



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Бакалаврская работа)

На тему «Перспективы развития производства кормов для рыб и гидробионтов в
Ленинградской области Российской Федерации»

Направление подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура,
профиль «Управление водными биоресурсами и аквакультура»

Исполнитель _____ Кривцов Антон Ильич
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ Королькова С.В., к.т.н.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____ Королькова С.В., к.т.н.
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

« 22 » 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Общие сведения о кормах.....	5
1.1. Классификация кормов и общее описание	5
1.2. Классификация кормов по технологии приготовления	8
1.3. Питательность кормов	13
1.4. Биологически-активные компоненты кормов.....	17
1.5. Вспомогательные вещества	22
1.6. Безопасность кормов	25
1.7. Сертификация кормов	26
1.8. История кормопроизводства в СССР и России	28
Глава 2. Корма для рыбоводства	31
2.1. Классификация кормов в зависимости от вида рыбы	31
2.2. Классификация в зависимости от стадии развития рыбы	33
2.3. Производители кормов.....	35
Глава 3. Практический опыт кормления рыбы.....	42
Глава 4. Альтернативные источники белкового сырья	44
для кормопроизводства	44
4.1. Альтернативные источники белкового сырья для кормопроизводства	44
4.2. Технология выращивания и переработки личинок черной львинки	49
4.3. Обоснованность применения черной львинки	53
Заключение и выводы	61
Список использованной литературы	63

Введение

Кормопроизводством называют систему организационно-хозяйственных мероприятий по производству, заготовке и хранению кормов. Развитие кормопроизводства для рыб и гидробионтов в нашей стране началось в прошлом веке одновременно с активным развитием прудового рыбоводства.

Сегодня Россия располагает широкой научной и материально-технической базой для производства гранулированных кормов для карповых и растительноядных видов рыб. Однако сейчас в нашей стране активно наращиваются объемы выращивания ценных видов рыб, таких как лососёвые осетровые [14]. Для их выращивания необходимы современные высокопитательные корма изготовленные по современным технологиям. К таким технологиям относят, в частности, экструдирование.

В настоящее время проблемы развитости комбикормовой промышленности и импорта кормов стоят особенно остро. Как известно, рыбное хозяйство в России сильно зависимо от импортных кормов и прекращение поставок зарубежных кормов может негативно сказаться на обеспеченности рыбохозяйственного сектора качественными комбикормами.

Для эффективного ведения рыбного хозяйства необходима развитая и эффективно налаженная комбикормовая промышленность, направленная на выпуск качественных и современных кормов. В то же время важно иметь доступные источники кормового сырья и отработанную логистику.

Объектами исследования являются комбикорма, используемые в рыбоводстве, и сырье для них.

Предмет исследования – выявление альтернатив традиционному сырью, применяемому в комбикормах.

Цель работы – оценка перспектив использования нетрадиционных источников белка в комбикормах, как способ расширения существующей сырьевой базы в кормопроизводстве.

Задачи:

1. Составить классификацию кормам и кормовому сырью, используемым в аквакультуре;
2. Описать применяемые в кормопроизводстве кормовые добавки;
3. Рассмотреть вопросы безопасности и сертификацию кормов;
4. Выявить различия в рецептурах кормов в зависимости от типа потребляемой пищи и стадий развития рыбы;
5. Изучить рынок производства кормов и кормовых добавок в Российской Федерации;
6. Представить пример расчёта нормы кормления, руководствуясь полученным на производственной практике опытом;
7. Оценить перспективность использования насекомых на примере черной львинки в качестве альтернативы рыбной муке.

Практическая ценность выпускной квалификационной работы материалы исследования можно использовать в рыбных хозяйствах при обсуждении темы приобретения кормов для рыб; также материал работы можно использовать в преподавании учебных дисциплин по направлению обучения 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура.

Структура выпускной квалификационной работы: Выпускная квалификационная работа на 68 страницы. Состоит из введения, 4 глав с 14 подглавами, заключения, в котором содержатся выводы, списка использованной литературы в количестве 37 источников.

Глава 1. Общие сведения о кормах

1.1. Классификация кормов и общее описание

Корма – продукты растительного, животного или минерального происхождения, используемые для кормления сельскохозяйственных животных.

Для кормов характерны определенные физические и химические признаки, а также вкус, запах, ограничение вредных примесей и антипитательных веществ до уровня, не оказывающего воздействия на потребление корма, продуктивность и здоровье животных. Чем выше концентрация в корме питательных веществ, их доступность, биологическая полноценность, тем выше его питательная ценность.

«Кормами называют специально приготовленные и используемые для кормления сельскохозяйственных животных продукты, содержащие питательные вещества в усваиваемой форме и не оказывающие вредного действия на здоровье животных и качество получаемой от них продукции» [31].

Для практических целей принята следующая классификация кормов:

- зеленые (трава пастбищ и зеленых подкормок);
- грубые (сено, солома, мякина, веточный и древесный корм);
- сочные (силос, сенаж, корнеплоды, клубнеплоды, бахчевые и другие сочные плоды);
- концентрированные (зерно и семена, жмых, шрот и др.);
- животного происхождения (молоко цельное и обезжиренное, сыворотка, мясокостная и рыбная мука и др.);
- отходы технических производств (спиртового, сахарного, консервного пищевого, масложирового);
- пищевые отходы;
- продукты микробиологического синтеза (дрожжи, микробный белок);
- синтетические азотистые добавки;

- минеральные и витаминные добавки;
- комбикорма.

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

Кроме того, достоинства сырья для кормов определяют такие его свойства, как привлекательность, влияющая на аппетит рыб и скорость потребления комбикорма, доброкачественность, то есть отсутствие порчи и поражения микроорганизмами (грибами, вирусами, бактериями, а также продуктами их жизнедеятельности).

Зеленые корма – это надземная часть растений до времени, пока не прекратился их рост и сохранилась большая часть зеленой массы [19]. В свежем виде могут скармливаться разным видам и производственным группам всеядных и растительноядных рыб довольно продолжительное время. Это объемистые, влажные, сочные корма. К зеленым кормам относятся: высшая наземная и водная растительность и зеленые водоросли. Наибольшее значение в кормлении рыб имеют злаковые, бобовые и крестоцветные травы.

Зерновые корма – фуражное зерно, зерно злаковых, бобовых и масличных культур, используемое в качестве кормовых средств для рыб. Относят к группе концентрированных кормов. Благодаря высокому содержанию углеводов, белков и жиров, являются хорошим средством для повышения уровня кормления [19].

«В большинстве случаев зерновые корма перед скармливанием подвергают специальной подготовке: измельчению, осолаживанию, дрожжеванию,

поджариванию, проращиванию, варке, пропариванию. Среди зерновых кормов различают корма: богатые углеводами (зерна злаков), богатые белком (зерна бобовых), богатые белком и жиром (семена масличных)».

Следующим видом ценных кормов являются корма животного происхождения. Их польза обоснована высоким уровнем содержания биологически-активных веществ и протеина. В химическом составе таких кормов отсутствует клетчатка, поэтому они перевариваются лучше растительных кормов. Наиболее распространено применение рыбной, мясокостной, мясной и кровяной муки [19].

Также в кормлении используют отходы технических производств. К ним относят отходы мукомольного производства (отруби, мука и мучка), отходы маслоэкстракционной промышленности (жмыхи и шроты), свеклосахарного производства (жом, патока), спиртового и пивоваренного производства (барда и дробина, кормовые дрожжи), крахмального производства (мезга).

Еще одним видом кормов являются продукты микробного синтеза. Дрожжи и микроорганизмы обладают очень высоким внутренним метаболизмом, например, 500 кг дрожжевых микроорганизмов способны в сутки синтезировать около 1200 кг белка [19]. Гидролизные и сульфитные дрожжи (гаприн) содержат 48-52 % протеина, 13-16 % – углеводов, 2-3 % – жира, а также все незаменимые аминокислоты, богаты витаминами и минеральными веществами.

Кормовые добавки – вещества, которые применяются и служат для того, чтобы влиять своими свойствами на кормовое сырье или для приобретения этим сырьем определенных свойств или действия, особенно для влияния на внешний вид, запах, вкус, консистенцию или срок хранения, для других технологических целей или из физиологических, или диетических причин.

Комбикорма – сложные однородные смеси очищенных и измельченных до необходимой крупности различных кормовых средств и микродобавок, вырабатываемые по научно обоснованным рецептам и обеспечивающие полноценное кормление животных. Преимущество: экономия кормовых ресурсов; рациональное

использование отходов различных отраслей; возможность включить в состав комбикорма сырье, которое не может быть использовано отдельно из-за плохого вида и других причин; возможность придать продукции форму, удобную для скармливания. Необходимость интенсификации всех отраслей животноводства повысила значение комбикормов. Именно через них в рацион вводятся фуражное зерно, высокобелковые кормовые средства, макро- и микродобавки, лекарственные препараты, стимуляторы роста и др. Комбикормовая промышленность призвана выполнять одну из важных народнохозяйственных задач – повышать продуктивность рыбководства.

