения отстоявшегося экстракта в нужном количестве) и вновь экстрагируют в течение 2 минут.

Экстракт в количестве 0,5 см³ осторожно отбирают при помощи длинной иглы шприцем и переносят в химический стакан с отстоянной в течение одной недели и декантированной водой комнатной температуры. Количество воды в стакане для различных видов испытуемого продукта указано в табл. 84.

Экстракцию сырья с малым удельным весом (мучку, отруби) следует проводить в конических колбочках вместимостью 50–100 см³ с пришлифованными пробками, а отстоявшийся в них экстракт для удобства отбора шприцем переливают в пробирку вместимостью 5 см³, дают отстояться еще в течение 5 минут, а затем 0,5 см³ экстракта переносят также в химический стакан с водой.

Таблица 84

Наименование испытуемого продукта	Количество ацетона, см ³	Количество воды, см ³
1. Комбикорма для рыб	14	50
2. Комбикорма для сельскохозяйственных животных и птиц	15	40
3. Зерно, отруби	15	40
4. Мука пшеничная	10	40

Подготовка тест-организмов

Для биотестирования используют суточную культуру инфузорий. Для этого инфузории за сутки до постановки опыта в массе пересаживают на новую среду с кормом (на 25 см³ среды – не более 0,003 г пекарских сухих дрожжей, избыток корма может привести к гибели инфузорий) и культивируют при температуре 24–26°C. При этом инфузории концентрируются вокруг корма.

Проведение испытания

Для исследования одного образца корма используют пять повторностей (пять микроаквариумов). Пересадку и подсчет инфузорий проводят под микроскопом при увеличении 2×8.

Отбирают пастеровской пипеткой инфузории, сконцентрированные вокруг корма в чашке Петри, и вносят их в каждый микроаквариум по одной капле. При этом в каждый микроаквариум должно попасть от 10 до 20 шт. инфузорий.

Просматривают под микроскопом численность инфузорий в каждом микроаквариуме, и если их слишком много в одном и недостает в других, то инфузории более или менее равномерно распределяют в микроаквариумах той же пипеткой.

После распределения инфузорий в каждый микроаквариум другой пастеровской пипеткой вносят по две капли пробы для биотестирования. Через 5 минут подсчитывают инфузории в каждом микроаквариуме и заносят их численность в журнал. Травмированные инфузории при подсчете не учитывают.

После подсчета инфузорий объемы содержимого в микроаквариумах доводят до $\frac{1}{2}$ их вместимости внесением той же пробы, и регистрируют время в журнале.

При внесении экстракта исследуемой пробы в микроаквариумы следует носик пипетки вытирать ваткой во избежание попадания в микроаквариумы жира с наружной стороны пипеток.

Параллельно, с целью определения качества ацетона и воды, проводят контрольный опыт. Для этого также в пять микроаквариумов помещают вышеуказанным способом инфузории и доводят каждый микроаквариум водным раствором ацетона с массовой долей 1% до его вместимости. Численность инфузорий в каждом аквариуме регистрируют в журнале.

Через 1 ч экспозиции вторично подсчитывают численность инфузорий. Инфузории в контроле должны остаться живыми.

В случае токсичности продукта инфузории в опыте подвергаются распаду – лизису. Количество погибших (лизированных) организмов зависит от степени токсичности корма.

Степень токсичности исследуемого продукта определяют по выживаемости инфузорий через 1 ч экспозиции в вытяжке исследуемого продукта.

Выживаемость инфузорий (N) в процентах вычисляют по формуле 37

$$N = \frac{N_2}{N_1} \cdot 100, \quad (37)$$

где: N_2 – среднее арифметическое (из пяти повторностей) количество инфузорий через 1 ч экспозиции, шт.;

N_1 – среднее арифметическое (из пяти повторностей) количество инфузорий в начале опыта, шт.

Степень токсичности исследуемого продукта определяют по таблице 85.

Таблица 85

Степень токсичности исследуемого продукта

Степень токсичности испытуемого продукта	Выживаемость инфузорий, %, для	
	свиней	других видов сельскохозяйственных животных, птиц, рыб
Нетоксичный	90-100	81-100
Слаботоксичный	50-89	50-80
Токсичный	0-49	0-49

Хранение комбинированных кормов

Гранулированные корма рекомендуется хранить в специальных производственных складских помещениях в мешках или насыпью. При таких условиях гранулы могут храниться до двух месяцев, а в отдельных случаях и более длительное время. Особенно благоприятно сказывается на сроках хранения кормов применение различных антиокислителей. Так как прежде всего окислению подвергаются жиры, то и действие антиокислителей направлено на предупреждение этих процессов. В нашей стране в качестве антиокислителей для пищевых целей разрешены следующие: бутилоксанизол (БОА); бутилокситолуол (ионол, БОТ); додецилгаллат (ДГ); аскорбиновая кислота (витамин С). В качестве кормовых антиокислителей рекомендуются сантохин и дилудин, анфелан.

Введение указанных антиокислителей (0,02% к массе кормовой смеси) способствует увеличению срока хранения кормов. Отмечено, что смесь антиокислителей в силу эффекта синергизма оказывает более сильное стабилизирующее действие на окислительные процессы. Однако, несмотря на применение антиокислителей, через определенное время жиры окисляются, и корма становятся непригодными для использования в кормовых целях. Для выявления качества корма по величине окисленного жира согласно ГОСТу 8285-74 определяют перекисное и кислотное числа. Если перекисное число не превышает 0,3% йода, а кислотное 30 мг КОН, такие корма можно использовать для кормления рыб. При более высоких значениях указанных показателей корма становятся непригодными для дальнейшего использования.

Определение различных групп углеводов в кормах и компонентах

Разделения углеводов в кормах и компонентах проводят по схеме, предложенной А.Р. Кизелем (Журавлев, 1963).

Разделение основывается на различной растворимости разных групп углеводов в таких растворителях, как этиловый спирт, слабые и концентрированные растворы минеральных кислот. При этом выделяют следующие группы углеводов: сахара (моно-, ди- трисахара), легкогидролизуемые углеводы (олиго- и полисахариды типа крахмала и гликогена) и трудногидролизуемые углеводы (сложный комплекс соединений оболочек растительных клеток и опорных тканей животных (целлюлоза, лигнин, хитин, углеводы костных тканей).

Количественное определение углеводов проводят колориметрически по методу Дюйбоса и др. (Плешков, 1985).

Определение различных групп углеводов в одной навеске

Принцип метода. Углеводы извлекаются из биологического материала этиловым спиртом, 2%-ным раствором соляной кислоты и 72,5%-ным раствором серной. Фенол при взаимодействии с углеводами в присутствии концентрированной серной кислоты окрашивается в желто-оранжевый цвет. Степень окрашивания пропорциональна содержанию углеводов.

Реактивы: этиловый спирт 80%-ный и 96%-ный, 2%-ная соляная кислота, 72,5%-ная серная кислота, 1%-ный раствор фенола, концентрированная серная кислота.

Выделение сахаров. Навеску хорошо измельченного корма или его компонента массой 0,3–0,6 г помещают в колбу и заливают 10 мл 96%-ного этилового спирта и трижды доводят до кипения при помешивании стеклянной палочкой. После охлаждения и осаждения исследуемого материала фильтруют через беззольный фильтр в фарфоровую чашку на 50 мл. При фильтровании необходимо сливать лишь прозрачный верхний спиртовой раствор и избегать перенесения осадка на фильтр. К осадку приливают 10 мл 80%-ного этилового спирта, дважды доводят до кипения и профильтровывают через беззольный фильтр в фарфоровую чашку. Фильтр промывают небольшим количеством спирта.

Спирт в фарфоровых чашках удаляют выпариванием при комнатной температуре или на нагретой водяной бане и затем после растворения осадка сахаров в воде используют раствор для количественного определения.

Выделение легкогидролизуемых углеводов. Осадок после растворения сахаров заливают 50-кратным объемом 2%-ного раствора соляной кислоты и кипятят на водяной бане в течение пяти часов, затем центрифугируют и надосадочную жидкость сливают в мерную колбу на 100 мл.

Осадок дважды промывают дистиллированной водой и центрифугируют. Центрифугаты объединяют для определения в них углеводов методом Дюйбоса.

Выделение трудногидролизуемых углеводов. Осадок после определения легкогидролизуемых углеводов заливают 20-кратным объемом 72,5%-ной серной кислоты и выдерживают два часа при 30°C. Добавляют дистиллированной воды в расчете 10 мл на 1 г образца и кипятят два часа на водяной бане. После охлаждения центрифугируют, и надосадочную жидкость сливают в мерную колбу на 100 мл. Осадок дважды промывают дистиллированной водой и центрифугируют. Центрифугаты объединяют для определения в них углеводов методом Дюйбоса.

Количественное определение углеводов. В растворах сахаров из фарфоровых чашек и объединенных центрифугатах после гидролиза 2%-ной соляной кислотой и 72,5%-ной серной проводят определение углеводов методом Дюйбоса. Для этого 1 мл раствора, содержащий от 10 до 70 мкг углеводов, переносят в широкую пробирку диаметром 16–20 мм и добавляют 1 мл 1%-ного водного раствора фенола (10 г свежеперегнанного фенола растворяют в 1 л воды), после чего в пробирку приливают точно 5 мл химически чистой серной кислоты (плотность 1,84). Пробирки оставляют на 10 минут, затем встряхивают, и содержимое выдерживают на водяной бане 10–20 минут при 25–30°C для развития окраски. Окраска стабильна в течение нескольких часов. Интенсивность окрашивания определяют на фотоколориметре при 490 нм.

Расчет содержания различных групп углеводов проводят по калибровочному графику с учетом всех разведений и массы исследуемого образца. Точность определения составляет 2%.

Построение калибровочного графика. Из стандартного раствора сахарозы (1 мг/мл) готовят рабочие растворы концентрацией 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 70 мкг/мл. Далее определение проводят как в опыте.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. На каких показателях основана система контроля качества комбикормов?
2. Каким способом и для чего определяют скорость набухания комбикорма?
3. Каким способом и для чего определяют интенсивность размывания комбикорма?
4. Для чего определяют интенсивность экстрагирования питательных веществ?
5. Что такое перекисное и кислотное числа жира и каковы методы их определения?

Глава 14.

Болезни, вызываемые недоброкачественными кормами

Выращивание рыб с использованием недоброкачественных кормов, окисленных жирами, высокообсемененных микрофлорой и содержащих токсические вещества различного происхождения, может привести к различным патологиям. Материалы этой главы представлены по данным Н.А. Головиной с соавторами (2010).

14.1. Патологии, вызванные продуктами окисления жиров

Церроидная дегенерация (липоидная дистрофия, жировое перерождение) – болезнь, характеризующаяся дегенеративным ожирением печени, развивающимся в результате нарушения обмена веществ. При этом в пораженной ткани образуется коричнево-желтый пигмент (цероид) – продукт самоокисления патологически накопленных ненасыщенных жирных кислот.

Болезнь развивается при использовании для выращивания рыб кормов, у которых в результате чрезмерно длительного или ненадлежащего хранения увеличилось количество свободных жирных кислот и образовались перекиси, токсичные для рыб.

Болезни подвержены рыбы всех возрастов. В первую очередь поражается печень, после продолжительной интоксикации ярко обнаруживаются морфологические изменения.

Клиническая картина заболевания (по данным Н.А. Головиной с соавторами, 2010) может различаться у разных видов рыб. Например, у карпа отмечают дряблость мышц, синдром «острой спины», при котором наблюдается изменение паренхимы печени. У канального сома развивается анемия, в печени наблюдаются очаги некроза. У молоди тихоокеанских лососей наряду с нарушениями функций печени можно наблюдать также нарушения кожного и жаберного дыхания, кроветворения.

У атлантического лосося при длительной интоксикации наблюдается деформация жаберных крышек, кровоизлияния на коже и внутренних органах. На гистологических срезах печень выглядит ажурной с

большим количеством полостей, по характеру которых судят о степени развития заболевания.

Болезнь протекает остро и хронически. Острое течение характеризуется анемией, изменением поведения рыб. Застойная геперемия вызывает не только жировую, но и белковую дегенерацию печени. Клетки печени, распадаясь, образуют мелкозернистую массу. Регенерационная способность ткани печени нарушается.

При хронической форме болезни отмечают потемнение кожных покровов, снижение аппетита, рыба держится у поверхности, теряет равновесие. Гибель носит спорадический характер.

При смерти больных или погибших особей обращают внимание на обилие жировых отложений на внутренних органах. Печень увеличена и имеет яркий желтовато-песочный цвет (у здоровых рыб она красновато-коричневая). Печень усеяна желто-коричневыми пятнами. Значительные жировые отложения можно обнаружить также на брызжейке, кишечнике, сердце. Кишечник воспален, заполнен гноевидной слизью. В полости тела обнаруживают транссудат – бесцветную или слегка желтоватую жидкость. На гистологических препаратах из печени находят массу жира, замещающего разрушенные клетки, и множество фагоцитарных клеток.

Диагноз ставят на основании анализа кормов, клинических признаков, патологоанатомических изменений и результатов гистологического исследования.

Для профилактики заболеваний на комбикормовых предприятиях необходимо соблюдать требования к качеству используемых компонентов. В комбикорма целесообразно вводить антиоксиданты (антиокислители). На рыбоводных предприятиях – соблюдать правила хранения кормов.

При возникновении признаков заболевания в рацион вводят свежую селезенку крупного рогатого скота, свежую нежирную рыбу. Для обогащения искусственных кормов витаминами в них добавляют 2 г пивных дрожжей и 1 г рыбьего жира на 100 г корма. При тяжелом течении болезни назначают голодную диету на 10–15 суток, после чего дают легкоусвояемые витаминизированные корма.

14.2. Микотоксикозы

Микотоксикозы у рыб могут вызываться продуктами жизнедеятельности грибов. Известно более 250 видов микроскопических грибов, которые продуцируют более 150 токсичных метаболитов.

Афлатоксикозы

Афлатоксины продуцируются микроскопическими плесневыми грибами *Aspergillus flavus* и *A. parasiticus*. Могут вызывать поражение печени и желудочно-кишечного тракта. При неправильном хранении комбикормов, содержащих растительные жмыхи, плесневые грибы выделяют канцерогенные вещества.

Семейство афлатоксинов насчитывает около 20 видов. Даже небольшое содержание афлатоксинов в корме может вызвать гибель молоди. Гепатоме подвержены рыбы всех возрастов. Опухоли печени (неоплазии) возникают уже при содержании в корме до 1 мкг/кг корма афлатоксина. Опухоли печени встречаются только у радужной форели; пищеварительного тракта – у форели, семги, тихоокеанских лососей. Чувствительны к афлатоксинам также карп, канальный сом.

Под воздействием афлатоксинов рыба становится вялой, не реагирует на внешние раздражители. Покровы тела темнеют, наблюдается ерошение чешуи и вздутие брюшка. При вскрытии в полости тела у форели обнаруживается кровянистая жидкость. Печень увеличена, с опухолями. В паренхиме печени происходит перерождение и некроз тканей. Также наблюдают выпячивание слизистой ануса, кровенаполнение селезенки, отеки, дряблость и серую окраску почек. У рыб с опухолями желудка и кишечника наблюдают отеки, утолщение стенок этих органов. Множественные опухоли белого цвета и плотной консистенции чаще встречаются в пилорическом отделе желудка, реже – в среднем и заднем отделах кишечника. Некоторые из них закрывают просвет кишечника.