На данный момент классификация кормов довольно обширна. Для каждого вида можно успешно подобрать тот или иной тип кормов, чтобы добиться лучших результатов по выращиванию.

1.2. Классификация кормов по технологии приготовления

В современном производстве рыбных кормов практикуются три способа изготовления: гранулирование с помощью пресс-гранулятора, экспандирование с последующим гранулированием и экструдирование.

«В мировой практике производства комбикормов наибольшее распространение получил процесс гранулирования, который частично обеспечивает превращение питательных веществ в более доступные для организма животного формы, снижает бактериальную обсемененность, значительно сокращает потери комбикорма при транспортировании, хранении, раздаче животным и др» [15].

Процесс производства гранулированных комбикормов предусматривает выполнение следующих операций: контроль рассыпного комбикорма по содержанию металломагнитных и крупных примесей, пропаривание комбикорма и смешивание его с жидкими компонентами, гранулирование, охлаждение гранул, просеивание гранул для отделения мелких частиц, измельчение гранул при выработке крупки, сортирование крупки, взвешивание готового продукта (Рис. 1).

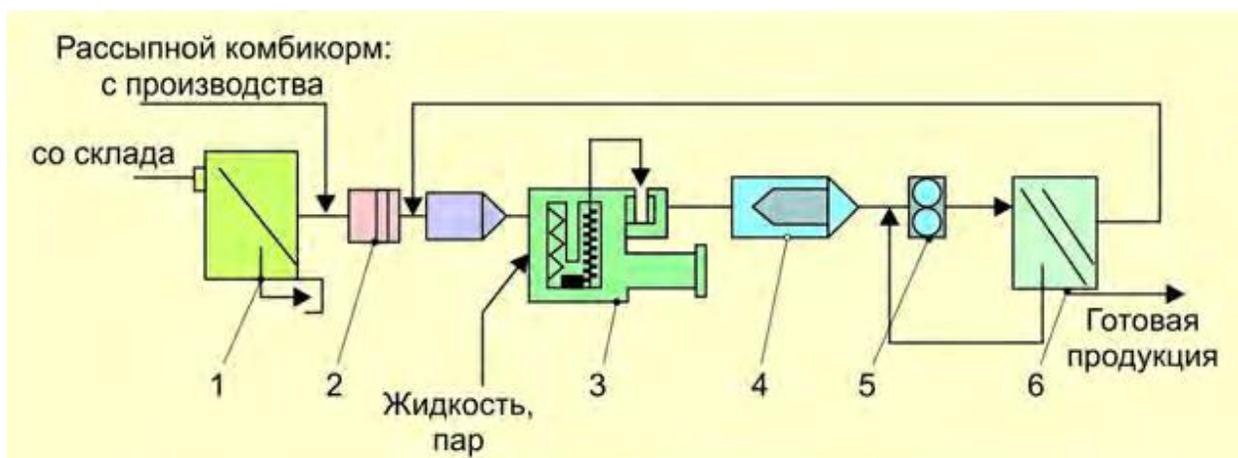


Рис. 1. Схема технологической линии гранулирования комбикормов: 1 – машина просеивающая с одним решетом; 2 – колонка магнитная; 3 – пресс-гранулятор; 4 – охладитель; 5 – измельчитель; 6 – машина просеивающая с двумя решетами [15].

Приготовленные гранулы имеют цилиндрическую форму, их диаметр зависит от величины отверстий матрицы-гранулятора. Для рыб разного возраста и вида производят гранулы диаметром от 2 до 10 мм. Длина гранул регулируется с помощью установки ножей гранулятора и обычно в 1,5-2,0 раза больше диаметра.

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

гранулы должны обладать водостойкостью, т.е. до поедания их рыбой должны сохранять первоначальную форму и питательные вещества;

гранулы должны быстро набухать для обеспечения контакта питательных веществ с пищеварительными соками;

гранулированные комбикорма должны содержать минимальное количество крошки и мучнистых частиц; гранулы должны обладать определенной прочностью и не разрушаться при транспортировке [28].

В мировой и отечественной практике все большее распространение получает двойное гранулирование комбикормов. При этом готовые гранулы из-под охладителя проходят контроль на сепараторах. Сход с сита (готовая продукция)

направляется на склад, а проход (крошка) возвращается на этот же пресс и затем вместе с рассыпным комбикормом поступает на повторное гранулирование [15].

Однако при этом дважды гранулируемая фракция повторно получает жидкую добавку и в конечном итоге будет содержать двойную норму, например мелассы или жира. В результате этого готовая продукция будет неоднородна: ее большая часть представляет собой комбикорм, соответствующий рецепту, а меньшая (прошедшая двойное гранулирование) – содержит двойную норму жидкой добавки.

Одним из наиболее эффективных способов тепловой обработки зерновых компонентов и непосредственно самих комбикормов является экструдирование. Качественные зарубежные корма для аквакультуры вырабатываются именно по этой технологии. Главной задачей процесса является глубокая клейстеризация крахмала. При этом происходит декструкция макромолекул крахмала с образованием различных декстринов и сахаров, в результате чего существенно повышается усвояемость комбикормов, причем ассимиляция питательных веществ происходит с меньшими энергетическими затратами [15].

Технологические особенности процесса экструдирования определяются в первую очередь непосредственно конструкцией самих экструдеров. Существующие конструкции экструдеров по характеру воздействия на обрабатываемый продукт можно разделить на три группы: установки на основе кратковременного высокотемпературного воздействия на продукт; установки на основе применения высокого давления; установки для обработки продукта низкой влажности без увлажнения продукта («сухие» экструдеры).

Сам процесс экструзии включает в себя 4 технологических этапа: загрузка, сжатие, гомогенизация и экструзия.

На этапе сжатия происходит подготовка сырья и оно приобретает вязко-текучее состояние. Далее при гомогенизации продукт приобретает вязко-эластичные свойства.

Самым главным этапом является собственно экструзия. На этом этапе сырье перемещается из зоны высокого давления в область атмосферного. Из-за резкой смены давления происходит «декомпрессионный шок» или «взрыв». Сам процесс по времени занимает менее 30 с. В это время гранулы «вспучиваются», становятся пористыми и плавучими [28].

Так же определённым образом меняются химические и физические свойства. Разрываются клеточные оболочки тканей, разрушаются крупные молекулярные структуры. Большая молекула крахмала распадается на мелкие молекулы декстрина, денатурируются белки, инактивируются ингибиторы пищеварительных ферментов и токсины, гибнет микрофлора. При этом меняются механические и физико-химические свойства сырья, увеличивается прочность сцепления частиц, снижается удельная масса и корма могут приобретать плавучесть. В результате расщепления содержащихся в кормах сложных питательных веществ сокращаются затраты энергии на их переваривание в организме животных. Кроме того, экструдирование позволяет включать в рецептуру компоненты, которые без этой обработки малоэффективны» [28].

Экструзионный эффект складывается из следующих элементов:

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

- обезвоживание – за 30 с пребывания в экструдере содержание влаги в продукте снижается на 50%;
- стабилизация продукта – высокая температура и давление нейтрализуют разрушительное действие ферментов.

Практика показывает, что экструдирование практически полностью обеззараживает продукт от грибной и бактериальной микрофлоры, а слаботоксичное сырье делает нетоксичным.

Процесс экспандирования, который известен также под названием High-Temperature-Short-Time-Conditionierung (кондиционирование под давлением, англ.), осуществляется в экспандере, состоящем из привода, вала с рабочими органами и толстостенного трубчатого корпуса, разделенного на несколько рабочих зон: ввода исходного продукта, смешивания, обработки под давлением и вывода продукта. Геометрия рабочих органов обеспечивает выполнение определенной технологической операции, соответствующей каждой зоне. В зоне смешивания корпус имеет форсунки для ввода в рабочую камеру пара и жидких добавок (масло, жир, меласса и др.), а в зоне обработки под давлением размещены стопорные болты. На выходе из экспандера располагается конус, образующий по отношению к корпусу регулируемую кольцевую щель (Рис. 2).

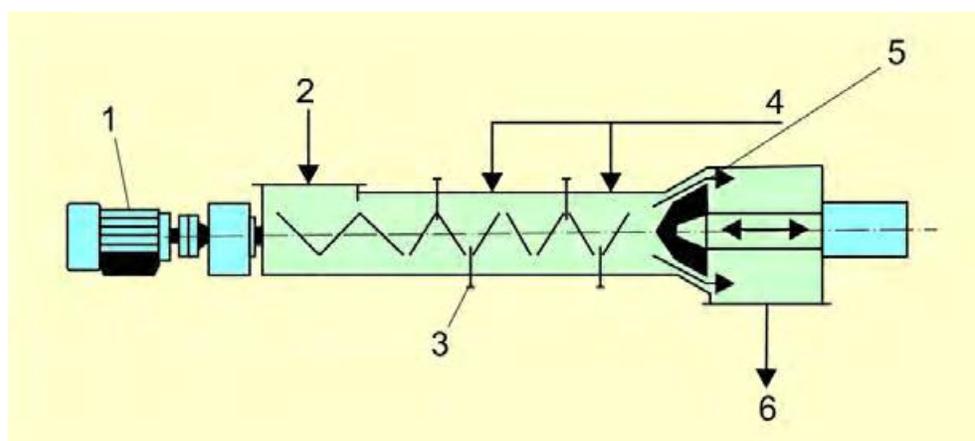


Рис. 2. Схема экспандера: 1 – привод; 2 – ввод исходного продукта; 3 – стопорные болты; 4 – ввод пара и жидких добавок; 5 – регулируемая кольцевая щель; 6 – вывод продукта [15]

«Технологический процесс протекает следующим образом. Поступающее сырье смешивается с жидкими добавками, разогревается, уплотняется и выпрессовывается. Разогрев продукта осуществляется за счет ввода пара и трения. Температура и давление в экспандере регулируются стопорными болтами и путем изменения размеров кольцевой щели» [15].

По сравнению с экструдированием процесс экспандирования менее энергоемкий, обработка корма в экспандере при его повышенной влажности протекает в менее жестких условиях, что позволяет сохранять на требуемом уровне как содержание аминокислот, так и их биологическую активность. По сравнению с гранулированием преимущество экспандирования заключается в обеспечении лучшего санитарного состояния получаемых комбикормов, возможности ввода большого количества жидких добавок, использовании дешевого и сложного для гранулирования сырья и др. На практике применяются технологии производства комбикормов, согласно которым экспандер может использоваться как в сочетании с пресс-гранулятором, так и без него. В обоих случаях предварительное смешивание исходного кормового сырья с жидкими добавками осуществляется в специальном смесителе, установленном перед экспандером. Это позволяет повысить однородность корма перед обработкой, а следовательно, и качество готового продукта.

На сегодняшний день наиболее часто используется гранулирование и экструдирование. Гранулирование позволяет производить недорогие и простые в приготовлении комбикорма в том числе в «полевых условиях» (собственный кормоцех на хозяйстве). Экструдирование более технологически продвинутым способом приготовления кормов. Из особенностей можно выделить улучшенную биодоступность кормовых компонентов, их сохранность и продолжительный срок годности.

1.3. Питательность кормов

Под питательностью корма следует понимать его способность удовлетворять потребности рыб в необходимых питательных, биологически активных веществах

и энергии. Первичным показателем пищевой ценности кормов является их химический состав [19].

Показатель протеин – это органическое вещество корма, содержащее в своем составе азот. Средний коэффициент пересчета азота на протеин составляет 6,25. определяют протеин методом Кьельдаля. Протеин корма состоит из белков и аминов [19]. Белки в свою очередь делятся на простые (альбумины, глобулины, проламини и др.) и сложные (гликопротеиды, фосфопротеиды, липопротеиды).

Биологическая ценность белка в питании определяется соотношением аминокислот и их доступностью для организма. Общими для всех белков являются 24 аминокислоты, часть из которых синтезируется в достаточном количестве в организме рыб.

Обязательно наличие в пище рыб 10 незаменимых аминокислот (аргинин, гистидин, лизин, валин, метионин, триптофан, фенилаланин, лейцин, изолейцин и треонин). Для определения количественной потребности в незаменимых аминокислотах содержание каждой из них увеличивается в линейной последовательности. Известно, что оптимальный рост обеспечивает следующее количество и соотношение незаменимых аминокислот в диете при общем содержании белка в рационе 40 % (в % к белку): аргинин – 6,0, гистидин – 1,8, лизин – 5,0, валин – 3,2 метионин – 4,0, триптофан – 0,5, фенилаланин – 5,1, лейцин – 3,9, изолейцин – 2,2 [6].

Недостаток незаменимых аминокислот в корме, прежде всего, тормозит рост рыб, снижает усвояемость пищи, негативно отражается на аппетите и жизнестойкости рыб. Дефицит некоторых аминокислот вызывает патологические отклонения. Например, недостаток аргинина и лизина приводит к нарушениям белкового обмена, гистидина – к анемии, метионина – к нарушению деятельности печени и мышц, фенилаланина – к ухудшению работы гормональной системы, валина – к нарушению деятельности нервной системы, триптофана – к расстройствам функции размножения [10].

Жиры – это эфиры жирных кислот и трехатомного спирта – глицерина. жир определяется местом его экстрагирования из корма в органических растворителях (бензине, эфире, бензоле). «сырой жир» объединяет 3 группы соединений:

- 1) истинные жиры или липиды, которые состоят из простых липидов – жиров и воска; и сложных липидов – фосфолипидов (лецитин, кефалин) и гликолипидов;
- 2) стеринны – зоостерин (холестерин), который содержится в животных жирах и фитостерин (содержится в растительных жирах);
- 3) красящие вещества - ксантофилл, хлорофилл, каротиноиды.

Все эти вещества нерастворимы в воде, а растворимы в органических растворителях, на чем и основано их определение.

Жирные кислоты делятся на насыщенные и ненасыщенные (имеют в структуре непредельные связи, двойные и тройные). Насыщенные в основном представлены пальмитиновой и стеариновой кислотами. Мононенасыщенные (с одной двойной связью) – пальмитолеиновой и олеиновой. Насыщенные и мононенасыщенные кислоты могут синтезироваться в организме рыб из углеводородных остатков углеводов и белков. Основная их масса входит в состав резервных нейтральных жиров (триглицериды), которые являются главным энергетическим запасом организма. Источником формирования полиненасыщенных жирных кислот в организме рыб служит только пища. Они входят в состав клеточных мембран и вместе с белками участвуют в их функционировании. К полиненасыщенным (незаменимым) относятся линолевая, линоленовая, эйкозапентаеновая, докозагексаеновая и арахидиновая кислоты.

Общее количество незаменимых жирных кислот, необходимых для нормального существования половозрелых рыб, колеблется в пределах от 0,5 до 1,6% к рациону, а для личинок – в пределах 1,0-3,0%. Например, для радужной форели потребность взрослых рыб в линоленовой кислоте составляет 0,8-1,6% к рациону, для карпа – 1,5%, а для личинок сиговых – 2,5-3,0%.

Считается, что полноценные рыбные корма должны содержать преимущественно жидкие жиры, богатые ненасыщенными жирными кислотами, которые усваиваются на 90-95%. Это особенно важно на начальных этапах развития рыб. Для выращивания товарной рыбы в состав продукционных кормов можно вводить и твердые жиры – они усваиваются на 60-70%, но при низкой температуре воды могут привести к закупорке пищеварительного тракта рыб.

Углеводы являются источником энергии. Основная масса углеводов содержится в растительных компонентах, в сухом веществе которых они достигают 80–90%. Эффективность использования растительных ингредиентов у рыб ограничивается низкой перевариваемостью и проблемой утилизации избытка углеводов в промежуточном обмене. Поэтому большинство рыб не приспособлены к высокому содержанию их в рационе. Энергетические потребности рыб покрываются за счет белка и липидов.

Углеводы корма состоят из углерода, водорода и кислорода. В группу углеводов входят: сахара, крахмал и клетчатка. В теле животных организмов углеводы содержатся в очень малом количестве, не более 2% в виде глюкозы, гликогена и лактозы у млекопитающих. Различают простые углеводы – не способные к гидролизу и сложные – гидролизуемые на простые. Простые – это трозы, тетрозы, пентозы, гексозы, октозы, нонозы и декозы. Наибольшее значение в питании рыб имеют пентозы и гексозы (рибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза). Сложные углеводы состоят из олигосахаридов (сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза) и полисахаридов (гликоген, крахмал, гемицеллюлоза, целлюлоза и др.) [10].

Источниками углеводов в кормах для рыб являются растительные компоненты и продукты микробиологического синтеза.

«Сырая» клетчатка – сложный полисахарид нерастворимый в воде, состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и инкрустирующих веществ. Лучше всего клетчатка переваривается у жвачных животных, у которых в рубце она сбраживается под действием целлюлозолитических бактерий до моносахаридов с выделением энергии. У

остальных животных в т. ч. у большинства рыб, клетчатка переваривается плохо, в основном за счет микроорганизмов, населяющих кишечник. Поэтому для них она играет роль балласта, оказывает механическое воздействие на стенки желудочно-кишечного тракта и усиливает секрецию пищеварительных желез.

Если содержание углеводов в кормах не превышает 25%, то они являются хорошими источниками энергии для рыб. Углеводный обмен у разных видов рыб неодинаков, поэтому и норма различна. В стартовых комбикормах для молоди лосося должно содержаться 20-25% углеводов, в кормах взрослых особей 30-35%, для карпа 40-45%. Если рыба длительное время получает богатую углеводами пищу, у них может развиваться симптомы перегрузки печени гликогеном. При этом наблюдается угнетение роста, повышение общей жирности тела. У лососевых рыб клетчатка практически не переваривается, а у карпа происходит довольно интенсивное расщепление клетчатки за счет ферментов поджелудочной железы и микрофлоры кишечника. Источником углеводов для рыб считаются растительные компоненты кормов.