Одновременно увеличивается содержание общего белка в сыворотке крови. Для больных рыб характерно снижение плодовитости. Их потомство отличается слабой жизнестойкостью. Сильно пораженные особи погибают.

У карпов старших возрастных групп при афлатоксикозе снижаются упитанность и темп роста. Отмечаются признаки синдрома «краснуха», водянка, язвы, экзофтальмия, дистрофия нервных клеток и печеночной ткани, снижение содержания гемоглобина и количества эритроцитов, увеличение числа лейкоцитов.

Диагноз ставят на основании клинических признаков, результатов патологоанатомического вскрытия и гистологических исследований, а также исследования кормов на общую токсичность и выявление в нём афлатоксинов.

В целях профилактики заболевания запрещается присутствие афлатоксинов в кормах.

Трихотеценовые микотоксикозы

Высокоадаптивные плесневые грибы (в основном р. *Fusarium*) являются продуцентами трихотеценовых микотоксинов. В качестве загрязнителей кормов встречаются четыре трихотецена: Т-2-токсин, наваленол, дезоксиниваленол (ДОН) и диацетоксискарпенол. Токсины химически устойчивы и термостабильны, не разрушаются в процессе приготовления кормов. Наиболее чувствительны к трихотеценовым микотоксинам карп и форель.

Различают острое, подострое и хроническое течение трихотеценовых токсикозов.

При остром отравлении рыб Т-2-токсином (его однократное поступление в организм в высокой дозе) наблюдают угнетение рыб, отсутствие реакции на внешние раздражители, полный отказ от корма, увеличение частоты дыхания, потемнение кожного покрова, кровоизлияния в переднюю камеру глаз, выделение из ануса остатков корма и мутной белой слизи. Перед гибелью рыбы заглатывают воздух, у них нарушается координация движений. Гибель сопровождается слабыми конвульсиями.

При остром ДОН-токсикозе также наблюдают образование светлой каймы на плавниках, их частичную некротизацию, кровоизлияния на поверхности тела, в плавниках, выделение из ануса слизистых кровавистых тяжей, иногда крови.

При патологоанатомическом вскрытии наблюдают побледнение,

гидремию, отёчность паренхиматозных органов, воспаление, наличие кровоизлияний в слизистом слое кишечника и большое количество в нём мутной жёлто-белой слизи. Селезёнка иногда бывает чёрного цвета. Для ДОН-токсикоза рыб также характерны сгустки крови (тромбы) в предсердии и крупных кровеносных сосудах.

Скорость развития острой интоксикации карпа трихотеценами зависит также от температуры воды: чем она выше, тем интоксикация наступает быстрее, и наоборот. Т-2- и ДОН-токсикозы карпа протекают по типу некроза жабр, а при температуре 18°C и ниже Т-2-токсикоз происходит в смешанной форме (с признаками некроза и аэромоноза).

При подостром и хроническом течении болезни у карпа клинические и патологические признаки аналогичны острой форме, только менее выражены. Т-2-токсин оказывает иммунодепрессивное действие, резко уменьшается количество эритроцитов, а при подостром и хроническом токсикозе наряду с перечисленными изменениями наблюдается лейкоцитоз. В отличие от Т-2-токсина ДОН-токсин оказывает прямое влияние на эритроциты карпа, вызывая их лизис.

Диагностика трихотеценовых микотоксикозов включает в себя клиническое, патологоанатомическое и гистологическое исследования, а также выявление уровня ТТМТ в комбикормах. При необходимости подтверждения диагноза ставится биопроба.

Минимально допустимые уровни содержания Т-2-токсина и ДОН-токсина в карповых комбикормах равны, соответственно, 0,05 и 3,33 мг/кг корма. Эти величины положены в основу профилактических мероприятий для трихотеценовых микотоксикозов карпа, которые заключаются в выбраковке токсичных комбикормов или в снижении концентрации микотоксинов путём разбавления их доброкачественными кормами.

14.3. Заболевания, вызываемые токсическими веществами растительного происхождения

Компоненты растительного происхождения, включаемые в комбинированные корма для рыб, могут содержать антипитательные вещества. Некоторые из них оказывают негативное влияние на жизнедеятельность

объектов выращивания. Так, хлопчатниковый жмых может содержать до 0,4% госсипола (токсическое растительное фенольное соединение). Это вещество способно накапливаться в организме и спустя длительное время вызывать заболевания. В основе механизма его действия лежит способность связываться с железом гемоглобина, нарушая его функции, приводя к тканевой гипоксии. Госсипол способен связывать белок крови, что приводит к нарушению белкового обмена. Использование комбикорма, содержащего госсипол, приводит к отравлению организма и нарушению обмена веществ.

Жмыхи и шроты из семян клещевины могут содержать рицин – чрезвычайно токсичное вещество белковой природы. Пищевые отравления, вызванные госсиполом и рицином, встречаются у всех видов и возрастов рыб.

При поражении госсиполом радужной форели подавляется её рост, снижаются общий объем эритроцитов, уровень гемоглобина, сывороточного белка в крови, наблюдаются морфологические изменения печени и почек, гломерулонефрит, некроз печени и отложение цероида в печени, селезёнке и почках. Действие госсипола на белого амура протекает без проявлений внешних патологических признаков, но у отдельных рыб возникают асцит, экзофтальмия, ерошение чешуи. В полости тела может быть либо толстый слой стеариноподобного розового жира, который окружает внутренние органы, либо слабо-желтоватая жидкость.

В патогенезе отравления рицином ведущую роль играет способность этого яда свёртывать кровь.

Диагноз ставят на основании клинических признаков, результатов патологоанатомического вскрытия, гистологического и токсикологического исследований внутренних органов и результатов оценки общей токсичности используемых комбикормов. Анализируется состав корма на наличие в нём хлопчатникового или клещевинного шрота или жмыха.

Для профилактики возникновения данных заболеваний необходим контроль за сроками и условиями хранения кормов, исключение из состава кормов клещевинного шрота. Доля хлопчатникового шрота может составлять около 40%, но при включении его в комбикорма последние необходимо подвергать экструзии.

При заболевании делают перерыв в кормлении на 10–15 дней и полностью меняют корм. Для лососевых готовят лечебный корм, состоящий из следующих компонентов: на 1 кг фарша из селезёнки или свежей рыбы добавляют по 1 г метиленового синего и поваренной соли, а также 1–3 г витамина С. При необходимости курс лечения повторяют через 5–7 дней.

14.4. Заболевания, вызываемые высококонтаминированными комбикормами

Состав микрофлоры кормов зависит от обсеменённости исходных компонентов и включает в себя различные виды сапрофитных и условно-патогенных бактерий и грибов. При нарушении условий хранения количество микроорганизмов в кормах резко возрастает. Чаще всего выделяются псевдомонады, энтеробактерии, стрептококки, плесневые грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*, дрожжи рода *Candida* и др.

Проявление их патогенных свойств зависит от уровня накопления в кормах, естественной резистентности рыбы, характера формирующего микробиоценоза кишечного тракта и других факторов. Заболевания отмечаются у многих видов культивируемых рыб разных возрастов, причём особенно чувствительна к ним молодь. Они наиболее распространены при индустриальных технологиях выращивания карпа, канального сома, осетровых и лососёвых.

Присутствие в комбикормах энтеробактерий родов *Yersinia*, *Edwardsiella*, *Proteus* и др. указывает на возможное их участие в возникновении иерсиниоза, эдвардсиеллеза, протеоза рыб. Обсеменённость кормов стрептококками вызывает вспышки стрептококкоза. В острых случаях у больных рыб отмечают экзофтальмию, кровоизлияния и выпадения глазного яблока. Содержание в кормах бактерий рода *Pseudomonas* влияет на ухудшение их качества при хранении. Инфекционный процесс в рыбе при этой патологии протекает в виде генерализованной септицемии либо с поражением отдельных органов. В кишечнике в результате протеолитической деятельности бактерии образуют большое количество аммиака и аминов.

У молоди карпа, канального сома, осетровых и лососевых при высокой обсеменённости кормов дрожжами рода *Candida* возникает дисбактериоз, сопровождающийся вздутием желудочно-кишечного тракта.

При скармливании сеголеткам карпа кормов, содержащих высокие концентрации плесневых грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium*, у рыб отмечаются повышенная возбудимость, пятнистые кровоизлияния, локальное ерошение чешуи, опухоли. Больная рыба погибает.

При оценке санитарного качества корма наряду с общим микробным числом учитывают содержание условно-патогенной микрофлоры. Её уровень $1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$ КОЕ/г корма может стать причиной возникновения заболевания. При постановке диагноза подтверждают этиологическую роль выделенных микроорганизмов в возникновении заболевания. Окончательный диагноз может быть установлен после постановки биопробы с выделенным возбудителем и получением положительных результатов, то есть при появлении у опытных рыб характерных для данного заболевания клинических признаков.

Высококонтamинированный корм может быть использован для кормления рыбы после его специальной обработки ультрафиолетовыми или инфракрасными лучами. Обсеменённые микрофлорой компоненты могут быть использованы для изготовления кормов методом гранулирования под давлением не менее 0,7 МПа.

Суммарное содержание продуктов микробиосинтеза: паприна, гаприна и гиприна (возможных источников поступления жизнеспособных спор дрожжей рода *Candida*) в составе корма не должно превышать 5% для хозяйств с низкой естественной кормовой базой, 8% – для хозяйств со средней обеспеченностью естественными кормами, до 15% – с хорошо развитой кормовой базой.

Для ликвидации заболевания следует сделать 2–3-дневный перерыв в кормлении рыб и полностью заменить корма.

14.5. Болезни, вызываемые несвойственной пищей

Нарушение обмена веществ у белого амура

Впервые это заболевание было обнаружено в одном из хозяйств Уз-

бекистана, где отмечалась гибель четырёх-, пятилетних белых амуров. Затем подобные случаи наблюдались и в других хозяйствах.

Причина возникновения болезни – резкое нарушение обмена веществ в результате неправильного кормления. Во всех случаях обнаружения заболевания в рационе белых амуров отсутствовала свойственная этим рыбам естественная пища – высшая водная растительность. Их кормили комбикормами. Есть основания предполагать, что присутствие в комбикормах хлопкового жмыха, содержащего ядовитое вещество госсипол, также оказало негативное влияние на белого амура. Болеют рыбы разного возраста.

При вскрытии больных рыб отмечали резкие отклонения от нормы. Все внутренние органы были окружены большим количеством светло-розового жира, который имел несвойственную ему твёрдую консистенцию, легко ломался в руках, печень была бледной, светлой окраски, селезёнка была резко увеличена и переполнена кровью.

Отмечалась и несколько иная картина. В брюшной полости скапливался желтоватого цвета экссудат (от нескольких кубических сантиметров до 0,5 л), а у отдельных особей он содержал прозрачные сгустки, сдавливающие внутренние органы. Печень у таких рыб была светлой с желтоватыми пятнами. Жировые отложения вокруг внутренних органов были большими, но по консистенции нормальными.

При гистологическом исследовании почек, печени и селезёнки рыб, близких к гибели, обнаружены очаги некроза и лизис паренхиматозных клеток печени, скопление гранул цериода в селезёнке, цериодная дегенерация эпителия почечных канальцев. Внешне больные рыбы выглядели нормально.

Поскольку описанных патологических изменений внутренних органов у рыб, питающихся высшей водной растительностью, не наблюдается, рекомендуется содержать белых амуров на естественной пище. При недостатке высшей водной растительности в прудах амура можно подкармливать свежескошенной травой.

Дегенерация мышечной ткани кеты

Дегенерация мышечной ткани кеты впервые была обнаружена и

описана как массовое размягчение мышечной ткани этой рыбы в северо-западной части Тихого океана в 1995 г. В зависимости от района лова и сезона доля рыб с размягчённой скелетной мускулатурой составляла 35–60%. Такие лососи имеют также необычную сельдеобразную прогонистую форму тела и отличаются значительной потерей чешуи.

В качестве возможной причины размягчения мышц кеты предполагают изменение структуры питания. В местах наиболее плотных скоплений лососей они вынуждены питаться менее полноценными видами организмов. Преобладание в пищевом рационе сальп, медуз, гребневиков, имеющих студенистую консистенцию и низкую калорийность, не компенсирует расход полиненасыщенных жирных кислот. Вследствие этого нарушается баланс липидов в мускулатуре, что приводит к деструктивным изменениям, клинически проявляющимся в размягчении мышц и изменении формы тела.

14. 6 Авитаминозы рыб

Авитаминозами называются заболевания, характеризующиеся различными физиологическими расстройствами, возникающими из-за недостаточного поступления в организм или плохой усвояемости витаминов.

Эти болезни регистрируют при искусственном выращивании рыбы, чаще всего в индустриальных условиях. Основная часть витаминов должна поступать рыбе в готовом виде с кормом, т.к. многие витамины не могут синтезироваться организмом рыбы. Наиболее подвержены авитаминозам рыбы на первом году выращивания.

При возникновении авитаминоза наблюдают потерю аппетита, вялые движения, уменьшение потребления кислорода, замедление роста и развития, нарушения пигментации, нервные расстройства, геморрагии, изъязвления покровов, ожирение печени, снижение устойчивости к различным заболеваниям, повышенные, а иногда массовые отходы рыб.

При авитаминозах поставить диагноз, особенно дифференциальный, очень трудно, т. к. многие признаки авитаминозов можно наблюдать и при других болезнях. Поэтому диагноз ставят на основании исследования качества кормов и анализа рациона.

Профилактика и меры борьбы заключаются в обеспечении рыб живым, естественным кормом, богатым витаминами; во введении в искусственные корма различных добавок, богатых витаминами: дрожжи, рыбий жир, зеленую массу, печень животных, сухое молоко, яичный желток и т. д. Из рациона исключают испорченные, заплесневелые и долго хранившиеся корма, т. к. они не только бедны витаминами, но и способствуют разрушению витаминов, уже имеющихся в организме рыбы.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какие патологии вызываются продуктами окисления жиров?
2. Какие меры профилактики используются при возникновении заболеваний, вызванных окисленным жиром?
3. Чем вызываются микотоксикозы у рыб?
4. Как изменяется поведение рыб при заражении афлатоксинами?
5. Как протекают заболевания, вызываемые токсическими веществами растений?
6. К чему может привести скармливание рыбам высококонтаминированных кормов?

Глава 15.

Направления технологий производства комбикормов и компонентов

Комбикормовые предприятия выпускают следующие виды продукции: комбикорма, белково-витаминные добавки (БВД), кормовые смеси, премиксы, микродобавки. В некоторых странах на комбикормовых заводах изготавливают пропаренные и плющенные хлопья, взорванное зерно и реализуют их как готовый продукт.

Комбикорма – это сложные однородные смеси, измельченные до необходимой крупности, состоящие из различных кормовых компонентов и микродобавок. Комбикорма вырабатываются по научно-обоснованным рецептам для определенного вида и возраста рыб и обеспечивают их полноценное кормление.

Комбикорма выпускают в виде полнорационных комбикормов, комбикорма-концентрата, гранулированного, брикетированного, экспандированного, а также комбикормовой крупки.

Полнорационный комбикорм полностью обеспечивает потребность рыб в питательных, минеральных и биологически активных веществах.

Комбикорм-концентрат в своем составе содержит повышенный уровень протеина, минеральных веществ и микродобавок.

Гранулированный комбикорм изготавливается в виде гранул цилиндрической формы, методом прессования на прессе-грануляторе и выдавливания через матрицы с отверстиями определенных размеров.

Брикетированные комбикорма изготавливаются в виде прессованных брикетов геометрически правильной формы и определенных размеров.