Для полноценного роста и развития рыб в кормах должен быть подобран оптимальный баланс БЖУ. Зная потребности рыб в питательных веществах, можно составить кормовые рецептуры, максимально отвечающие требованиям товарного рыбоводства.

1.4. Биологически-активные компоненты кормов

Премикс – это однородная смесь измельченных до необходимой крупности микродобавок и наполнителя, используемая для обогащения комбикормов и белково-витаминных добавок [11]. Премиксы для обогащения рыбных рецептов стартовых и продукционных комбикормов составлены на научной основе потребности разных видов и возрастов рыб в биологически активных веществах, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности. переваримости питательных веществ, поступающие с кормами для максимального накопления массы товарной

выращиваемой рыбы, молоди для прохождения успешной зимовки, производителям для получения жизнестойкого потомства.

В составы премиксов в основном вводятся на научной основе следующие вещества: витамины, макро- и микроэлементы, ферменты, гормоны и другие. При изготовлении премиксов наполнителями в основном используют пшеничные отруби или муку. Иногда до 20 % вводят природный цеолит [11].

Витамины – это сложные биологически активные вещества, которые необходимы для поддержания нормальной жизнедеятельности организма рыб с целью получения высокой рыбопродуктивности. В основном они должны поступать с пищей. Их постоянный недостаток приводит к нарушению синтеза питательных веществ, что нарушает обмен веществ и приводит в конечном итоге к снижению прироста массы рыб, повышению затрат кормов на прирост, а также к развитию заболеваний выращиваемых рыб в различных условиях содержания. Витамины подразделяются на жирорастворимые и водорастворимые.

К жирорастворимым относят следующие витамины: А (ретинол), D (кальциферол), Е (токоферол), К (филлохинон).

К водорастворимым относят следующие витамины: В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин), В₃ (никотиновая кислота), В₄ (холин), В₅ (пантотеновая кислота), В₆ (пиридоксин, адермин), В₁₂ (цианкобаламин), В₁₅ (пангамовая кислота). В₉ (фолиевая кислота), С (аскорбиновая кислота), Н (биотин).

Витаминные препараты – вещества, содержащие один или несколько витаминов и предназначенные для их введения в состав рационов, БВМД, премиксов. Витамины поступают с основными компонентами корма, но их главным источником служат включаемые в состав кормов витаминные премиксы.

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

в процессах переваривания и всасывания, обеззараживания ядовитых веществ и выделения.

Особенность минерального питания рыб состоит в том, что макро- и микроэлементы поступают в их организм не только с пищей, но и непосредственно из воды (осмотическим путем) через жабры, слизистые покровы ротовой полости и кожу.

Раньше считалось, что рыбная мука, входящая в состав кормов, полностью обеспечивает потребности рыб в минеральных веществах. В дальнейшем выяснилось, что минеральные элементы в ряде компонентов не только растительного, но и животного происхождения находятся в малодоступной для рыб форме и плохо усваиваются.

Минеральные вещества по количественному содержанию в живой материи делятся на макро- и микроэлементы – соответственно более и менее 100 мг/кг. К макроэлементам относятся: кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор, сера; к микроэлементам – железо, медь, марганец, цинк, кобальт, селен, йод, хром и др.

Кальций и фосфор играют ведущую роль в минеральном обмене. Количество их в организме в несколько раз превышает содержание других макроэлементов. У рыб основная масса кальция и фосфора сосредоточена в скелете в виде нерастворимых соединений гидроксиапатитов при соотношении 5: 3 [23]. Помимо костных образований значительная доля кальция и фосфора содержится в чешуе. Кальций участвует в процессах регуляции проницаемости клеточных мембран, проведении нервного импульса, сокращении мышц, свертывании крови, активизирует работу многих ферментов. Фосфор входит в состав разнообразных органических соединений – нуклеопротеидов, ферментов, коферментов, АТФ, АДФ; участвует во всех синтетических и биоэнергетических процессах. Дефицит этих компонентов снижает скорость роста и развития рыбы, повышает затраты корма. Вызывает патологические изменения скелета.

Магний входит в состав костных и покровных тканей, способствуя повышению прочности скелета и чешуи. В других тканях он содержится преимущественно в ионном состоянии и является внутриклеточным катионом: катализирует процессы окислительного фосфорилирования в митохондриях, стимулирует нуклеиновый обмен, активирует образование антител. Основные признаки дефицита магния – потеря аппетита, снижение скорости роста, появление вялости, судорог, высокая смертность.

Натрий, хлор, калий играют важную роль в функционировании разнообразных органов, систем, тканей, жидкостей. Если натрий составляет основу катионов плазмы и внеклеточной жидкости, то калий сконцентрирован в клетках. Эти три элемента объединяет участие в осмотической регуляции [23].

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

Железо входит в состав дыхательного пигмента гемоглобина, который связывает и переносит кислород. В составе гемосодержащих ферментов, катализирующих тканевое дыхание, железо принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах. По сравнению с млекопитающими рыбы обладают очень малым количеством железа, что объясняется небольшим объемом крови.

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

Марганец входит в состав многих ферментных систем, активизирует обмен белков, жиров, углеводов, оказывает влияние на фосфорно-кальциевый обмен.

Дефицит марганца может привести к жировому перерождению печени. Поступает в организм в основном с пищей.

Цинк вовлекается во многие метаболические пути в организме, в том числе он связан с метаболизмом простагландинов, нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов. Цинк оказывает влияние на рост рыб, развитие, размножение, принимает активное участие в образовании костей, в кроветворении, влияет на зрение. Дефицит цинка у рыб проявляется в плохом росте, потере аппетита, повышенной смертности.

Кобальт входит в состав витамина В₁₂, стимулирует синтез витаминов В₁ и В₂; участвует в синтезе белков, в частности гамма-глобулинов, обеспечивающих иммунитет; способствует накоплению в печени естественных антиоксидантов (витаминов Е, С) и витамина А.

Селен совместно с витамином Е участвует в регуляции перекисного окисления липидов и в антиоксидантной системе организма, защищая клетки от повреждающего действия перекисей. Дефицит вызывает у рыб мышечную дистрофию, жировую дегенерацию печени, накопление жидкости в брюшной полости, гемолиз эритроцитов, снижение гематокрита.

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

Также в современных кормах сейчас применяются пробиотики. Они представляют из себя вещества микробного и немикробного происхождения,

положительно влияющие на физиологические и биохимические функции организма рыб. Пробиотики предназначены для профилактики и лечения заболеваний бактериальной и вирусной этиологии, нормализации кишечной микрофлоры при дисбактериозах различной природы. Сейчас разработано много различных пробиотических препаратов таких как «Аквалакт», «Интестивит, «Зоонорм» и др. В основу таких препаратов входят культуры микроорганизмов: лактобактерий, бифидобактерий, стрептококков.

Во всем питательном сырье, применяемом при изготовлении кормов, содержатся различные витамины и минеральные компоненты, однако они не всегда биодоступны и хорошо усваиваются рыбами. Поэтому кормовые добавки рыб имеют высокое значение в питании рыб.

1.5. Вспомогательные вещества

К так веществам относят различные красители, ароматические добавки, антиоксиданты, связующие вещества и др. Необходимы для того, чтобы задавать кормам необходимые свойства, делать их привлекательными для рыбы, увеличивать срок хранения.

Вкусовые и ароматические добавки (ВАД) – вещества, предназначенные для усиления или исправления природного вкуса/запаха, или придания новых вкусовых свойств/запаха и стимулирования потребления корма. Подразделяются на вещества натурального происхождения (сахар, глюкоза) и синтетические (сахарин и др.). В кормах выполняют привлекающую (аттрактивную) функцию и обеспечивают недостающие вкусовые элементы. Для большинства рыб привлекающими свойствами обладают протеины рыбной, крабовой, крилевой, а также мясокостной муки. Учитывая дефицит рыбной и крабовой муки, применение ВАД позволяет шире использовать заменители белков, такие как соевый белок, казеин, его производные [19].

В мировой практике животноводства испытано более 100 видов вкусовых веществ, а в отдельных странах налажено производство добавок, которые вводят в

состав комбикормов и кормосмесей для придания корму в основном сладкого вкуса (подсластители). Из вкусовых веществ чаще всего используют: сахар, глюкозу, мелассу, сахарин, поваренную соль, соленый гидрол.

Красители предназначены для придания, усиления или восстановления окраски корма. В кормах для лососевых используются природные каротиноиды (альфа, бета, гамма-каротин) и ксантофиллы (например, астаксантин, лютеин, зеаксантин, кантаксантин), чтобы придать рыбе необходимый окрас.

Важную роль в кормах играют антиоксиданты. Они предназначены для замедления процессов окисления и увеличения срока годности кормов. Продукты окислительных процессов (кетоны, альдегиды и др.) при определённой концентрации могут вызвать остановку роста и оказать токсическое влияние на рыбу. Перекиси, возникающие в процессе самоокисления жиров, способны разрушать жирорастворимые витамины, потому что являются сильными окислителями. Механизм действия антиоксидантов основан на разрыве цепи окислительных реакций. Молекулы антиоксидантов при взаимодействии с активными радикалами образуют малоактивные радикалы, и процесс окисления прекращается или замедляется, а сам антиоксидант расходуется на реакцию [19].

К антиоксидантам природного происхождения относятся токоферолы, лецитины, кефалины, производные галловой кислоты, оксифлавины и др. Наибольшее значение в рыбководстве имеют токоферолы, потому что в больших количествах содержатся в растительном масле, рыбьем жире и зернах злаков. В то же время токоферолы и аскорбиновая кислота применяются в качестве консервантов, которые тормозят микробиологическую порчу корма.

Также в промышленности активно применяются синтетические антиоксиданты, которые относятся к фенолам. Среди синтетических антиоксидантов в настоящее время широко применяются ионол (БОТ), бугилоксианизол (БОА), сантохин, дилудин, дибут. Наиболее эффективными являются сантохин и дилудин, которые в премикс включают по 150 г/т [11].

Эмульгаторы представляют из себя синтетические или натуральные вещества, которые обладают специфическими поверхностно-активными свойствами. Предназначены для создания и стабилизации эмульсий и дисперсных систем в кормах. Создают однородную смесь из несмешиваемых в природе веществ, таких как вода и жир. В качестве эмульгаторов чаще всего используются фосфолипиды, в частности соевый лецитин.

Производители кормовых добавок выпускают обезжиренные лецитины (фосфолипиды) в форме порошка, стандартные лецитины (жидкие формы), а также лизолецитины (гидролизированные лецитины). Отмечено, что лизолецитины, входящие в значительном количестве в состав гидролизированных лецитинов, способны увеличивать проницаемость клеточных мембран, что обеспечивает лучшую адсорбцию жиров и жирорастворимых биологически активных веществ.

Есть ряд добавок, которые изменяют физические свойства кормов и их консистенцию. Стабилизаторы предназначены для формирования и сохранения консистенции, текстуры и формы корма. Для регулирования вязкости и консистенции кормов используются загустители. В качестве таких веществ могут использоваться отходы сахарной, спиртоводочной, мясомолочной, микробиологической и химической промышленности. Дешевыми и доступными являются лигносульфонат (отход спиртоводочной промышленности), меласса, технический альбумин, животный жир, скрубберный жир (отход при производстве маргарина), костный клей, желатин, агар, альгин (экстракт из бурой водоросли), кровь животных, клейковина, хитин, хитозан. Менее доступными и более дорогими, но эффективными добавками являются казеин, стеарат магния, альгинат натрия, полиметафосфат калия, карбоксиметилцеллюлоза, поли-оксиметилцеллюлоза.

Введение вспомогательных добавок позволяет улучшить органолептические и физические свойства кормов, увеличить срок годности, а также сделать корма максимально привлекательными для рыб.

1.6. Безопасность кормов

На данный момент основным требованием, предъявляемым к производству кормов – является высокая степень безопасности. Необходимо исключать наличие бактерий, плесени, патогенных микроорганизмов, токсинов и не допускать повторное загрязнение кормов [9].

Контроль качества комбикорма осуществляется государственной ветеринарной службой по данным лабораторий, аккредитованных на данный вид деятельности. При получении новой партии комбикормов необходимо ознакомиться с нормативной документацией и сертификатом качества. Качественные характеристики комбикормов должны соответствовать виду рыб. Кроме того, для каждого вида потребности в питательных веществах изменяются в зависимости от возраста, массы тела и физиологического состояния рыб, а также условий их содержания [28]. Помимо питательной ценности комбикормов, определяют показатели их токсичности и безопасности. Корма могут быть загрязнены: остатками пестицидов, которые применяются для обработки кормовых культур; токсичными элементами, выбрасываемыми в окружающую среду промышленными предприятиями; а также мико- и фитотоксинами, нитратами и нитритами. В связи с этим постоянный контроль качества кормов осуществляют государственные органы санитарного и ветеринарного надзора.

Комбикорма нужно хранить в сухих, хорошо проветриваемых помещениях, без щелей в стенах и крыше. Пол должен быть изолирован от грунтовых вод, что достигается асфальтированием или бетонированием, двери должны плотно закрываться. Складское помещение оборудуют отдельными отсеками для отдельного хранения корма различных рецептов [18]. На отсеках устанавливают таблички с информацией о рецепте корма, дате поступления и количестве. Запрещается хранение на складе других материалов, особенно горюче-смазочных. При хранении корма контролируют температуру воздуха и корма, его влажность, запах, наличие вредителей. Температура воздуха и его влажность определяется через каждые 2-3 дня.

Нельзя допускать, чтобы в комбикормах начался процесс самонагревания, их комкования, слеживания, загнивание, размножение вредителей. Рассыпные корма во избежание нагрева 1-2 раза в месяц перелопачивают. Мешки с кормом перекалывают. Нестойкие при хранении комбикорма, особенно животного происхождения, а также кормосмеси и комбикорма, имеющие в своем составе рыбную и мясокостную муку и другие быстропортящиеся компоненты, используются в кормлении рыб в первую очередь. Хранение кормов осуществляют не только на складах, но и в бункерных хранилищах (типа металлических силосных башен), устанавливаемых на дамбах или берегах прудов, что позволяет производить загрузку кормораздатчиков без лишних перевозок и перегрузок кормов. Вместимость бункеров от 25 до 50 т (ОНК-1,5-1 и ОНК-1,5-2). С учетом допустимой длительности хранения периодически проверяют доброкачественность корма по липидному окислению, в частности по показателю перекисного числа.

Обеспечение безопасности кормов является важным условием для проведения эффективного выращивания рыбы. Это позволяет избежать отравления рыбы токсинами, заражения микроорганизмами и быстрой порчи корма.

1.7. Сертификация кормов

Сертификация корма для животных – это процедура, в ходе проведения которой подконтрольная продукция проходит процесс оценки качества и безопасности. Итогом проверки становится выдача разрешительного документа, он необходим предпринимателям для того, чтобы на законных основаниях производить и реализовывать, а также импортировать свой товар.

Сертификацию кормов проводят и организуют центры по сертификации. Проводится экспертами органа по сертификации или привлеченными экспертами из других организаций, аттестованными на право проведения работ по сертификации кормов.

Для сертификации кормов разработаны различные международные стандарты. Основными являются FAMI-QS, EFISC и GMP+.

FAMI-QS – система контроля качества и безопасности кормовых добавок и смесей. Система FAMI-QS, рассматривающая вопросы обеспечения безопасности, качества и нормативно-правового соответствия, была первой схемой сертификации для данной отрасли и остается ее единственной основой для сертификации. FAMI-QS:

- сводит к минимуму риски, связанные с попаданием в цепь производства кормовых и пищевых продуктов опасных кормовых добавок и смесей;
- позволяет реализовать требования Регламента 183/2005/ЕС, устанавливающего нормы по гигиене кормов;
- предусматривает меры, которые помогают соблюдать другие нормативные требования к безопасности кормов.

EFISC – европейский свод требований, предъявляемых к промышленному производству безопасных кормовых материалов. Данный документ предусматривает создание согласованной добровольной схемы обеспечения безопасности для производителей кормовых материалов в пределах внутреннего рынка ЕС. Он представляет собой руководство для производителей по разработке и внедрению их собственных систем управления безопасностью кормов в соответствии с европейским и национальным законодательством, включая требования к системе менеджмента качества, управлению рисками, ведению документации, изъятию и прослеживаемости.

GMP+ – система сертификации, которая интегрирует требования к менеджменту качества, предъявляемые Международной организацией по стандартизации (ISO), принципы HACCP и другие элементы. В ней определены условия производства, хранения, транспортировки кормов и торговли ими. GMP+ также определяет четкие условия, соблюдение которых необходимо для обеспечения безопасности и устойчивого развития, а также для проведения независимых аудитов органами по

сертификации. Сертификат GMP+ предоставляет дополнительные гарантии для всех заинтересованных сторон, связанных с международным производством кормов.

В нашей стране для сертификации кормов разработан межгосударственный стандарт «Комбикорма для рыб. Общие технические условия» ГОСТ 10385-2014. Стандарт был разработан ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности» (ВНИИКП). распространяется на комбикорма для рыб, выращиваемых и воспроизводимых в аквакультуре: карповых и сомовых рыб, осетров, лососей, бестеров, форели, веслоносов, сигов. В стандарт включены нормативы на основные показатели кормов, нормы хранения, маркировки упаковок, правила приемки, и др. Также в стандарте указаны ссылки на государственные стандарты по проверке кормов на соответствие [18].

Сертификация кормов позволяет стандартизировать нормы и требования к качеству и безопасности кормов. Является необходимым условием для продажи корма конечному потребителю. Позволяет рыбоводам, использующим сертифицированные корма быть уверенным в их качестве и соответствии их заявленным характеристикам.

1.8. История кормопроизводства в СССР и России

В 30-х годах XX века начались активные исследования по кормлению рыб. Это было вызвано необходимостью поиска дополнительных к естественной кормовой базе белковых источников питания карпа – основного объекта активно развивающегося прудового рыбоводства.