Экспандированные комбикорма изготавливаются методом влаготепловой обработки в экструдере.

Экспандированные комбикорма изготавливаются методом обработки в экспандере.

Комбикормовая крупка изготавливается измельчением гранул до частиц заданного размера.

Сбалансированные по основным питательным веществам, витаминам, минеральным и другим биологически активным веществам комбикорма способствуют повышению рыбопродуктивности при одновременном снижении кормовых затрат. Эффективность использования комбикормов определяется в значительной степени предварительной подготовкой кормовых компонентов.

15.1. Подготовка сырья для производства комбикормов

Измельчение зерновых компонентов

Измельчение – это наиболее простой и обязательный способ подготовки зерна. Оно осуществляется следующими способами: деформация ударом, истирание, скалывание, сжатие или сочетание этих приемов. При измельчении зерна происходит разрушение оболочки и образуется однородная сыпучая масса. Этот процесс способствует повышению доступности питательных веществ и их перевариваемости.

Плющение зерновых компонентов

Рыбы ограниченно усваивают сырой крахмал, поэтому полноценные комбикорма должны содержать легкопереваримые углеводы. Добиться этого можно с помощью тепловой обработки или влажной тепловой обработки.

Один из способов влажной тепловой обработки – это плющение зерна с предварительным его пропариванием. Подготовка к плющению начинается с очистки зерна в сепараторе, отделении минеральной примеси в камнеотделительных машинах, выделении металломагнитных примесей, увлажнении до 18–20% и варке. После плющения влажные и липкие хлопья сушат до влажности 11–13% в сушилке, а затем измельчают в молотковой дробилке. Полученный продукт направляют в наддозаторные бункеры и вводят в комбикорм по рецепту.

Качество готовых расплющенных зерновых хлопьев характеризуется органолептическими показателями (внешний вид, цвет, запах), влажностью (11–13%), содержанием металломагнитных примесей – частиц

размером до 2 мм (не более 10 мг/кг), степенью плющения (пластины толщиной 0,3–0,5 мм, С).

Процесс плющения приводит к ферментативному расщеплению, декстринизации, желатинизации крахмала и растворению протеиновых оболочек крахмальных зёрен, что выражается в увеличении содержания легкопереваримых углеводов, декстринов, общих и редуцирующих сахаров и повышении доступности крахмала воздействию ферментов. Степень желатинизации ячменя и кукурузы зависит от качества исходного сырья. Например, содержание глюкозы может увеличиваться в ячмене с 50–60 до 351–356 мг на 1 г сухого вещества, в кукурузе – с 32–107 до 372–571 мг на 1 г сухого вещества.

Экструдирование кормовых компонентов

Экструдирование зерна обеспечивается температурной обработкой кормового сырья под давлением, механохимической деформацией и взрывом продукта во фронте ударного разряжения.

Для оптимизации процесса экструзии крахмала следует очистить зерно от посторонних примесей, особенно от крупных металломагнитных и минеральных, попадание которых в экструдер недопустимо. Необходимо задать исходную влажность зерна. При низкой влажности экструдированного продукта процесс неустойчив, а при высокой – снижается содержание декстринов (оптимальная влажность – 15–17%).

При экструдировании проводятся следующие операции: очистка от посторонних примесей, тонкое измельчение в молотковой дробилке (сита с отверстиями Ø 2 мм), дозирование и смешивание (в случае экструдирования смеси зерновых или зерна и отрубей), увлажнение, собственно экструдирование, охлаждение в горизонтальных охладителях, измельчение.

Процесс экструзии биополимеров относится к термодинамическим методам обработки, способным провести глубокие биохимические преобразования всех входящих в состав зерна биологических структур – белков, углеводов, витаминов, ферментов. При температуре 125–135°C, развиваемой в экструдере, и экспозиции в 20–30 секунд часть витаминов и ферментов инактивируется, изменяется соотноше-

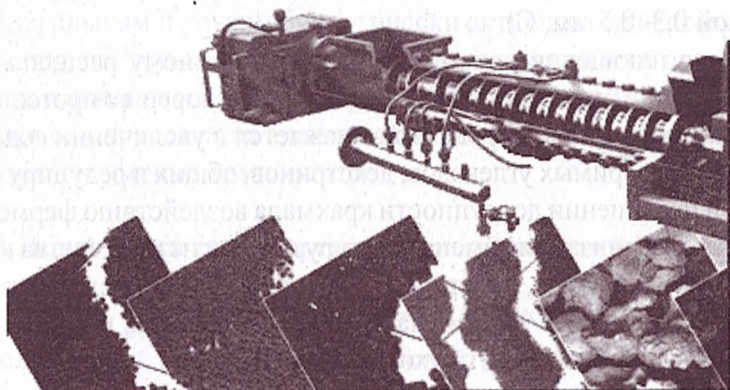


Рис. 52. Экструдер фирмы «КАНЛ»

ние фракций белков, часть крахмала расщепляется до более простых углеводов – декстринов и сахаров, при этом происходит стерилизация смеси, уничтожение антипитательных веществ.

Для современного кормопроизводства необходимы специальные виды подготовки сырья растительного происхождения, в том числе зерновых шротов, а также кормовых дрожжей. Это необходимо для повышения переваримости сырья.

Существует технология подготовки сырья при низкотемпературной экструзии. Она проводится в матричных прессах-грануляторах при влажности сырья 10–12%. Экструдировать неразмолотое и размолотое зерно, шроты, кормовые дрожжи, ПЗХ, витаминизатор. В процессе экструзии существенно изменяется структура белков. При этом разрушаются водородно-ионные и ковалентные связи, снижается водоотталкивающее действие, в целом изменяются физико-химические свойства белковых молекул.

Достаточно хорошие результаты получают при обработке кормовых дрожжей, что связано с разрушением стенок дрожжевой клетки, которые состоят из глюкана, маннана, хитина и липидных веществ. Практически вся клеточная структура дрожжей устроена так, что препятствует перевариванию ферментами рыб. Экструзия разрушает клеточную оболочку, в результате получается плотный и однородный

продукт стекловидной структуры, который нужно тонко измельчить. Этот продукт легко поглощает воду и желатинизируется, что не происходит с обычными дрожжами.

Микронизация компонентов комбикормов

Микронизация – это процесс инфракрасной обработки зерна и других продуктов кормового и пищевого назначения.

При проникновении ИК-лучей в материал происходит быстрый внутренний нагрев зерна и резкое повышение давления в нем пара воды. Это приводит к большим физико-химическим и биологическим изменениям. Зерно размягчается, разбухает, вспучивается, растрескивается. Если такое зерно сразу подвергнуть плющению, происходит почти полная клейстеризация крахмала, что повышает его переваримость и питательную ценность.

Источником ИК-лучей могут быть как специальные электрические лампы накаливания, так и керамические элементы, внутри которых сгорает природный газ или пропан. В последнем случае говорят о при-

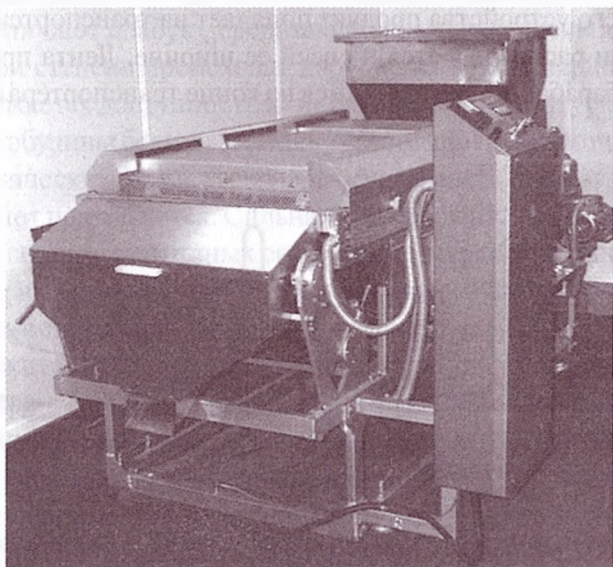


Рис. 53. Установка УТЗ-4 для термообработки злаковых и крупяных культур ИК-методом – микронизатор (разработка производственной компании «Старт»)

менении газовых печей. Зерна злаковых нагревают до 90°C в течение 45 секунд, затем их надо плющить. Чем тоньше пластинка хлопьев, тем доступнее крахмал.

Технологический процесс микронизации достаточно прост. Для этого используют специальные установки, которые комплектуют кварцевыми лампами. Зерно подается в приемный бункер, затем очищается в сепараторе, далее по специальной транспортной ленте подается в специальный бункер, где установлены инфракрасные излучатели. После нагрева сырье поступает на транспортер-охладитель и плющильный станок, который измельчает обработанное зерно. Далее при помощи шнекового или ленточного транспортера готовый продукт перемещается на склад для хранения.

Особый интерес представляет микронизация бобов сои с полным составом жиров (рис. 54). При этом происходит и инаktivация антипитательных веществ, ингибиторов пищеварительных ферментов.

Бобы сои поступают в накопительный бункер, оснащенный датчиками уровня. Из бункера с помощью дистанционно управляемого дозирующего устройства продукт попадает на транспортную ленту установки и распределяется по всей ее ширине. Лента приводится в движение барабаном, находящимся на конце транспортера со стороны

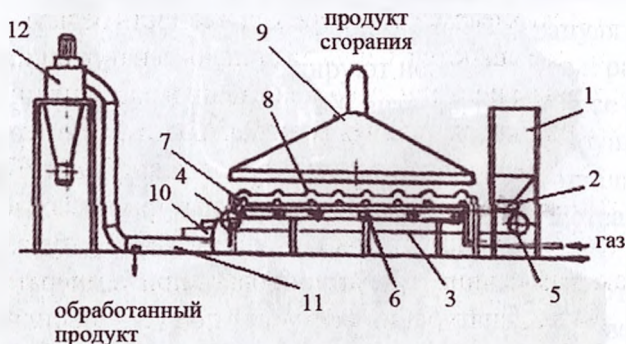


Рис. 54. Установка для микронизации бобов сои: 1 – накопительный бункер; 2 – дозирующее устройство; 3 – транспортная лента; 4 – вращающийся барабан; 5 – натяжной барабан; 6 – опорные ролики; 7 – газовая горелка; 8 – керамический экран; 9 – колпак; 10 – плющильный станок; 11 – охладитель; 12 – циклон

выхода обрабатываемого продукта. Барабан соединяется с электродвигателем через редуктор, который обеспечивает плавное изменение числа оборотов.

Продолжительность обработки продукта в микронизаторе регулируется скоростью движения ленты автоматически или вручную. Вращающийся барабан, натяжной барабан и опорные ролики обеспечивают прямолинейное движение ленты и ее равномерное натяжение. Над ленточным транспортером расположены газовые горелки, каждая из которых снабжена керамическим экраном. Над горелками установлен колпак для отвода газообразных продуктов сгорания.

Обработанный горячий продукт подается на плющильный станок и далее в горизонтальный охладитель. Готовый продукт подается на транспортер и упаковывается.

Тепловая обработка зерновых компонентов меняет состав и свойства протеина. Это связано с нарушением вторичной, третичной и четвертичной структуры белка, то есть с его денатурацией. Степень денатурации оказывает значительное влияние на питательную ценность белка. Различают слабую, среднюю и сильную степень денатурации. При слабой степени происходят нарушения в глобулярной структуре белка, снижается доступность аминокислот. При денатурации средней степени глобулины белковых молекул свободно попадают под действие протеолитических ферментов, перевариваемость белка и доступность аминокислот повышаются. Сильная степень денатурации сопровождается разрушением пептидных связей в цепи и расщеплением структур отдельных аминокислот вплоть до небелкового азота, что снижает перевариваемость белка. Скорость и степень денатурации белка зависят от продолжительности нагревания, температуры и влажности. Разные виды белков денатурируют при различных температурах. Белок зерновых злаковых начинает денатурировать при температуре 50–70°C, средняя степень денатурации наступает при 75–95°, сильная – свыше 95°C. Для бобовых температура денатурации белка несколько выше. Так, слабая степень наблюдается при температуре 60–80°C, средняя – 85–105°, сильная – свыше 105°C.

При тепловой обработке происходят изменения не только в составе и

свойствах белка, но и углеводов. Крахмал при тепловой обработке сначала набухает, клейстеризуется, декстринизируется, а затем образуются нерастворимые комплексы. Физико-химические свойства обусловлены величиной крахмальных зерен, количественным отношением некоторых фракций. Они изменяются в зависимости от температуры, наличия влаги и продолжительности экспозиции.

15.2. Технологические процессы и оборудование для производства комбикормов

В настоящее время наряду с крупными комбикормовыми предприятиями строятся небольшие заводы, которые подразделяются на межхозяйственные комбикормовые предприятия; на предприятия, организованные в хозяйствах и обеспечивающие только собственные потребности в кормах. Такие комбикормовые заводы оборудуют агрегатами 1–6 т/час. По типу и уровню организации комбикормовые предприятия делят на заводы, цехи, малогабаритные установки, линии по выработке комбикормов и кормовых смесей в составе кормоцехов на рыбноводных заводах. По технологии они делятся на следующие типы: с полным технологическим циклом производства и упрощенной технологической схемой, предусматривающей изготовление кормов из местного сырья. По виду обработки продукции – с гранулированием всей продукции, с частичным гранулированием и без гранулирования.

Производство комбикормов предусматривает основные и вспомогательные операции. К основным относят процессы, связанные с превращением сырья в комбикорм, к вспомогательным – доставку, прием, размещение, хранение сырья, хранение и отпуск готовой продукции и др. Процесс изготовления комбикормов состоит из следующих операций: прием, взвешивание и хранение сырья; освобождение сырья от посторонних примесей; шелушение зерновых культур; дробление зерна и других компонентов; сушка и измельчение минерального сырья; подготовка смеси микродобавок с наполнителем; дозирование компонентов согласно рецептам; смешивание компонентов; гранулирование смеси; учет и выдача готовой продукции.

Подготовка сырья. Компоненты животного происхождения – рыбную, мясокостную, кровяную муку, концентраты и гидролизаты рыбного белка, сухой обрат – транспортируют и хранят в тканевых и бумажных мешках в складах напольного типа. Эти компоненты нестойки при хранении, склонны к комкованию, гигроскопичны, что ведет к потере сыпучести. В связи с этим влажность этих продуктов не должна превышать 9–12%. При длительном хранении кормов животного происхождения следует периодически осуществлять контроль за их кислотным и перекисным числами. Хранить корма животного происхождения необходимо в сухих, чистых, темных складах при пониженной (до 4°C) температуре.

Сухие кормовые дрожжи, так же, как и корма животного происхождения, транспортируют и хранят в таре в складах напольного типа. Условия их хранения такие же, как и кормов животного происхождения. Однако они более стойки из-за отсутствия в них жиров. В настоящее время кормовые дрожжи начали вырабатывать в гранулированном виде, что позволяет их хранить в складах силосного типа.

Зерновое сырье хранят в силосных и складских емкостях. Размещение сырья в хранилищах должно обеспечивать минимальное их перемещение в процессе хранения и возможность подачи в производство любого компонента.

Жмыхи и шроты хранят в складах напольного типа, при этом высота насыпи должна быть не более 1,5 м. Со всех сторон к насыпи должен быть подход для проведения осмотра.

Минеральное сырье хранят отдельно в крытых помещениях, изолированно от других компонентов. Премиксы хранят в таре до подачи в производство.

Соли микроэлементов, витамины, антибиотики, аминокислоты хранят в закрытом виде в сухих и прохладных помещениях. Распаковывать микродобавки следует только перед их использованием.

Мелассу, жир, холин-хлорид, фосфатидный концентрат и другие виды жидкого сырья хранят в специальных емкостях.

Рассыпные гранулированные корма размещают в хранилищах силосного и напольного типа. При хранении гранулированных комбикормов

в силосных емкостях оставляют 1–2 свободные емкости для перемещения продукции с целью проведения профилактических мероприятий. Производство комбикормов на предприятиях предусматривает наличие нескольких технологических схем.

Очистка сырья. Технологическое производство стартовых и производственных комбикормов для рыб начинается с очистки сырья от посторонних примесей. В зависимости от физических свойств и формы компонентов их подвергают очистке от посторонних и металломагнитных примесей на технологических линиях. Очистка зерна проводится в механических, пневматических и электромагнитных сепараторах.

При первичной обработке зерна перед измельчением в каждом виде очищенного продукта допускаются следы металломагнитных примесей. В рыбной муке допускается наличие металломагнитных примесей с частицами размеров не более 2 мм, то есть не более 100 мг на 1 кг муки, в том числе размером 0,5–2,0 мм – не более 10 мг. Следы крупных примесей (остаток на сите диаметром 16–18) не допускаются; содержание минеральной примеси во всех видах сырья – не более 0,25%; побочных – не более 1,5%.

Шелушение зерна. При шелушении происходит отделение цветочных пленок от ядра зерна. Пленки отделяют следующим образом: зерно (овес, ячмень и др.) измельчают и отсеивают пленки; шелушение проводят с использованием специальных машин, а пленки отсеивают.

При первом способе зерно измельчают на молотковых дробилках с ситами, диаметр отверстий которых 3–4 мм. Измельченный продукт направляют на просеивающую машину для отделения пленок. Пленки просеивают через сита с отверстиями 1,4–1,5 мм и подают в аспирационную машину для отсеивания лузги от частиц эндосперма. Очищенную крупку вторично измельчают, смешивают с проходовой фракцией и направляют в наддозаторный бункер.

При втором способе зерно очищают от посторонних примесей и направляют на шелушильные машины. После этого шелушенное зерно подается на аспираторы для отделения пленок. При двукратном пропуске зерна через шелушильные машины выход ядра должен быть не менее 60–65% с содержанием сырой клетчатки не более 5,3%. Общее

количество полученной лузги не должно превышать 26–28%, мучки 3,5%, мелкого зерна 4–6%.

В настоящее время разработаны и применяются в производстве вертикальные шелушильные машины (рис. 55), которые обеспечивают оптимальное приспособление машины к различным размерам продукта и влияют на коэффициент шелушения. Кроме того, машины оснащены дополнительным охлаждающим вентилятором, который предотвращает перегрев продукта. Зерна в таких агрегатах освобождаются от пленки пневматически.

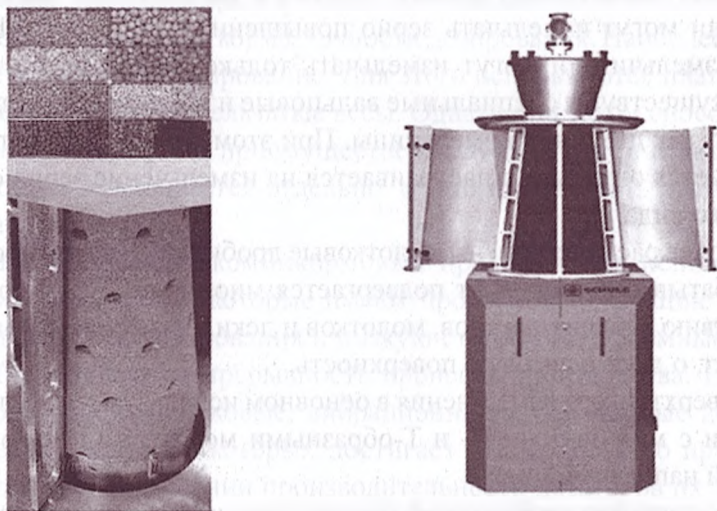


Рис. 55. Шелушильная машина для зерновых и бобовых культур фирмы Schule

Измельчение сырья. Практически все компоненты, входящие в состав комбикормов для рыб, требуют обязательного измельчения. Особое внимание уделяется тонкодисперсному измельчению компонентов при выработке стартовых комбикормов, когда возникает необходимость включить в их состав до 14 высокопитательных компонентов крупной размером от 0,1 мм.

Для измельчения используют агрегаты различной конструкции: жерновые, вальцовые и молотковые.

Жерновые измельчители чаще всего используют на сельскохозяйственных мельницах для измельчения зерна в муку. Рабочими органами

жерновой дробилки с вертикальной осью вращения являются два камня, из которых нижний – неподвижный, верхний – вращающийся. На поверхность камней наносят бороздки различной формы, способствующие перемещению измельченного продукта к выходу и его аспирации. При тонком помоле насекают бороздки глубиной 10–15 мм, а при измельчении зерна в кормовую муку – 5–8 мм. Жерновую дробилку можно применять в сочетании с вальцовыми станками.

Вальцовые измельчители в сравнении с молотковыми дробилками производят значительно меньше мелких и пылевидных частиц, а также они могут измельчать зерно повышенной влажности. Вальцовые измельчители могут измельчать только зерно одного вида. Однако существуют специальные вальцовые измельчители, которые работают как две или три мельницы. При этом каждая пара вальцов регулируется отдельно и настраивается на измельчение зерна определенного вида.

Наиболее распространены молотковые дробилки. В такой дробилке обрабатываемый продукт подвергается многократному ударному воздействию рабочих органов, молотков и деки, истиранию продукта о продукт, о деки и ситовую поверхность.

Для сверхтонкого измельчения в основном используют бесситовые дробилки с массивными П- и Т-образными молотками с износостойчивой наплавкой.

Для достижения необходимой тонины помола отдельных зерновых компонентов на дробилке устанавливают сито с отверстиями 1,3; 1,5; 1,8 или 2,0 мм. Такие размеры отверстий сит обеспечивают крупность тонины помола компонентов. Производительность молотковых дробилок зависит от мощности двигателя, диаметра отверстий решеток, площади живого сечения решета, типа и количества молотков и решеток, от типа измельчаемого материала, его влажности и др.

Основными недостатками молотковых дробилок являются образование большого количества пылевидных продуктов и значительные затраты мощностей.

Дозирование и смешивание компонентов. В состав рецептов рыбных комбикормов включают до 18 компонентов с их содержанием

от 0,02 (лечебные препараты и антиокислители) до 50–55% (рыбная мука, шроты, зерновые культуры). От степени точности дозирования и качества их просеивания зависит эффективность комбикормов и их стоимость. Поэтому операции дозирования и смешивания ингредиентов комбикормов, входящих в рецепты в мизерных количествах, являются не менее важным в технологическом процессе, чем измельчение и гранулирование.

В настоящее время существуют дозаторы двух типов – весовые и объемные. Тип дозатора определяется в зависимости от технологической схемы цеха, вида корма, точности дозирования. Наиболее точным является весовое дозирование. Для этого используются платформенные, бункерные и тарельчатые весы. Однако при таком способе дозирования используется преимущественно ручной труд, так как каждый компонент взвешивается отдельно, а автоматизировать этот процесс достаточно трудно.

На современных комбикормовых предприятиях используются объемные дозаторы, которые имеют простую конструкцию при высокой точности дозирования и низкую стоимость. Объемные дозаторы обеспечивают непрерывность процесса производства. Наиболее распространены шнековые, вибрационные и барабанные дозаторы, производительность которых достигает 15 кг готового продукта в минуту. При повышении производительности дозаторов их точность уменьшается.

Схема дозирования ингредиентов комбикормов на объемных дозаторах проста. Под каждым производственным бункером смонтирован объемный дозатор, который подает отмеренный компонент сначала на транспортер, а затем в смеситель.

Качество комбикорма зависит от однородности смешивания составляющих его компонентов. Для смешивания компонентов применяются два вида смесителей – вертикальные и горизонтальные. Последние состоят из открытых емкостей, в которые встроены лопаточные мешалки (рис. 56).

Недостатками горизонтальных смесителей являются их высокая энергоемкость, большой вес, большая площадь для их установки, на-

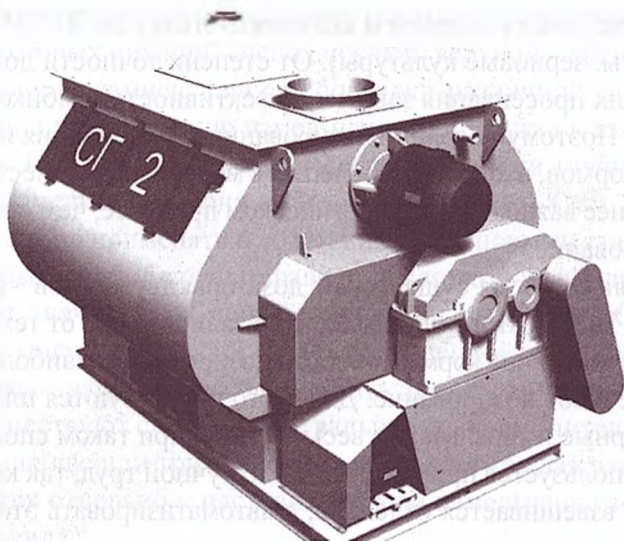


Рис. 56. Смеситель горизонтальный СГ-2

личие нескольких точек выгрузки готовых смесей. Наиболее удобны для использования вертикальные смесители с коническим днищем и вертикальным шнеком. У современных смесителей вертикальный шнек работает в металлическом кожухе, что способствует снижению потребляемой мощности и лучшей выгрузке корма.

В промышленности также используются вертикальные смесители с двойной спиралью (рис. 57). Такая конструкция смесителей позволяет осуществлять точное смешивание ингредиентов кормов практически в любых соотношениях при минимальных затратах времени от 1 до 6 минут. Принцип работы такого агрегата заключается в том, что две вертикальные спирали работают во внутренней смесительной камере на разных скоростях. Благодаря этой особенности смешивание материалов идет в трёх направлениях одновременно. Приготовленный комбикорм может выдаваться в различные отводящие системы в соответствии с технологией приготовления.

Комбикорма для рыб производят различными методами. Так, стартовые комбикорма получают способами прессования с увлажнением сухим паром или водой, центробежным гранулированием и микрокап-

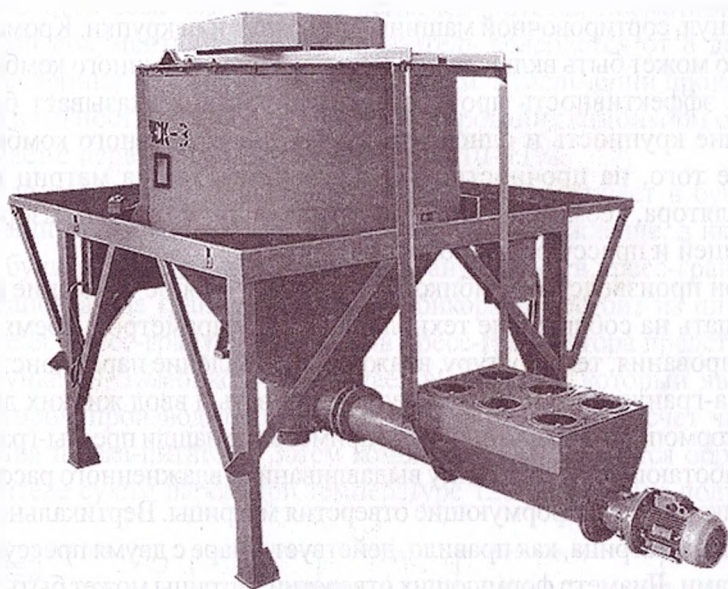


Рис. 57. Вертикальный смеситель YSK-3 с двойной спиралью

сулированием, продукционные – всеми способами, кроме центробежного гранулирования и микрокапсулирования.

Гранулирование кормовых смесей. В процессе гранулирования происходят изменения структурно-механических свойств рассыпного комбикорма, то есть он превращается из сыпучего в продукт определенной формы и размера. Полученный в результате гранулирования комбикорм приобретает совершенно новые свойства, а показатели его питательности повышаются. Качество полученных гранул зависит от компонентов, входящих в состав комбикормов, их физико-механических свойств, способности к сжатию и образованию прочных гранул.

Способность компонентов к гранулированию различна. Она зависит от содержания протеина, сырого жира, сахара, крахмала, сырой клетчатки, целлюлозы. Так, высокая способность к этому процессу отмечается у пшеницы, ржи, кукурузы, хлопкового и соевого шротов, средняя – у ячменя, овса, рыбной и мясокостной муки, низкая – у отрубей, травяной муки.

Гранулирование комбикормов проводят в специальных установках, которые состоят из пресса-гранулятора, охладителя гранул, измельчите-

ля гранул, сортировочной машины для гранул или крупки. Кроме того, в линию может быть включен просеиватель для рассыпного комбикорма.

На эффективность процесса гранулирования оказывает большое влияние крупность и однородность частиц рассыпного комбикорма. Кроме того, на прочность гранул влияют толщина матриц пресса-гранулятора, геометрия прессующих каналов матрицы, зазор между матрицей и прессующим роликом.

При производстве комбикормов для рыб особое внимание следует обращать на соблюдение технологических параметров: время кондиционирования, температуру, влажность и давление пара. Конструкция пресса-гранулятора должна предусматривать и ввод жидких добавок.

В кормопроизводстве основное применение нашли прессы-грануляторы, работающие по принципу выдавливания увлажненного рассыпного комбикорма через формующие отверстия матрицы. Вертикально расположенная матрица, как правило, действует в паре с двумя прессующими роликами. Диаметр формующих отверстий матрицы может быть разным (от 2,0 до 20 мм) в зависимости от вида и возраста рыбы. Производительность пресса-гранулятора зависит от диаметра формующих отверстий.

Гранулирование проводят сухим и влажным способом. Схема гранулирования комбикормов и производство крупки из гранул сухим способом приведена на рисунке 58.

При сухом гранулировании рассыпного комбикорма основными технологическими параметрами, имеющими первостепенное значение, являются:

- влажность комбикорма до поступления в смеситель пресса-гранулятора;
- влажность комбикорма после выхода из смесителя;
- влажность гранул после матрицы;
- крупность тонины помола;
- давление пара;
- температура комбикорма;
- состояние матрицы и зазор между прессующим роликом и внутренней поверхностью матрицы;
- величина загрузки пресса-гранулятора;
- условия охлаждения гранул.

водостойких гранул сухой пар через форсунку подается в смеситель под давлением до 0,7 МПа.