В течение длительного времени российская рыбоводная наука уделяла основное внимание кормлению карпа в прудах. Для рыбного хозяйства основным источником питания были зерно и отходы его переработки (жмыхи, шроты и т. п). В рецептах кормовых смесей были использованы различные компоненты, не учитывающие потребности рыб в основных компонентах пищи [32].

По крайней мере до конца 60-х годов в прудовых хозяйствах нашей страны применялись преимущественно тестообразные корма, которые готовили непосредственно в хозяйства. Но в процессе раздачи и поедания рыбами тестообразных кормов они растворяются в воде и распыляются. При кормлении карпа, их потери достигают 30%. В связи с экстрагированием, кормовые добавки теряют в воде уже до 50% питательных веществ.

В промежуток с 70-х по 80-е года усилия ученых-рыбоводов были направлены на разработку полноценных сухих гранулированных кормов, замену ими дефицитных и дорогостоящих свежих кормов животного происхождения.

Комплексные физиолого-биохимические исследования питательной ценности, переваримости и усвояемости основных кормосмесей и их ингредиентов, выполненные в лаборатории физиологии и биохимии рыб ВНИИПРХ Минрыбхоза СССР, позволили внести существенные изменения в составление кормовых рационов и их расчетный баланс на основании табличных данных. С учетом доступности незаменимых аминокислот осуществлена корректировка соотношения ингредиентов в комбикормах для карпа и форели [29].

В 80-х годах прошлого века существовала проблема в недостаточной обеспеченности кормами. По данным Минрыбхоза СССР обеспеченность составляла около 85%. Хотя по оценкам некоторых специалистов, таких как Т. П. Михелес, обеспеченность была еще ниже и составляла около 50% [30].

Основным видом производимых кормов в СССР были тонущие корма. Это препятствовало разведению рыб в садках, но в тоже время могло эффективно использоваться на прудовых хозяйствах.

В 80-е годы XX века в системе рыбной промышленности страны была создана новая подотрасль – производство рыбных комбикормов на специализированных заводах. Эти заводы, оснащенные импортным оборудованием, поставляли рыбоводным хозяйствам более 200 тысяч тонн стартовых и продукционных кормов в год.

Однако, после 1991 г. объемы производства отечественных кормов для рыб сократились в 4 раза – примерно до 50-70 тыс. т при потребности 260 тыс. т [7].

За кризисный период перехода к рыночным отношениям произошли негативные изменения в области кормопроизводства для рыб. Это привело к экспансии на российский рынок комбикормов различных иностранных фирм. Однако к 2000 году наметилась тенденция к улучшению ситуации: проводилась модернизация существующих предприятий и открылись новые заводы и участки по производству рыбных комбикормов [8].

Глава 2. Корма для рыбоводства

2.1. Классификация кормов в зависимости от вида рыбы

Разведение рыб в условиях индустриальных хозяйств 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 [23].

Таблица 1

Различие в содержании белковых компонентах в комбикормах в зависимости от вида рыб

Доля компонентов, %	Хищные виды рыб			Всеядные и растительноядные рыбы		
	min-max	Среднее	допустимое	min-max	Среднее	допустимое
Рыбная мука	25-75	50	80	0-60	25	80
Соевый шрот	10-30	15	25	10-40	15	40
Гаприн	2-50	24	50	5-50	42.5	50

Из табличных данных следует, что из кормов для растительноядных и всеядных рыб можно практически полностью исключить рыбную муку (Табл. 1). Однако в то же время рекомендуемое содержание рыбной муки в кормах для хищных рыб остается на высоком уровне. Также в корма для хищных рыб не рекомендуется использовать большое количество растительных компонентов. Это связано с тем, что хищные рыбы хуже усваивают углеводы (полисахариды), чем растительноядные и к тому же имеются различия в строении пищеварительной системы.

Относительная длина кишечника большинства рыб-хищников меньше или равна длине тела. У зоопланктофагов, бентофагов и всеядных рыб превышение

длины кишечника не более чем в 2 раза длины тела. Лишь у растительноядных рыб длина кишечника превышает длину тела в 4-10 раз.

Для хищных и травоядных рыб разработаны индивидуальные рецептуры кормов. В качестве примера в разности составов кормов возьмём производственные корма для карпа и форели от производителя «Акварекс». Оба корма являются высокопитательными и предназначены для кормления рыбы при содержании оптимальных условиях (Табл. 2).

Таблица 2

Показатели питательности производственных кормов для форели карпа

Форель рост 43/27		Карп рост 34/08	
Наименование	Содержание, %	Наименование	Содержание, %
Протеин, не менее	43	Протеин, не менее	34
Жир, не менее	27	Жир, не менее	8
Зола, не более	10	Зола, не более	10
Клетчатка, не более	2,0	Клетчатка, не более	5,0
Калорийность (переваримая энергия), не менее	21,5 МДж/кг	Калорийность (переваримая энергия), не менее	16,2 МДж/кг

Производственный корм для форели содержит больше жира и белка чем корм для карпа. Это обусловлено особенностями пищеварения, потому что хищные рыбы не способны в достаточной степени усваивать углеводы. Для этого в корма необходимо добавлять жировые компоненты и повышать содержание белка. У хищных рыб основные потребности в энергии удовлетворяются за счет липидного и белкового обмена. Также в кормах для хищных рыб важно не допускать превышения количества углеводов в корме. Это может вызвать синдром перегрузки печени гликогеном и привести к гибели рыбы.

В то же время в кормах для карповых рыб допустим высокий уровень углеводов. Также ниже потребности в белке и жире. Из-за особенностей пищеварительной

системы карповые рыбы способны переваривать клетчатку на 25-50%, в то время как лососевые вообще ее не переваривают. Это происходит под действием ферментов панкреатической железы и кишечной микрофлоры.

2.2. Классификация в зависимости от стадии развития рыбы

С возрастом обмен веществ в организме рыб изменяется. В связи с этим различают стартовые и продукционные комбикорма. Стартовые комбикорма используются при выращивании ранней молоди с момента перехода на смешанное питание, продукционные – для выращивания подрощенной молоди и товарных рыб. Использование комбинированных кормов при выращивании объектов аквакультуры предусматривает нормированный суточный рацион. Избыточное кормление приводит к нерациональным тратам кормов, а недостаточное – к снижению темпа роста рыб и эффективности выращивания.

Стартовые корма выпускаются в виде крупки, а продукционные в виде гранул. Размер кормовых частиц должен соответствовать размеру выращиваемой рыбы.

Специализированные корма применяются с конкретной целью в ограниченный период. Подразделяются на: лечебные, лечебно-профилактические, антистрессовые, пигментирующие и т.д.

Примерные показатели питательности кормов для осетровых рыб [26]

Показатели	Типы корма				
	Стартовый		Производственный		репродуктивный
	оптимум	эконом	оптимум	эконом	
Массовая доля сырого протеина, % не менее	50	45	42	38	50
Массовая доля сырого жира, % не менее	11,0	8,0	12,0	8,0	10
Массовая доля сырой золы, % не более	11,0	12	10	12	12
Массовая доля сырой клетчатки, % не более	1,5	2,5	3,0	5,0	2,0
Массовая доля лизина, % не менее	3,0	2,3	2,1	1,8	2,4
Массовая доля метионина и цистина, % не менее	1,6	1,2	1,2	0,9	1,3
Массовая доля фосфора, % не менее	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Общая энергия, МДж/кг	18	17	18	16	14
Кислотное число жира, мг КОН, не более	30	30	70	70	70
Перекисное число жира, % йода, не более	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3

Стартовые корма предназначены для кормления рыбы после перехода на экзогенное питание, т. е. ранней молодежи. Так как в это время рыба активно растет, то у нее высокая потребность в белках и жирах, поэтому в данном виде кормов предусмотрено повышенное содержание белков и жиров. Такие корма зачастую дороже и имеют более высокие требования к качеству сырья (Табл. 3).

Стартовые корма дополнительно подразделяются на 3 группы. Первая группа предназначена для рыб, которые при переходе на внешнее питание имеют развитую

пищеварительную систему, например лососевые. Вторая группа рассчитана на рыб с ранним переходом на внешнее питание, при слабо развитой пищеварительной системе (каrp). Третья группа кормов предназначена для рыб, занимающих промежуточное положение, которые имеют более развитую пищеварительную систему чем карп, но менее развитую чем у лососевых – типичный представитель осетровые.

Продукционные корма содержат меньшее количество жиров и белков, чем стартовые. Данные корма должны обеспечивать быстрый рост и нормальное здоровье рыб. Важным требованием к этим кормам является экономическая эффективность, так как данные корма используются при кормлении на протяжении большей части жизненного цикла рыб.

Репродукционные корма предназначены для кормления ремонтно-маточного стада и производителей. Должны обеспечивать нормальный рост рыбы и развитие репродуктивной системы, и высокую выживаемость потомства. На примере рецепта, представленного в таблице, обладают повышенным содержанием белка.