Максимальное увлажнение комбикорма необходимо осуществлять при наличии в нем зерновых культур (пшеница, кукуруза, ячмень), а минимальное, когда комбикорм имеет повышенную жирность или в нем присутствуют термочувствительные компоненты (дрожжи). Обычно предел общей влажности комбикорма после смесителя пресса-гранулятора не должен превышать 17,2%. Желательно комбикорм увлажнить с нижнего предела (10%) его влажности с тем, чтобы обеспечить измельченными компонентами необходимые условия для

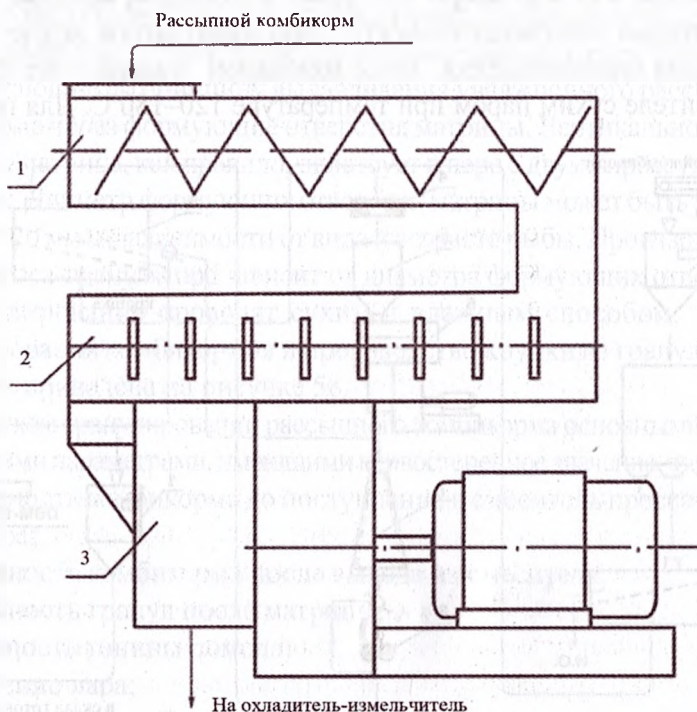


Рис. 59. Схема пресс-гранулятора: 1 – питатель; 2 – смеситель; 3 – узел прессования

выделения клейковины. При мгновенном увлажнении комбикорма этот эффект не наблюдается.

При гранулировании комбикорма с содержанием рыбной муки более

20% увлажнение не должно превышать 13–14%. Даже при высокой температуре пара рыбная мука не способна поглощать частицы воды. При продавливании увлажненного комбикорма через отверстия матрицы часть излишней влаги будет выжиматься, а оставшаяся часть будет способствовать ослаблению прочности гранул.

Сухой пар должен подаваться в смеситель без влаги в виде капель. В противном случае возможно локальное увлажнение комбикорма, который будет поступать на гранулирование в виде слипшихся комков. Такой продукт не гранулируется, а забивает отверстия матрицы. Влажность пара зависит от условий его производства, температуры окружающего воздуха, расстояния его прохождения по трубопроводам и величины потерь тепла при его подаче на пресс-гранулятор. Часть влаги можно удалить в результате дросселирования пара в регулирующем клапане. Согласно основным законам термодинамики единица теплоты при дросселировании остается постоянной. Так как давление пара уменьшается, соответствующая температура кипения падает и остаточная влага испаряется. Чем выше перепад давления, тем лучше используется эффект сушки. При кондиционировании рассыпного комбикорма пар полностью конденсируется, влажность его увеличивается.

Для определения массовой доли влаги в рассыпном комбикорме после обработки ее паром применяют следующую эмпирическую зависимость: повышение температуры комбикорма на 10–11°C, в результате кондиционирования в смесителе паров, равносильно увеличению его влажности на 0,7–1,0%. При высокой начальной влажности рассыпного комбикорма добавление пара должно производиться в известных пределах, при чрезмерном увлажнении рассыпного комбикорма (более 17,2%) кормосмесь трудно гранулируется. Причиной является наличие в увлажненном комбикорме дополнительной поверхностной влаги, которая при прессовании выжимается из комбикорма и увеличивает адгезионные свойства, присущие материалу, а также рост коэффициента динамического трения увлажненного комбикорма, что улучшает условия прохождения через отверстие матрицы. Большая массовая доля влаги приводит к тому, что при выходе из матрицы гранулы набухают, на их поверхности образуются трещины, она становится шероховатой. Все это уменьшает прочность гранул.

После перемешивания пропаренный комбикорм направляется в прессующую камеру. Влажность гранул при выходе из камеры – 16–17%, температура гранул – 50–80°C. После охлаждения в охлаждающей колонке влажность гранул должна быть не более 14%, а температура не более чем на 5–10°C выше температуры окружающей среды. Производство гранулированных комбикормов возможно без применения пара при использовании соленого гидрола, мелассы, кукурузного экстракта и других жидких связующих добавок. После охлаждения гранулы просеивают на машинах с установкой полотна решетчатого типа № 20–25 или проволочной сеткой № 1,6–2 для отделения крошки и мучнистых частиц. Готовый комбикорм направляют в склад готовой продукции.

Влажное гранулирование применяют значительно реже, однако при производстве комбикормов для рыб этот способ более предпочтителен.

В технологических линиях по производству комбикормов, имеющих небольшую производительность и смонтированных в рыбоводных хозяйствах, для увлажнения комбикорма применяют воду (подогре-

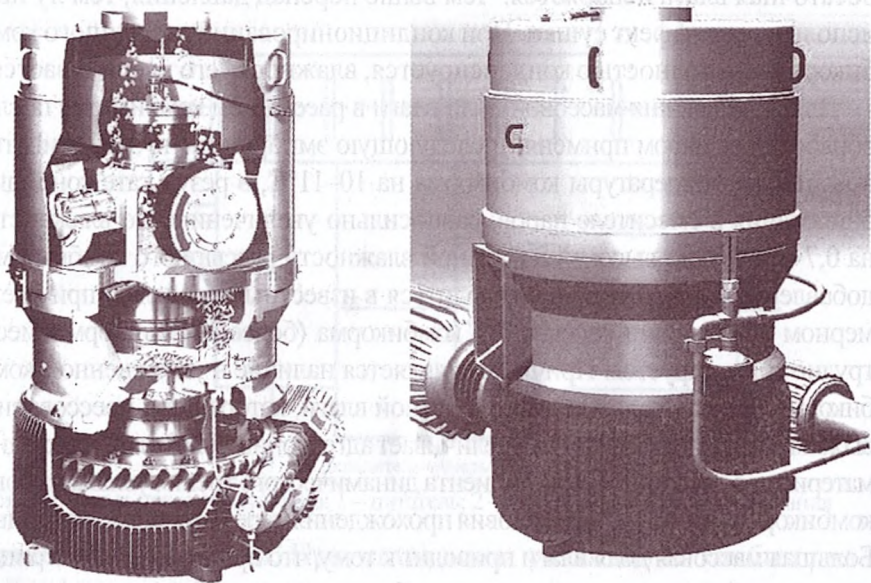


Рис. 60. Пресс-гранулятор с плоской матрицей фирмы «Каль»

тую до 35–45°C). Если при сухом прессовании кондиционирование рассыпного комбикорма сухим паром осуществляется в течение 7–9 с, то при кондиционировании водой температурой 35–45°C это время увеличивается до 10–14 с. Основными технологическими условиями в данном случае являются уменьшение величины крупности помола рассыпного комбикорма (до 0,3–0,4 мм), равномерность увлажнения, прогрев матрицы до 70–75°C.

Гранулируют комбикорм при таком способе в специальных прессах.

Схема гранулирования включает автоматические весы, просеивающую машину с ситами. Пройдя магнитную защиту, комбикорм поступает в пресс, куда также подают горячую воду.

Вода при гранулировании значительно облегчает продавливание комбикорма через отверстия матрицы. Например: для продавливания рассыпного комбикорма влажностью 11% через отверстия диаметром 4,5 мм необходимо создать давление, равное 370 МПа, тогда как этот комбикорм влажностью 16,3% можно продавить через это отверстие при давлении до 120 МПа.

Вода способствует понижению температуры и уменьшению трения, повышает долговечность матрицы и производительность пресса-гранулятора. В настоящее время существуют экспресс-методы определения влажности рассыпного комбикорма, однако их не всегда можно применять при регулировке технологических параметров операций кондиционирования и гранулирования. С целью более оперативного контроля за влажностью комбикорма можно рекомендовать весьма простой и доступный метод. Отбирают контрольную пробу комбикорма, сыпают ее на ладонь и слегка сжимают в кулаке. По образовавшемуся комку слегка ударяют указательным пальцем. Если продукт хорошо увлажнен и перемешан, то комок распадается на большие куски. Если эта форма разваливается на мелкие части, которые, в свою очередь, также рассыпаются, то комбикорм увлажнен недостаточно.

На производительность пресса и его энергоемкость влияют влажность теста, температура, состав и крупность комбикорма. Величина оптимальной влажности теста зависит от материала, из которого изготовлена матрица. С увеличением влажности уменьшаются удельная энергосм-

кость процесса, плотность и объемная масса гранул. Снижение удельной энергоемкости при увеличении влажности объясняется повышением пластичности комбикорма, снижением коэффициента трения о стенки матрицы и прессующего шнека, а уменьшение плотности – снижением давления прессования. При низкой влажности комбикорма (16–20%) могут быть получены гранулы с недостаточной плотностью.

При продавливании увлажненного комбикорма через отверстия матрицы его влажность уменьшается в зависимости от диаметра от 0,7 (на диаметр гранул 6 и 8 мм) до 1,2% (на диаметр гранул 3,2–4,5 мм). Водостойкость и прочность готовой продукции можно прогнозировать и на этом участке. Если мягкая влажная гранула после легкого нажатия на нее пальцем старается принять первоначальную форму, то после охлаждения ее в охлаждающей колонке она будет соответствовать требованиям технических условий по водостойкости и крошимости. Если гранула после нажатия на нее пальцем рассыпается, то эта партия комбикормов будет некондиционной.

Известно, что увлажненный комбикорм при гранулировании проходит две стадии сжатия: предварительное – в конической части (рабочей камере) отверстия и основное – в цилиндрической части.

Соотношение объемов рабочей и цилиндрической частей цилиндров определяет степень сжатия увлажненного комбикорма. Следовательно, чем больше диаметр отверстия матрицы, тем меньше величина удельного прессования. Это значит, что между частицами комбикорма слабы действия молекулярных сил и гранулы после выхода из матрицы увеличиваются в объеме, распадаются. На их поверхности появляются продольные трещины, что свидетельствует о плохом качестве гранул. По шероховатой поверхности гранулы судят о качестве поверхности отверстия матрицы, которая должна быть полированной и без задиров (результат продавливания комбикорма с металлопримесями). Состояние отверстий отражается на производительности пресса-гранулятора. Для предотвращения повреждения поверхности отверстий необходимо по окончании работы, особенно после изготовления комбикормов для прудового карпа, запрессовать отверстия пшеничными отрубями, пропитанными в растительном масле. Если

в отверстиях остается комбикорм, он разбухает, и оставшаяся влага вызывает коррозию металла.

При смене матриц, кроме запрессовки отверстий, их нужно покрыть антикоррозийной густой смазкой или поместить в емкость с растительным маслом. При таких условиях их можно хранить до 1 года. Следует учесть, что матрицы изготавливают из легированной стали, обрабатывают термически, поэтому они отличаются высокой поверхностной твердостью. Различные ударные воздействия на матрицу твердыми предметами запрещены, в случае необходимости ударных воздействий рекомендуется применять молотки из мягкого дерева или мягкого металла (бронза). Различные сварочные работы с матрицей недопустимы. При постановке новой матрицы нельзя ее сразу нагружать. Вначале ее следует использовать при изготовлении комбикормов на рецептах с большим содержанием жирного и термочувствительного продуктов, обращая при этом особое внимание на качество рассыпного комбикорма. Не рекомендуется ее обкатывать всухую при минимальном прессующем зазоре. Матрицу нельзя чистить от прессованного продукта.

При смене матрицы меняют и прессующие ролики. На пресс-гранулятор всегда устанавливают пригнанные друг к другу матрицы и прессующие ролики. В противном случае наблюдается преждевременный износ внутренней поверхности матрицы, в результате чего уменьшается объем рабочей камеры прессования, а следовательно, плотность готовой продукции. В крайнем случае, при неравномерном зазоре между образующей прессующего ролика и внутренней поверхностью матрицы допускается перешлифовка рифлей ролика до «чистоты» со снятием минимального слоя металла рабочего участка на ее внутренней поверхности, непосредственно соприкасающейся с роликом.

Категорически запрещается эксплуатация прессующих роликов с неравномерным прилеганием их поверхностей соприкосновения. Нарушение этого правила приводит к преждевременному износу рабочей поверхности матрицы.

Доказано, что периферийная оптимальная скорость матрицы в зависимости от ее диаметра должна составлять 6–8 м/с. В случае превышения этой скорости увеличивается скорость продавливания

увлажненного комбикорма, уменьшается время пребывания прессуемого комбикорма в отверстиях матрицы. С увеличением окружной скорости, например в 2,5 раза, производительность пресса-гранулятора возрастает почти в 2,2 раза, т. е. пропорционально. Время прессования при этом сокращается в 2,7 раза, а процент крошки, возвращаемой сепаратором на повторное гранулирование, увеличивается на 92%.

Максимальной производительности пресса-гранулятора можно достичь только после некоторого периода работы матрицы. Особое внимание следует обращать на приработку матриц с диаметром 3,2 и 4,5 мм. Их следует использовать при влажности комбикорма 12,5–14,3% и крупности тонины помола до 0,35 мм. Перегрузка матрицы не допускается, матрицу следует загружать постепенно, внимательно следя за нагрузкой, которая должна составлять 120–130 А. Если комбикорм удовлетворительно проталкивается через отверстия матрицы, нагрузку увеличивают. Когда стрелка приблизится к значению нормальной загрузки (170 А), увеличивают подачу пара. Влажность комбикорма увеличивается, нагрузка падает. Снова увеличивают подачу до нормальной загрузки и влажность комбикорма. Такими этапами добиваются максимальной производительности пресс-гранулятора.

При производстве гранулированных комбикормов диаметром 6,0 и 8,0 мм обеспечивают достаточное количество пара для лучшего заполнения отверстий влажной массой. Первые гранулы будут мягкими, затем при увеличении подачи сухого комбикорма можно несколько уменьшить количество пара и таким образом улучшить качество гранул.

Зазор между прессующими роликами и внутренней поверхностью матрицы влияет на все показатели: производительность, износ оборудования, энергоемкость и качество готовой продукции. В зависимости от состава рецепта комбикорма этот прессующий зазор должен составлять 0,2–0,6 мм. Меньший зазор не допускается: возможна работа роликов и матрицы «металл о металл», что связано с чрезмерным износом рабочих поверхностей. При большем зазоре наблюдается уменьшение основных силовых факторов, ухудшающих условия прессования. Установлено, что для больших значений зазора действие его на силовые

факторы проявляется в меньшей степени. Так, увеличение зазора от 0,8 до 1,4 мм вызывает уменьшение среднего давления в зоне прессования от 11 до 7 МПа для матрицы с диаметром отверстия 4 мм и от 7,3 до 5 МПа для матрицы с диаметром отверстия 8 мм. Более толстый слой предварительно сжатого материала способствует образованию смазки между металлом ролика и матрицы, уменьшающей износ последним. Это, однако, касается комбикормов с незначительным содержанием рыбной муки и достаточным количеством зерновых, способных клейстеризоваться при температуре 75–88°C. При гранулировании комбикормов с высоким содержанием рыбной муки и термочувствительных компонентов желательно выдерживать минимальный зазор (0,2–0,3 мм). В этом случае коэффициент гранулирования увеличивается за счет лучшего продавливания комбикорма, и сама рыбная мука является хорошей смазкой, что уменьшает износ роликов и матрицы.

При зазоре более 0,3 мм возникает опасность ускользания такого комбикорма от проталкивания. Комбикорм в этом случае пересыпается через ограничительный бурт и направляется на повторное гранулирование.

Комбикорм с низким содержанием протеина и высоким содержанием углеводов и клетчатки допускается гранулировать с прессующим зазором, равным до 0,5 мм. Установлено, что при таком составе комбикорма и зазоре в толстом слое поглощаются тангенциальные силы, появившиеся вследствие движения роликов по матрице. Для обеспечения безаварийной работы пресса-гранулятора, работающего с матрицей и прессующими роликами, рабочие поверхности которых не подогнаны друг к другу, допускается более толстый слой комбикорма. Это предупреждает преждевременный износ и поломку матрицы. Недостаточная подгонка роликов вызывает их проскальзывание при вращении, что приводит к налипанию комбикорма на ролики и заклиниванию матрицы. Таким образом, к рабочей паре ролик-матрица предъявляют ряд требований. От них зависят все производственные показатели и качество гранул. При соблюдении условий хранения и эксплуатации одна матрица с диаметром отверстий 4,5 мм может обеспечить выработку около 10 тыс. т комбикормов, диаметром 3,2 мм (для стартовых комбикормов) – около 1,2 тыс. т.

Сушку гранул проводят в калориферных сушилках горячим воздухом температурой 100–110°C и при скорости движения 3,5–4,0 м/с. Затем их охлаждают в колонке и контролируют в просеивающей машине, где отделяют мелкие фракции. Полученные мелкие частицы возвращают на повторное гранулирование.

Кроме калориферных, также применяют и вибрационные сушилки, в которых поверхность частиц равномерно обдувается, в результате чего скорость сушки увеличивается.

Гранулометрический состав рассыпного комбикорма определяет среднее значение крупности помола комбикорма. Это значение, зависящее от типа дробилки, диаметра сменных сит молотковых дробилок, определяют путем просеивания измельченной кормосмеси через сита с круглыми или квадратными отверстиями соответствующего размера. По остатку на сите, который, как правило, не должен превышать 10%, судят о значении крупности помола.

На молотковых дробилках со сменными ситами при производстве продукционных комбикормов (с диаметром гранул 3,2 и 4,5 мм) необходимо устанавливать сита с отверстиями диаметром не более 2,0 мм, производстве стартовых комбикормов – сита с диаметром 1,0–1,5 мм. В этом случае обеспечивается крупность помола для продукционных комбикормов со значением до 0,45 мм, а для стартовых – 0,15–0,24 мм.

С целью достижения необходимой крупности помола на многих комбикормовых заводах применяют двух- и трехступенчатое измельчение, т. е. измельчение осуществляется в 2–3 последовательно установленных дробилках. В последней дробилке предусматривается ситовой контроль качества измельчения, который позволяет направлять недостаточно измельченный комбикорм на повторное измельчение.

Качество помола зависит и от состояния сит. В случае пробоя сит металлопримесями или камнями в виде гальки увеличивается выход неизмельченного комбикорма.

Состав комбикорма также оказывает значительное влияние на операцию измельчения. При значительном включении в комбикорм тонкодисперсных компонентов (дрожжи, витамины и т. д.), не требующих измельчения, но направленных на данную операцию, они

при попадании в дробилку сразу же проходят через отверстия сита. В результате этого наблюдается их выделение из общей кормосмеси. Без повторного смешения возможно гранулирование компонентов, подвергшихся измельчению и прошедших через отверстия сит без измельчения.

Особенно трудно измельчать хлопчатниковый шрот, состоящий из 70% ваты и 30% твердых частиц семян хлопчатника. При значительном включении в рецепт (до 40%) хлопчатникового шрота производительность дробильного оборудования уменьшается в 1,0–2,0 раза и увеличиваются возможности пожаров и взрывов, поскольку при его измельчении сита отверстий дробилки забиваются волокнистым материалом. В связи с этим желательно измельчать хлопчатниковый шрот отдельно и по достижении необходимой крупности помола вводить в комбикорм.

Особое внимание следует обращать на состояние поверхности гранул, которая должна быть полированной, без заусенцев на торцах излома.

Метод влажного гранулирования экономически затратный, его себестоимость в 4–5 раз выше, чем сухого гранулирования. Однако высокая эффективность кормов, полученных методом влажного гранулирования, оправдывает дополнительные затраты. Так, эффективность кормления кормами влажного гранулирования на 18–21% выше, чем при использовании кормов, изготовленных сухим гранулированием.

Кроме того, влажный способ позволяет получить гранулы, имеющие различные физико-химические свойства, например тонущие в воде или плавающие на поверхности или в толще воды.

Экспандирование комбикормов. Известно, что существенная доля комбикормового производства в России представлена рассыпными комбикормами, использование которых имеет ряд недостатков: расслоение смеси во время транспортировки и хранения; гигиенический стандарт корма зависит от сырья и не может быть улучшен; низкая эффективность кормления.

Все эти недостатки до недавнего прошлого решались в основном за счет гранулирования комбикормов при максимальной температуре

70–80°C. Однако этот способ имеет недостатки: низкий гигиенический стандарт из-за невысоких температур, ограниченный ввод жидких компонентов, например жира до 3%. Высокий процент жира должен наноситься на готовые гранулы, что может привести к окислению жира во время хранения продукта, качество гранул в основном зависит от введенных по рецепту компонентов. Проблему улучшения качества производимых комбикормов решает процесс экспандирования.

Экспандирование – это гидротермическая обработка комбикорма с помощью экспандера, позволяющая производить экспандированный структурированный комбикорм в виде крупки без гранулирования.

В процессе экспандирования комбикорма подвергаются кратковременной (не более 6 секунд) температурной обработке от 80 до 130°C и давлению до 4000 Мпа. Интенсивное воздействие тепла, влаги и высокого давления в короткий промежуток времени эффективно уничтожает патогенные бактерии, грибки и плесень. Обеззараживание происходит не только за счет тепловой обработки, но и динамического воздействия во время прохождения кормов через рабочую зону экспандера.

На выходе из экспандера комбикорм попадает в область низкого давления, в этот момент происходит вспучивание продукта, модифицируется крахмал, повышается доступность углеводов действию пищеварительных ферментов. В зависимости от рецептуры, температуры продукта и давления готовый продукт может иметь структуру теста, толстых хлопьев или комков.

В процессе экспандирования биологически активные вещества, вводимые в комбикорма с премиксом или как монокомпоненты, сохраняются и остаются стабильными.

Применение экспандера дает возможность использования сырья с высоким процентом клетчатки. Кроме того, можно существенно увеличить ввод растительного масла, жира или мелассы. Экспандированный и измельченный на валковом измельчителе продукт имеет меньший удельный вес (около 20%).

Гранулированный экспандер сочетает в себе одновременно преимущества гранулированных и рассыпных комбикормов. Каждая частичка содержит все составные компоненты.

В настоящее время для экспандирования комбикормов используют экспандеры с кольцевым зазором (рис. 61).

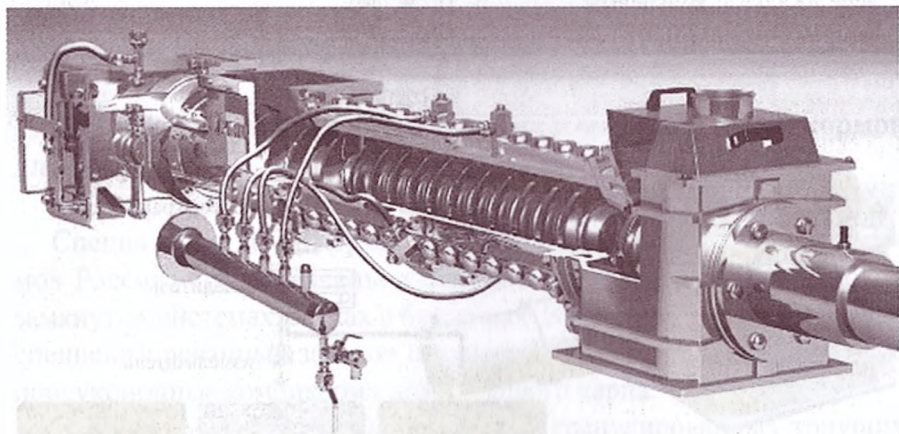
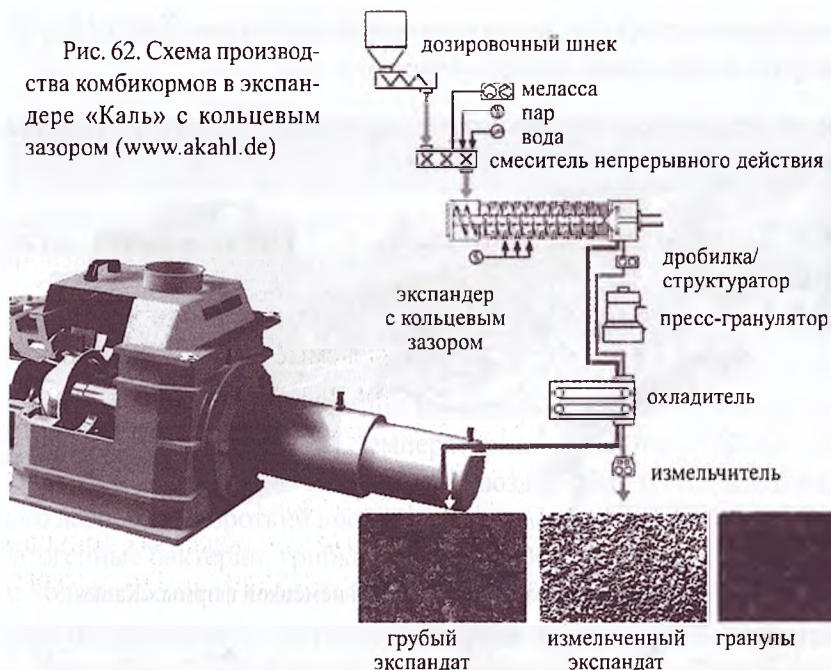


Рис. 61. Экспандер с кольцевым зазором немецкой фирмы «Каль»

Экспандер с кольцевым зазором состоит из толстостенной смесительной трубы с изнашиваемыми вставками и червячного вала на стороне, оборудованного дозирующими и смесительными элементами. Регулируемый с помощью гидравлики конус образует вместе с концом упомянутой трубы кольцевой зазор. Изменением положения конуса в процессе работы можно задавать, программировать и плавно регулировать давление, интенсивность перемешивания, нагрев продукта и потребление энергии. Максимальное давление составляет 40 бар, рабочая температура на выходе экспандера составляет 90–140°C. Там же давление спонтанно падает, вследствие чего материал расширяется и увеличивается в объеме, а часть добавляемой воды испаряется также в результате резкого падения давления. В связи с этим дополнительная сушка комбикорма, как правило, не требуется. Размер частиц экспандера можно задавать с помощью агрегатированного с экспандером измельчительного устройства.

Обработка в экспандере уменьшает общую обсеменность сырья. При использовании экспандера отпадает необходимость постоянного исследования гигиенического стандарта сырьевых материалов, так как

Рис. 62. Схема производства комбикормов в экспандере «Каль» с кольцевым зазором (www.akahl.de)



получаемая смесь является практически пастеризованной. Кроме того, экспандированные комбикорма имеют ряд преимуществ:

- сохраняется стабильность и устойчивость комбикорма при транспортировке;
- экспандат имеет пористую структуру, что способствует более легкому проникновению ферментов и, соответственно, перевариванию;
- обеспечивается высокая гигиена комбикормов;
- при использовании экспандированных кормов уменьшаются кормовые затраты;
- в процессе экспандирования происходит разрушение жирорасщепляющих ферментов, что повышает срок хранения комбикормов и позволяет также сохранить их вкусовые качества;
- в отличие от экструдера условия протекания процессов в экспандере более бережные. Это не отражается ни на содержании аминокислот, ни на их биологической активности.

Таким образом, введение экспандера в линию гранулирования одновременно открывает большой радиус действия изготовлению комбикормов и дает преимущество рыбоводам, так как позволяет получать не только экспандат, но и плавающие, медленно тонущие гранулы, а при необходимости, и крупку любого размера.

15.3. Технологические схемы производства комбикормов для рыб

Специальные комбикорма, вырабатываемые на заводах гранкормов России, предназначены в основном для выращивания рыбы в замкнутых системах, садках и бассейнах. Вместе с тем мощности этих специализированных заводов позволяют получать гранулированные производственные комбикорма для прудового карпа.

Технологическая схема производства гранулированных тонущих стартовых и производственных комбикормов, например, Ростовского-на-Дону завода, включает:

- линию 1 приема сырья с авто- и железнодорожного транспорта, распределения сырья с его возможным перемещением с одного склада силосного типа в другой при длительном хранении, растаивания, ввода его в линию, измельчения комковатых компонентов и удаления заплесневелых комков и металлопримесей;
- установку предварительного смешивания (линию премиксов) компонентов, входящих в состав рецептов (антиоксиданты, премиксы, связующие материалы, антибиотики, различные биостимуляторы и т. д.);
- линию 2 распределения каждого компонента в производственные бункеры, дозирования, взвешивания, смешивания сырья с вводом в рассыпной комбикорм в случае необходимости жидких добавок (воды, холин-хлорида, рыбьего жира и растительного масла), загрузки рассыпного комбикорма в бункеры для производственного и стартового комбикормов, измельчения рассыпного комбикорма до необходимой крупности промолота и дальнейшей загрузки для кондиционирования в надпрессовые бункеры;

- линию 3 кондиционирования, гранулирования производственных комбикормов, охлаждения, сортирования и нанесения на их поверхность жира или растительного масла;
- линию 4 производства стартовых комбикормов по группам в зависимости от их размера, распределения стартовых комбикормов по бункерам готовой продукции и отгрузки готовой продукции в затаренном виде на склад или в автотранспорт потребителя комбикормов;
- линию 5 бункерного хранения производственных комбикормов и отгрузки их потребителю.

На линии 1 (рис. 63) выполняются следующие операции:

- прием сырья в рассыпном и затаренном виде с железнодорожного и автотранспорта в бункеры;

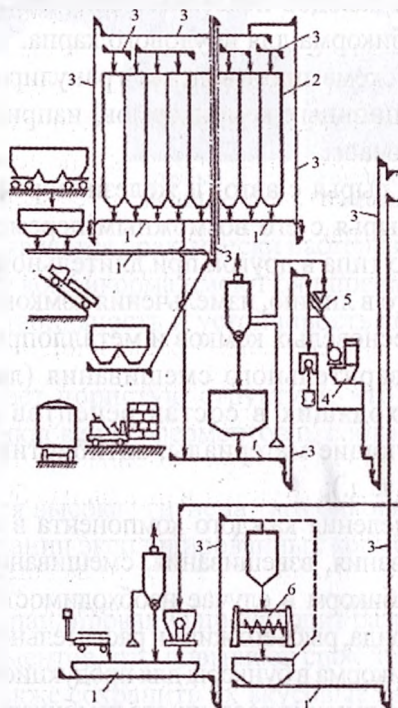


Рис. 63. Линия 1 технологической схемы Ростовского завода по производству комбикормов для рыб: 1 – цепные конвейеры; 2 – склад сырья; 3 – норин; 4 – дробилка грубого помола; 5 – сепаратор; 6 – смеситель периодического действия

- подача сырья по транспортерам в элеватор и распределение его цепными транспортерами по бункерам склада сырья;
- перекачка сырья из одного склада силосного типа в другой с помощью цепных транспортеров и элеваторов;
- подача сыпучих компонентов (шроты, зерновые) по цепным транспортерам в приемный бункер;
- транспортирование растаренных компонентов цепным транспортером, элеватором в сепаратор, на котором происходит отделение комковатых компонентов, поступающих в молотковую дробилку для грубого измельчения и удаления металлических примесей в магнитной колонке. Нежелательные включения удаляют из процесса, а очищенный компонент направляют на линию 2;
- прием затаренного сырья (рыбной муки, кормовых дрожжей) из железнодорожного вагона, которое на электрокарах поступает в цех, здесь мешки расшивают, а сырье выгружают в цепной транспортер;
- растаривание мешков, подача компонентов (премиксы, связующие материалы, биостимуляторы, антибиотики) на цепной транспортер, элеватор, бункер, смеситель и приемный бункер периодического действия с цепным транспортером;
- взвешивание кормовых дрожжей на весах с последующей их подачей в смеситель.