Различные линейки кормов, например, оптимум и эконом предназначены для эффективного выращивания рыбы в различных условиях. Линейка кормов оптимум должна использоваться при выращивании рыбы в максимально комфортных условиях. Такие корма обеспечивают хороший рост и выживаемость. В свою очередь линейка кормов эконом предназначена для рыбы, которая выращивается в неоптимальных условиях. Корма данной линейки будут экономически дешевле, но не смогут обеспечить высокий рост рыбы. Однако использовать высокопитательный корм линейки оптимум в неоптимальных условиях выращивания нерационально, так как рыба не сможет должным образом усваивать питательные вещества из корма, и они будут теряться.

2.3. Производители кормов

«В России производством рыбных кормов занимаются ООО «Лимкорм» (Белгородская область), ООО НПК «Далькорм», (Приморский край), ОАО

«Мелькомбинат» (Тверская область), ООО «БИФФ» (Астраханская область), ООО «Карельские рыбные заводы – Корма» (Республика Карелия, г. Петрозаводск), ООО НПК «АКВАТЕХ» (Новосибирская область). Есть также ряд более мелких организаций» [25].

На данный момент достаточно перспективным выглядит комбикормовой завод в Петрозаводске, открытый компанией «Карельские рыбные заводы». Завод был запущен в ноябре 2017 года, с производительностью 6 тыс. т в год.

Завод включает такие участки, как прием сырья, дозирование и смешивание, измельчение, кондиционирование, экструзия и формование гранул, сушка, нанесение жира, охлаждение, упаковка, хранение [33].

Завод выпускает корма для лососевых, осетровых, карповых рыб и под заказ по индивидуальным рецептурам. С 2018 года компания полностью обеспечивает свои хозяйства, используя корма, изготовленные на данном заводе.

С апреля 2022 года мощность завода увеличили более чем в полтора раза, производство на данный момент работает практически круглосуточно. Так же запланировано строительство дополнительной производственной линии [12].

Для кормления форели была разработана специальная линейка кормов. В нее входят корма: репродукция (для кормления производителей), масса и масса плюс (продукционные корма), защита (лечебный корм) (Табл. 4).

**Ассортимент и питательность кормов завода компании
«Карельские рыбные заводы» [33]**

Вид корма	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырая зола, %	Сырая клетчатка, %	Обменная энергия, МДж/кг	Витамины, минеральные вещества
«Масса»	41,0	19,0	6,5	2,0	18,9	Стандартная формула
«Масса Плюс»	43,0	20,0	6,5	2,0	19,3	Стандартная формула
«Репродукция»	45,0	15,0	<9,0	<2,5	19,3	Особая формула
«Защита»	43,0	21,0	6,5	2,0	19,5	Особая формула

В Ленинградской области Гатчинский ККЗ выпускает производственные корма для рыб под брендом «МастерFish». Выпуск кормов для рыб был налажен в 2006 году. На производстве выпускаются современные экструдированные производственные корма для форели и гранулированные корма для карповых [15].

Лимкорм – завод, расположенный в белгородской области. Работает с 2016 года и выпускает экструдированные корма для форели, осетровых, карпа и сома. Производит стартовые, производственные и корма для производителей. Площадь завода 4500 м², мощности производства 30 тыс. т в год (с учетом всех производственных линий). Сегодня «Лимкорм» выпускает корма с размером гранул 2,5-12 мм. При производстве используется технология вакуумного напыления, которая позволяет вводить в корм различные жидкие компоненты, такие как жиры (до 35%) и ферментные препараты. Технологическая линия производства представлена импортным оборудованием из США, Голландии, Германии и Италии. В лаборатории используются японские жидкостные хроматографы, позволяющие проводить точный анализ входящего сырья и готовой продукции [17].

На данный момент ООО НПК «Далькорм» является единственным производителем кормов на Дальнем Востоке.

Завод выпускает экструдированные стартовые и продукционные корма для осетровых, форели, карповых и сомовых рыб.

Предельная мощность завода составляет 350 т в год, однако этого не хватает для удовлетворения потребностей хозяйств Дальнего Востока. Поэтому в ближайшем будущем планируется провести модернизацию завода и запустить новую производственную линию, что позволит увеличить мощность до 1,5 тыс. т в год. Это позволит вытеснить импортные корма и удовлетворить потребности рыбоводных хозяйств на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири [21].

В 2009 году холдингом ОАО «Мелькомбинат» был открыт завод «AQUAREX». Завод выпускает экструдированные корма для форели, осетра карпа и других видов рыб с размером гранул 1-15 мм и крупки 0,15-1,2 мм. В линейки кормов входят стартовые, продукционные и корма специального назначения.

Также в Астраханской области в 2020 году компанией ООО «Бифф» было открыто производство экструдированных кормов для осетровых, карповых, форели, лососевых, сомовых и тиляпии. Мощность завода составляет до 12 тыс. т в год, однако в ближайшее будущее планируется нарастить производство, чтобы удовлетворить возросшие потребности рыбоводов. На данный момент завод работает круглосуточно, выпуская до 8 тонн корма в сутки.

Применяется модернизированное оборудование производства Китая и России: пресс-гранулятор ДГ-ЗВЧ, парогенератор ПАР100м, турбоэкструдер «Экспром» универсальный, вакуумный напылитель собственной конструкции, узел подачи жидких продуктов собственной конструкции [15].

В качестве научного куратора по технологическому обеспечению выступает Астраханский государственный технический университет Федерального агентства по рыболовству.

Одновременно с этим с 2018 года в Астраханской области ведется планирование и строительства нового комбикормового завода. Учредителем проекта является компания АО «Рыбные корма». Запуск был запланирован на четвертый квартал 2020 года, однако в связи с неразглашаемыми обстоятельствами старт производства был перенесен на первый квартал 2023 года. На данный момент завод готов приблизительно на 40%, а проектная мощность составит 50 тыс. т в год.

В Саратовской области есть 2 производителя комбикормов для аквакультуры. ООО «Агроресурс» является небольшим предприятием и выпускает недорогие корма для прудового рыбоводства. Другой завод ООО «Прометрика» производит современные экструдированные корма для лососевых, осетровых и сомовых видов рыб. Выпускаются стартовые, продукционные и корма для производителей. Мощность производства до 80 тонн в месяц.

В 2019 году нижегородский производитель кормов ООО НПО «Агро-Матик» начал выпускать экструдированные корма для рыб. Компания специализируется на выпуске продукционных кормов для лососевых, осетровых, карповых и сомовых. Корма поставляются в регионы европейской части России – от Северо-Запада до Урала. Одной из особенностей кормов является высокий кормовой коэффициент – производитель смог понизить его до значений 0,9-1. В составе кормов используют белковый концентрат собственной разработки, в котором за основу взяты зерна белого люпина.

В апреле этого года АПХ «Мираторг» в рамках политики импортозамещения запустил производственную линию по производству кормов для рыбы на предприятии в Курской области. Предельная мощность завода в Курской области составляет 46 тыс. т (с учетом кормов для собак и кошек).

Для кормления молоди форели выпускаются гранулированные корма, в состав которых входит рыбная мука, зерновые, куриный жир, рыбий жир, аминокислоты, витаминно-минеральный комплекс [3].

На данный момент на территории нашей страны работает около 10 крупных комбикормовых заводов, производящие корма по современной технология (экструдирование). Существует еще около 40 небольших региональных предприятий, которые поставляют недорогие гранулированные корма в небольшие прудовые хозяйства в близлежащих регионах. Некоторые хозяйства имеют собственные кормовые цеха с грануляторами и способны сами себя обеспечивать комбикормами.

Таблица 5

**Объемы производства экструдированных рыбных комбикормов в РФ, тонн
(по данным Росстата) [27]**

Годы Месяцы	2018	2019	2020	2021	2022
январь	100	398	588	678	550
февраль	160	680	640	1 024	845
март	211	706	1 399	1 985	1 403
апрель	388	950	1 981	2 251	—
май	713	1 162	1 645	2 831	—
июнь	790	2 126	2 746	3 225	—
июль	1 148	2 384	3 611	4 918	—
август	541	3 328	4 985	4 272	—
сентябрь	897	3 024	3 040	1 541	—
октябрь	419	1 286	1 025	999	—
ноябрь	304	830	845	846	—
декабрь	310	500	513	432	—
Всего	5 981	17 374	23 018	25 002	2 798

На основе данных, представленных в таблице, в РФ наблюдается устойчивый рост производства комбикормов (Табл. 5). Максимальные объемы производства достигаются к июлю-августу, затем наблюдается закономерный спад производства. Годовой объем производства с 2018 года по конец 2021 года увеличился почти в 5 раз (Рис. 3). На данный момент санкции не оказали значительного негативного влияния на объемы производства кормов.