На линии 2 (рис.64) осуществляются следующие операции:

- прием из элеватора крупнодисперсионных компонентов (шротов, зерна) и предварительно смешанных премиксов, кормовых дрожжей, биостимуляторов, которые с помощью цепного транспортера через распределитель поступают в отдельные бункеры производственного запаса с шнековыми дозаторами;
- дозировка каждого компонента в строго заданном объеме, в соответствии с рецептом, при взвешивании всех компонентов на многокомпонентных весах;
- равномерное смешивание рассыпного комбикорма в смесителе периодического действия с возможным введением в кормосмесь жидких добавок (холин-хлорид, рыбный жир, растительное масло), после чего рассыпной комбикорм сыпают в приемный бункер, а

оттуда направляют на цепной транспортер, элеватор, а затем в бункеры для производственного и стартового рассыпных комбикормов;

- подача производственного комбикорма для измельчения в молотковые дробилки с последующим рассевом на виброситах, готовый рассыпной комбикорм по цепному транспортеру через элеватор поступает в надпрессовые бункеры, некондиционный рассыпной комбикорм по шнековому транспортеру через элеватор — на повторное измельчение;

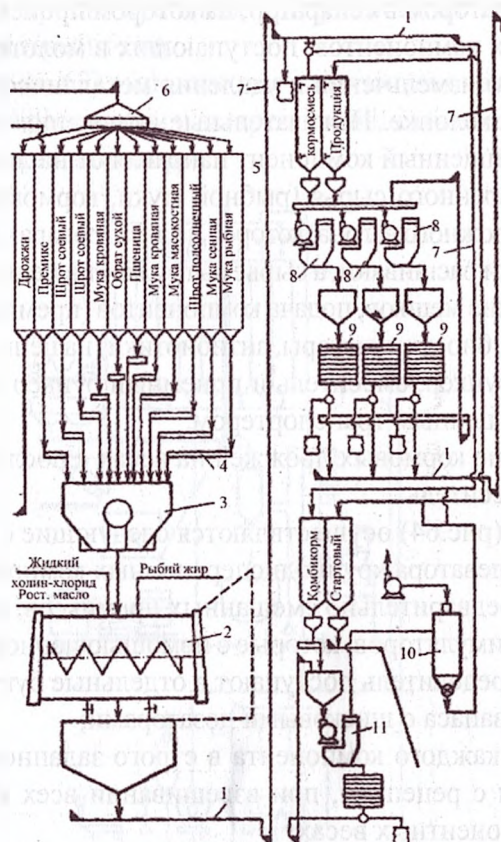


Рис. 64. Линия 2 технологической схемы Ростовского завода комбикормов для рыб: 1 — цепные конвейеры; 2 — смеситель периодического действия; 3 — многокомпонентные весы; 4 — дозаторы; 5 — бункеры производственного запаса; 6 — распределитель; 7 — норрии; 8 — дробилки молотковые для производственных комбикормов; 9 — вибросито; 10 — циклон; 11 — дробилка молотковая для стартовых комбикормов

- тонкое измельчение стартового рассыпного комбикорма, который из бункера по шнековому транспортеру поступает в наддробильный бункер и молотковую дробилку;
- отсев некондиционного комбикорма на вибросите, возврат неизмельченного комбикорма на повторное измельчение;
- отсос тонкоизмельченного рассыпного комбикорма системой циклона с вентилятором и подача его в бункер с последующей выгрузкой через цепной транспортер и элеватор в надпрессовый бункер.

При использовании тонкодисперсных материалов (кормовые дрожжи, БВК и др.), не требующих дополнительного измельчения, предусмотрена подача их в бункер для стартового рассыпного комбикорма. Для этого устроен самотек.

На линии 3 (рис. 65) выполняются следующие операции:

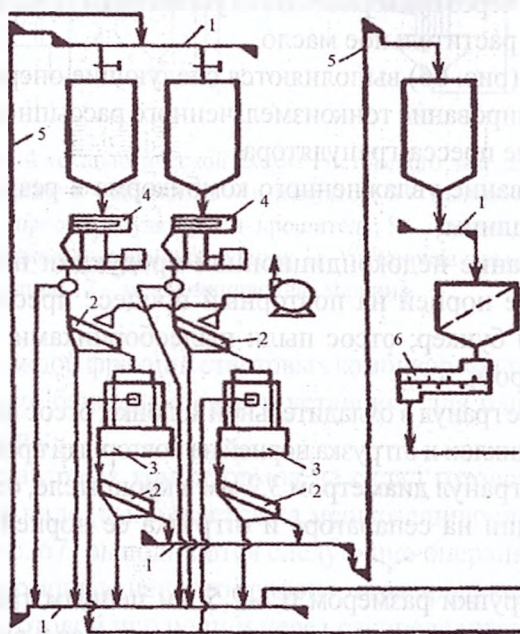


Рис. 65. Линия 3 технологической схемы Ростовского завода по производству комбикормов для рыб: 1 – цепные конвейеры; 2 – сепараторы; 3 – охлаждающие колонки; 4 – прессы-грануляторы; 5 – норрии; 6 – установка для нанесения жира

- кондиционирование продукционного рассыпного комбикорма в смесителях прессов-грануляторов;
- гранулирование увлажненного комбикорма во вращающейся матрице;
- сепарирование некондиционной продукции на сепараторах и отгрузка ее по цепному транспортеру через элеватор на повторное прессование;
- отсос пыли пылесборниками, оборудованными вентилятором;
- охлаждение гранул в охлаждающих колонках, отсос из них кормовой пыли вентилятором через систему циклонов и отгрузка пыли через шлюзовые затворы циклонов на повторное гранулирование;
- повторное сепарирование готовой продукции на сепараторах, отгрузка ее по цепному транспортеру, через норию в промежуточный бункер, откуда гранулы с помощью цепного транспортера поступают через бункерное сито в установку, где на их поверхность наносится растительное масло.

На линии 4 (рис. 66) выполняются следующие операции:

- кондиционирование тонкоизмельченного рассыпного комбикорма в смесителе пресса-гранулятора;
- гранулирование увлажненного комбикорма и резка гранул определенной длины;
- сепарирование некондиционной продукции на сепараторе и отгрузка ее норией на повторный процесс прессования в надпрессовый бункер; отсос пыли пылесборниками, снабженными вентилятором;
- охлаждение гранул в охлаждающей колонке, отсос пыли вентилятором через циклон и отгрузка норией на повторный процесс крошения;
- крошение гранул диаметром 3,2 мм в крошителе, отделение крупной фракции на сепараторе и отгрузка ее норией на повторное крошение;
- отгрузка крупки размером 0,1–2,5 мм цепным транспортером и норией через двухходовую заслонку на рассев в вибросита;
- рассев крупки в потоке на 6 фракций на виброситах и загрузка их самотеком или шнековыми транспортерами в бункеры готовой продукции;

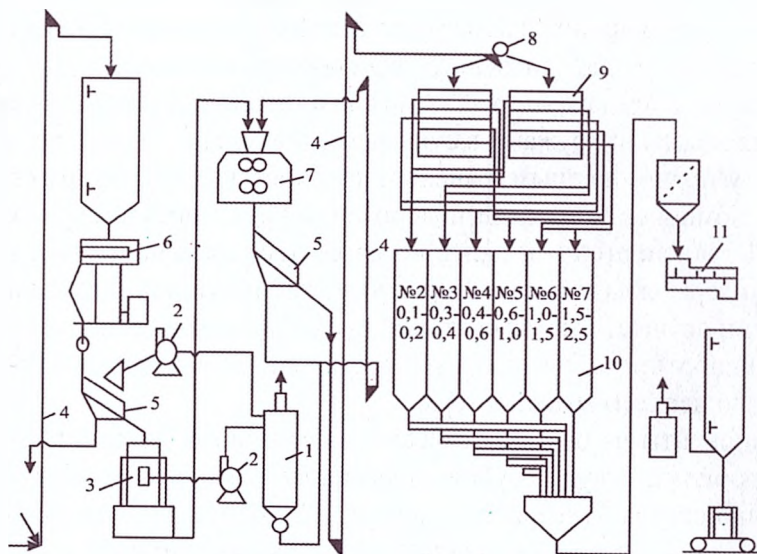


Рис. 66. Линия 4 технологической схемы Ростовского завода по производству комбикормов для рыб: 1 – циклон; 2 – вентилятор; 3 – пылесборник; 4 – нории; 5 – сепаратор; 6 – пресс-гранулятор; 7 – крошитель; 8 – двухходовая заслонка; 9 – вибросито; 10 – бункеры готовой продукции; 11 – установка для нанесения жира на стартовые комбикорма; 12 – мешкозашивочная машина.

- выгрузка каждой фракции стартовых комбикормов транспортерами через бункер, бункерное сито в установку для нанесения на них рыбьего жира;
- отгрузка стартовых комбикормов на склад готовой продукции в затаренном виде (выполняется на мешкозашивочной машине).

На линии 5 (рис. 67) выполняются следующие операции:

- загрузка с помощью цепного транспортера производственных гранул в бункеры готовой продукции через распределитель;
- подача их через промежуточный бункер на весы и в бункер, оборудованный датчиками верхнего и нижнего уровней;
- подача производственных комбикормов на выбой через бункер и отсос из него пыли пылесборником;

- подача продукционных комбикормов в тару с помощью мешкозашивочной машины или отгрузка готовой продукции в рассыпном виде с помощью ленточного транспортера в автомашину.

Рассыпные компоненты россыпью или в мешках доставляют на завод.

Компоненты выгружают в бункер, откуда они по шнековому транспортеру, нории и цепным транспортерам поступают в бункеры склада сырья. Компоненты из железнодорожного транспорта выгружают на цепной транспортер – и далее через норию, транспортеры подают их в бункеры склада сырья. Перекачка компонентов при длительном хранении осуществляется системой норий и цепных транспортеров.

Транспортирование шротов в растарочный цех производится с помощью цепного транспортера.

Компоненты из нории поступают на сепаратор, далее в молотковую дробилку, откуда грубоизмельченные компоненты поступают на норию склада бункерного хранения. Одновременно эта же нория транспортирует сырье, очищенное от различных примесей на цепной транспортер, который через распределитель направляет его в бункеры производственного запаса.

На линии премиксов каждый препарат взвешивают отдельно на весах и ссыпают на цепной транспортер. Для кормовых дрожжей предусмотрены отдельные весы, препарат через норию поступает в смеситель, где компоненты тщательно смешиваются в течение 6–8 минут и по мере готовности ссыпаются самотеком в промежуточный бункер, откуда выгружаются с помощью цепного транспортера и направляются в бункер производственного запаса.

Отсос пыли на линии 1 осуществляется циклонами, которые через шлюзовые затворы могут направлять скопившуюся пыль в производственный процесс.

На линии 2 дозаторы подают каждый компонент из бункеров производственного запаса на весы. После взвешивания рассыпной комбикорм ссыпают в смеситель для смешивания в течение 6–8 минут. Затем он самотеком поступает в промежуточный бункер и далее по цепным транспортерам и нории через двухходовые заслонки – в бункера для рассыпных продукционных или рассыпных стартовых комбикормов.

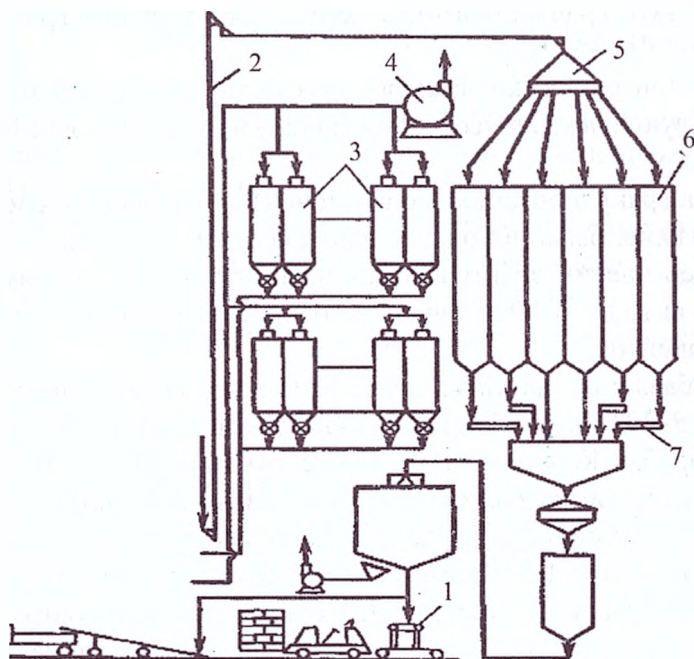


Рис. 67. Линия 5 технологической схемы Ростовского завода по производству комбикормов для рыб: 1 – мешкозашивочная машина; 2 – воронка; 3 – циклоны; 4 – вентилятор; 5 – распределитель; 6 – бункеры готовой продукции; 7 – дозаторы.

Антиокислители (100 г на 1 т комбикорма для карпа и 200 г на 1 т комбикорма для форели) вводят через линию премиксов. Аналогично с антиоксидантами производят смешивание антибиотиков (до 1%). Равномерность распределения таких препаратов в комбикорме зависит от ступенчатости его ввода и продолжительности смешивания в смесителе.

15.4. Производство комбикормов в условиях рыбоводных хозяйств

Комбикорма для объектов аквакультуры изготавливаются на заводах по производству сухих кормов или хозяйственным способом непосредственно на рыбоводных хозяйствах. Во втором случае

готовят как сухие гранулированные корма, так и влажные гранулы (или пасты).

При приготовлении сухих гранул и крупки на рыбоводных хозяйствах используют электромясорубку, сушилку и набор разнообразнейших сит.

До начала гранулирования все компоненты, входящие в состав рациона, должны быть дополнительно смолоты и просеяны так, чтобы размер частиц стартового корма не превышал 0,3 мм (с остатком на сите до 10%). Сначала по рецепту изготавливают смесь сухих компонентов.

После добавления премикса смесь тщательно перемешивают и добавляют 25–30% воды. Влажную кормосмесь пропускают через электромясорубку. Кормосмесь после мясорубки имеет вид цилиндрических нитей диаметром от 3 до 7 мм. Разрывая ручную нить, получаем гранулы цилиндрической формы с соотношением длины к диаметру не более 1,5. Затем влажные гранулы охлаждают до комнатной температуры и 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°C. Полностью высушенные гранулы после нанесения на них жира, согласно рецептуре, представляют собой готовый продукт и могут скармливаться рыбе непосредственно после приготовления или хранения в специальной таре.

Для приготовления крупки, предназначенной для молоди массой до 5 г, предварительно получают сухие гранулы размером 5 мм, которые затем дробят на электромясорубке со снятыми мелкой матрицей и ножом. Вместо матрицы и ножа устанавливают зажимное кольцо. После дробления получается смесь крупки разного размера, которую с помощью сит различного диаметра разделяют по фракциям. Степень раздробленности гранул зависит от величины порции гранул.

Вопросы для самостоятельного контроля

1. Что такое комбикорма? Назовите основные виды комбикормов.
2. Какие основные процессы подготовки сырья к производству комбикормов вы знаете?
3. Как проводят измельчение и плющение кормовых компонентов?
4. Какое оборудование и технологические процессы используются при экструдировании кормовых компонентов?
5. Что такое микронизация компонентов комбикормов? Какое оборудование используют для микронизации?
6. Назовите основные процессы, используемые при производстве комбикормов.
7. Как производят гранулированные комбикорма?
8. Чем влажное гранулирование отличается от сухого?
9. Что такое экспандирование комбикормов?
10. Какие технологические схемы производства комбикормов вы знаете?

Список литературы

1. Абросимова Н.А., Абросимов С.С. Саенко Е.М. Кормовое сырье и добавки для объектов аквакультуры. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. – 144 с.
2. Александров С.Н., Косова Т.И. Комбикормовое производство для животноводства и птицеводства. – М.: ООО «Издательство АСТ»; Донецк: Сталкер, 2004. – 189 с.
3. Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 215 с.
4. Матишов Г.Г., Пономарев С.В., Пономарева Е.Н. Инновационные технологии индустриальной аквакультуры в осетроводстве. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. – 367 с.
5. Ихтиопатология / Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н.; Под ред. Н.А. Головиной. – Изд. 2-е, переработанное. – М.: Колос, 2010. – 512 с.
6. Остроумова И.Н. Биологические особенности кормления рыб. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 2012. – 559 с.
7. Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никаноров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России. – Астрахань: Нова плюс, 2002. – 263 с.
8. Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Индустриальное рыбоводство. – М.: Колос, 2006. – 320 с.
9. Пономарев С.В., Иванов Д.И. Осетроводство на интенсивной основе. – М.: Колос, 2009. – 312 с.
10. Пономарев С.В. Лососеводство. – М.: МОРКНИГА, 2012. – 561 с.
11. Скларов В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 149 с.
12. Сорвачев К.Ф. Основы биохимии питания рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 247 с.
13. Чернышев Н.И., Панин И.Г. Компоненты комбикормов. – Воронеж: ГУП «Старооскольская типография», 2000. – 121 с.

14. Черняев Н.П. Технология комбикормового производства. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
15. Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.
16. Яржлмбек А.А. Физиология рыб. – М: Колос, 2007. – 160 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ I. ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА РЫБ. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ КОРМА.....	5
<i>Глава 1. Пищеварение и пищеварительная система рыб.....</i>	<i>5</i>
1.1. Пищеварительные органы.....	5
1.2. Пищеварительные ферменты.....	9
1.3. Перевариваемость пищи и усваиваемость питательных веществ.....	13
<i>Глава 2. Применение живых кормовых организмов в аквакультуре.....</i>	<i>16</i>
2.1. Состав естественной пищи рыб.....	16
2.2. Выращивание и использование пресноводных водорослей.....	22
2.3. Культивирование высших водных растений (на примере семейства ароидных)..	30
2.4. Выращивание и использование простейших.....	36
2.5. Выращивание и использование круглых червей.....	43
2.6. Культивирование олигохет.....	51
2.7. Выращивание и использование ветвистоусых ракообразных.....	69
2.8. Разведение жаброногих ракообразных.....	80
2.9. Культивирование равноногих ракообразных.....	88
2.10. Культивирование амфипод.....	89
2.11. Культивирование насекомых.....	91
2.12. Использование моллюсков.....	93
2.13. Совместно-раздельное культивирование гидробионтов двух трофических уровней.....	95
<i>Глава 3. Состав кормового сырья для производства полноценных комбикормов.....</i>	<i>103</i>
3.1. Кормовое сырье растительного происхождения.....	103
3.2. Кормовое сырье животного происхождения.....	120
3.3. Компоненты микробиологического происхождения.....	125
3.4. Жировые добавки.....	130
3.5. Витамины, минеральные вещества и премиксы.....	134
3.6. Лечебные и профилактические добавки в комбикорма.....	144
3.7. Вещества, улучшающие качество корма.....	151
3.8. Антипитательные вещества компонентов комбикормов.....	153
<i>Глава 4. Влажные кормовые компоненты, корма и пасты.....</i>	<i>159</i>

РАЗДЕЛ II.	ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПОЛНОЦЕННЫХ КОРМОВ ДЛЯ РЫБ...	161
Глава 5.	<i>Биологические основы создания рецептов полноценных комбинированных кормов.....</i>	161
5.1.	Протеин как основа пищевых рационов.....	162
5.2.	Жиры и жирные кислоты.....	176
5.3.	Углеводы в составе пищи и кормов.....	183
Глава 6.	<i>Методы разработки рецептов полноценных кормов для рыб.....</i>	188
6.1.	Физиологические нормы кормления и энергетическая питательность.....	189
6.2.	Методы балансирования состава кормосмесей	196
РАЗДЕЛ III.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОРМЛЕНИЯ РЫБ.....	214
Глава 7.	<i>Корма и технологии кормления основных объектов аквакультуры.....</i>	215
7.1.	Кормление карпа.....	215
7.2.	Кормление канального сома.....	236
7.3.	Кормление осетровых.....	238
7.4.	Кормление угря.....	251
7.5.	Кормление лососевых.....	252
7.6.	Кормление сиговых.....	262
7.7.	Кормление креветок.....	266
Глава 8.	<i>Механизация процесса кормления рыб.....</i>	269
Раздел IV.	МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ РЫБЫ, КАЧЕСТВА КОРМОВ И КОРМОВЫХ КОМПОНЕНТОВ.....	279
Глава 9.	<i>Оценка внешнего вида и поведения рыб.....</i>	279
Глава 10.	<i>Измерение, взвешивание и вскрытие рыбы.....</i>	283
Глава 11.	<i>Анализ химического состава тела рыб.....</i>	287
11.1.	Содержание сухого вещества в теле рыб.....	287
11.2.	Физико-химические методы определения уровня жира.....	290
11.3.	Определение уровня протеина в теле рыбы.....	303
11.4.	Определение содержания золы (минеральных веществ).....	309
11.5.	Содержание гликогена в тканях рыб.....	311
Глава 12.	<i>Анализ крови рыб.....</i>	314
12.1.	Техника взятия крови.....	314
12.2.	Изучение гематокрита (общего объема эритроцитов).....	316
12.3.	Содержание гемоглобина в крови рыб.....	319
12.4.	Определение скорости оседания эритроцитов микрометодом Панченкова.....	321

12.5.	Определение осмотической резистентности эритроцитов	322
12.6.	Оценка гемолиза эритроцитов.....	323
12.7.	Определение числа эритроцитов пробирочным методом в камере Горяева.....	324
12.8.	Определение среднего содержания гемоглобина в одном эритроците..	326
12.9.	Оценка эритроцитарной и лейкоцитарной картин крови рыб.....	326
12.10.	Содержание белка в сыворотке крови рыб	330
12.11.	Определение содержания общего холестерина в сыворотке крови.....	337
<i>Глава 13.</i>	<i>Контроль качества комбикормов.....</i>	<i>339</i>
<i>Глава 14.</i>	<i>Болезни, вызываемые недоброкачественными кормами.....</i>	<i>354</i>
14.1.	Патологии, вызванные продуктами окисления жиров.....	354
14.2.	Микотоксикозы.....	356
14.3.	Заболевания, вызываемые токсическими веществами растительного происхождения.....	358
14.4.	Заболевания, вызываемые высококонтаминированными комбикормами.....	360
14.5.	Болезни, вызываемые несвойственной пищей.....	361
<i>Глава 15.</i>	<i>Направления технологий производства комбикормов и компонентов.....</i>	<i>365</i>
15.1.	Подготовка сырья для производства комбикормов.....	366
15.2.	Технологические процессы и оборудование для производства комбикормов.....	372
15.3.	Технологические схемы производства комбикормов для рыб.....	395
15.4.	Производство комбикормов в условиях рыбоводных хозяйств.....	403
	Список литературы.....	406

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Пономарев Сергей Владимирович – доктор биологических наук, профессор, работает в Астраханском государственном техническом университете (АГТУ), профессор кафедры «Технические средства аквакультуры» Донского государственного технического университета, академик Российской академии естественных наук (РАЕН), заслуженный работник рыбного хозяйства России, член Географического общества России (Астраханское отделение).

В настоящее время занимает должность заведующего кафедрой «Аквакультура и водные биоресурсы» АГТУ, которая является базой кафедрой Российской академии наук (Южного научного центра РАН), директор инновационного центра «Аквабиотехнопарк – НТЦ аквакультуры» АГТУ. Заведует проблемной научной лабораторией «Криобиотехнологии в аквакультуре» АГТУ. Автор 326 печатных работ в области пресноводной и морской аквакультуры, водных биоресурсов, морской биологии, географии, в том числе девяти монографий, четырех учебников, семи учебных пособий, двух справочников, двенадцати брошюр по разведению объектов аквакультуры и кормлению рыбы, двенадцати патентов на изобретение. Специалист в области искусственного воспроизводства водных биоресурсов, товарной аквакультуры интенсивного типа, фермерского рыбоводства и кормления рыбы, осетроводства, лососеводства.



Грозеску Юлия Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы» Астраханского государственного технического университета.

Автор более 60 печатных работ, в том числе 4 учебников и справочников в области аквакультуры, 3 патентов на изобретения. Специализируется на разработке технологий выращивания и содержания товарных рыб и ремонтно-маточных стад ценных объектов аквакультуры.



Бахарева Анна Александровна – кандидат биологических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой «Аквакультура и водные биоресурсы» Астраханского государственного технического университета.

Автор более 60 печатных работ, в том числе 4 учебников и справочников в области аквакультуры, 3 патентов на изобретения. Специализируется на разработке технологий выращивания ценных объектов аквакультуры, изучении физиологического состояния производителей.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

АГТУ – один из крупнейших учебных, научно-инновационных университетских комплексов юга России в Прикаспийском регионе. В состав АГТУ входят 6 учебно-научных институтов и 7 факультетов. В сфере высшего профессионального образования подготовка проводится по 53 специальностям и направлениям, таким как рыбоводство и рыболовство, химическая и пищевая технологии, холодильная техника и технологическое оборудование, кораблестроение и судовая энергетика, экология и природообустройство, экономика и финансы, менеджмент, маркетинг и реклама, электрооборудование и энергосбережение, информационные технологии и телекоммуникации, вычислительная техника и связь, юриспруденция, социально-культурный сервис и туризм, биология и микробиология, нефть и газ, строительство.

Кроме того, открыты 34 научные специальности аспирантуры и докторантура, действуют 13 диссертационных советов.

Научно-инновационная деятельность

АГТУ является постоянным участником крупнейших выставок, конгрессов и конференций.

Ежегодно издается каталог инновационных проектов в областях:

- образование и образовательные технологии;
- аквакультура и водные биоресурсы;
- прикладная биология и микробиология;
- промышленное рыболовство;
- технологии и продукты переработки рыбы;
- технологии продуктов питания;
- морские технологии и судостроение;
- химические и нефтехимические технологии;
- энергетика и холодильное оборудование;
- механические устройства;
- информационные технологий;
- экономика, маркетинг и реклама;
- туризм.

Важнейшие инновационные проекты размещены на сайте АГТУ: www.astu.org

АГТУ – постоянный участник ежегодного Московского международного салона инноваций и инвестиций (18 медалей), Международной специализированной выставки «Мир биотехнологий-2006» (2 медали). Ученые университета ежегодно подают более 30 заявок на получение патентов и получают столько же патентов РФ.



Издательская деятельность

Ежегодно издается более 20 монографий и 25 учебных пособий. «Вестник АГТУ» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Система менеджмента качества

В АГТУ внедрена система менеджмента качества в сфере высшего и дополнительного профессионального образования на основе стандартов ISO 9001, которая сертифицирована DQS Германии и международной сертификационной сетью IQNet (рег. № 302005 QM). Создан региональный Центр по управлению качеством. Разработана инновационная образовательная программа обучения персонала по качеству.

Научные лаборатории

Лаборатория Российской академии наук «Океанология, гидрология и водные ресурсы» Института водных проблем РАН, лаборатории Южного научного центра РАН: «Химия и токсикология экосистем Каспия», «Аквакультура и биологические ресурсы», сектор «Криобиотехнология» в лаборатории «Аквакультура и биоресурсы», «Экономические проблемы Каспия», лаборатория Саратовского научного центра РАН «Нетрадиционная энергетика», лаборатория Дагестанского научного центра РАН «Проблемы моторной энергетике» Института физики.

Бизнес и образование

В АГТУ функционируют: центр компетенции компании Schneider Electric, филиалы учебных центров фирм «Роберт Бош», «ИнтерКолор» и Microsoft IT

Academy, базовые кафедры «Банковское дело» в АО Сбербанк РФ и «Автомобильный сервис и обслуживание» в ООО ПКФ «Техсервис».

Довузовская подготовка

С 1995 г. работает школа «Юный исследователь», которая с 1996 г. участвует в программе «Шаг в будущее». АГТУ возглавляет Астраханский координационный центр Всероссийской программы «Шаг в будущее». Юными исследователями получены 4 золотые медали на национальных соревнованиях Европы, 8 дипломов Минобрнауки РФ, 15 дипломов и специальных призов на конференциях и выставках. В г. Камызяк открыт лицей-интернат АГТУ для талантливых школьников. В АГТУ находится Региональный центр тестирования Минобрнауки РФ.

Международная деятельность.

Подготовка иностранных специалистов для стран дальнего зарубежья осуществляется путем с 1955 г. За это время университет подготовил более 2060 специалистов для 75 стран мира, в том числе более 1780 магистров, более 90 кандидатов наук, около 180 человек прошли 1-2-годовую стажировку. По инициативе АГТУ



создана Ассоциация университетов Прикаспийских государств. В 2000 г. на базе АГТУ создан Каспийский филиал Международного института океана. На качественную подготовку специалистов для Социалистической Республики Вьетнам в 2004 г. университет награжден орденом Дружбы Социалистической Республики Вьетнам.

РОССИЯ, АСТРАХАНЬ,
ул. Титовская, 16, ФГБОУ ВПО «АГТУ»
Тел. (8512) 614300; факс 614366
E-mail: post@astu.org
Сайт: www.astu.org

Свидетельство о государственной аккредитации ФГБОУ ВПО «АГТУ» от 24.10.2011 г. № 1190,
серия ВВ № 001202, действительно по 7 марта 2013 г.
Лицензия от 10.08.2011, рег. № 1678, серия АА № 001746

Учебное издание

**Пономарев Сергей Владимирович
Грозеску Юлия Николаевна
Бахарева Анна Александровна**

КОРМА И КОРМЛЕНИЕ РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Учебник



9 785903 082025

Главный редактор – *Пономарев С.В.*
Компьютерная верстка, дизайн – *Петриченко М.Н.*
Корректор – *Князева Л.Ф.*

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953000 – книги, брошюры.
Санитарно-эпидемиологическое
заключение не требуется.

Все права защищены. Книга не может быть
воспроизведена полностью или частично
в бумажном или электронном формате
без письменного разрешения правообладателя.

Подписано в печать 25.03.2013 г.
Формат 60×84 1/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 26,06. Уч.-изд. л. 25,58
Тираж 1000 экз. Заказ № 7312.

Отпечатано в ОАО «Издательство «Высшая школа»
филиал ордена «Знак Почета»
«Смоленская областная типография им. В. И. Смирнова».
214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.