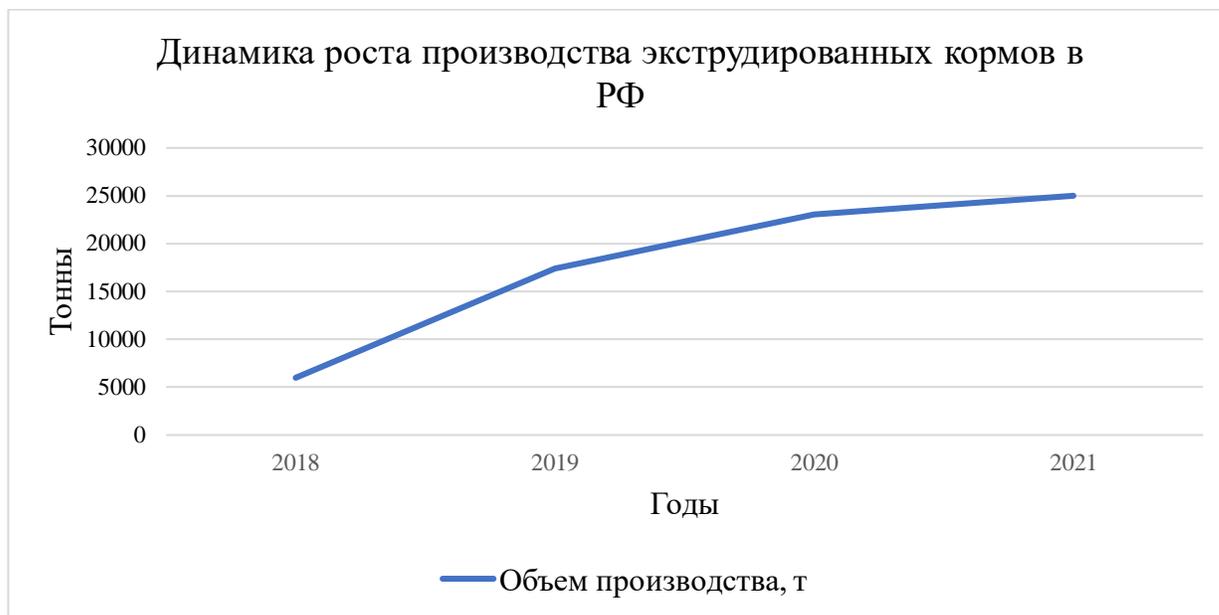


Рис. 3. График динамики роста производства экструдированных кормов в РФ.

Глава 3. Практический опыт кормления рыбы

В конце третьего курса мною была пройдена производственная практика на Алольской ЦПС. В ходе практики я получил практический опыт по кормлению рыб, проведению бонитировки и расчету нормы кормления рыбы.

Для кормления рыбы, содержащейся в садках, использовался производственный осетровый корм EFICO Sigma 811 от компании Biomar с размером гранул 4,5 и 6 мм соответственно (Табл. 6).

Таблица 6

Показатели питательности корма EFICO Sigma 811 [13]

Показатели	Размер гранул		
	3 мм	4,5 мм	6,0 мм
Сырой протеин, %	46	44	44
Сырой жир, %	15	16	16
Углеводы (БЭВ), %	19	21	21
Клетчатка, %	5,5	5,4	5,4
Зола, %	6,7	6,4	6,4
Общий фосфор (Р), %	0,9	0,9	0,9
Валовая энергия, МДж/кг	20,1	20,1	20,1
Переваримая энергия, МДж/кг	16,5	16,5	16,5

Во время прохождения практики проводилась весенняя бонитировка садков. Рыбу взвешивали и сортировали по массе в садки. Результаты бонитировки записывались. По результатам были рассчитаны количество рыб в садках, их средняя и суммарная массы.

Для расчета суточного рациона использовалась таблица нормы кормления, предоставленная производителем и данные бонитировки (средняя и суммарная массы) (Табл. 7).

В качестве примера возьмем, что в садке содержится стерлядь средней массой 2 кг и суммарной массой 200 кг (приблизительно 100 особей). Температура воды

составляет 16°C. Кормление рыбы в садках производилось дважды в день утром и вечером.

1. Используя табличные данные выясняем, что для рыбы со средней массой 2 кг при температуре воды 16⁰ С суточная норма будет составлять 0,47 кг корма на 100 кг рыбы.
2. Находим общее количество корма, необходимое на выращивание 200 кг рыбы в сутки: $0,47 \text{ кг} \times 200 \text{ кг} / 100 \text{ кг} = 0,94 \text{ кг}$.

Таблица 7

Нормы кормления для корма EFICO Sigma 811 (кг корма на 100 кг рыбы в сутки) [13]

Размер рыбы		Размер гра- нул, мм	Температура воды							
Вес, г	Длина, см		14°C	16°C	18°C	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C
50 -100	16-21	3	0,96	1,11	1,27	1,49	1,54	1,43	1,27	1,06
100 - 200	21-26	3	0,81	1,02	1,12	1,22	1,27	1,17	1,02	0,81
200 - 800	26-40	4,5	0,73	0,88	0,99	1,09	1,09	0,99	0,88	0,73
800- 1500	40-49	4,5	0,57	0,68	0,78	0,88	0,88	0,78	0,62	0,42
1500 - 3000	49-61	6	0,36	0,47	0,57	0,68	0,68	0,57	0,47	0,31

Таким образом, суточные нормы кормления должны быть строго дозированы. Это позволяет избежать перерасхода корма и обеспечить оптимальный темп роста рыбы в зависимости от условий среды. При избытке корма рыба нерационально использует питательные вещества, содержащиеся в корме, и поэтому часть корма теряется впустую. При недостатке кормления скорость роста рыбы замедляется и угнетается жизнедеятельность.

Глава 4. Альтернативные источники белкового сырья для кормопроизводства

4.1. Альтернативные источники белкового сырья для кормопроизводства

Последнее десятилетие в мире остро стоит вопрос о рыбной муке. Недостаточный уровень производства и низкое качество пагубным образом сказываются на качестве готовых кормов. Пользуясь дефицитом рыбной муки на рынке, поставщики могут попробовать предложить производителям фальсификат, либо аналог рыбной муки, состоящий из растительных компонентов. Некоторые страны, в том числе и Россия, ищут способы наращивать производство рыбной муки, но для этого необходимо выполнение ряда условий: требуются хорошо оборудованные производства, сырье надлежащего качества, налаженная логистика [1, 4, 24].

Основным производимым в России кормовым продуктом является соя и другие бобовые культуры. По данным Росстата [27] Россия покрывает 65% своей потребности в соевом белке внутренним производством. Но этого недостаточно и недостающие объемы приходится импортировать.

Однако существуют альтернативные источники белкового сырья, которые в недалёком будущем, возможно, смогут заменить рыбную муку, если не полностью, то частично. Одним из видов такого сырья является кормовая мука из насекомых.

За последние несколько лет технология производства кормового белка из насекомых во всем мире продвинулась далеко вперед благодаря инвестициям в данную область: Protix (Нидерланды) получил более €40 млн инвестиций, его конкурент Agriprotein (ЮАР) – в районе \$100 млн, Ynsect (Франция) – более 100 млн евро. Первые две компании занимаются выращиванием личинок мухи черная львинка (*Hermetia illucens*), а Ynsect разводит мучных червей [16].

В Европе к использованию в качестве кормовых добавок одобрены 7 видов насекомых, из которых 3 вида сверчков: домашний сверчок (*Acheta domesticus*), полосатый сверчок (*Grylloides sigillatus*), Ямайский полевой сверчок (*Gryllus assimilis*),

2 вида мух: черная львинка (*Hermetia illucens*), комнатная муха (*Musca domestica*) и 2 вида мучных червей: большой мучной хрущак (*Tenebrio molitor*), малый мучной хрущак (*Alphitobiu sdiaperinus*).

В отличие от Европы в России нет ограничений по использованию белка из насекомых в кормах для рыб. Поэтому в нашей стране в качестве кормового сырья можно использовать личинок мясной мухи.

На данный момент выращиванием и дальнейшей переработкой данного сырья в России занимаются 4 компании: «НордТехСад», «Энтопротэк», ГК «Зоопротеин», «Биолаборатория» [16].

Наиболее популярным объектом культивирования для получения белкового концентрата стала муха черная львинка *Hermetia illucens* L., 1758.

Царство: Животные (*Animalia*)
Тип: Членистоногие (*Arthropoda*)
Класс: Насекомые (*Insecta*)
Отряд: Двукрылые (*Diptera*)
Семейство: Львинки (*Stratiomyidae*)
Род: Герметия (*Hermetia*)
Вид: Чёрная львинка (*Hermetia illucens*)

Мухи длиной от 15 до 20 мм. Самки немного больше самцов. Тело полностью черное. Только голени и лапки белые (Рис. 4) [2].



Рис. 4. Внешний вид имаго черной львинки [2].

Личинки белого или жёлтого цвета с жёлто-коричневой головой. Длина тела до 27 мм (Рис. 5) [2].



Рис. 5. Внешний вид личинок черной львинки [2].

Встречается преимущественно в тропических и субтропических районах. Родиной является тропические области Южной Америки. Была завезена человеком в последние десятилетия на все континенты. В Европе самые северные находки

сделаны на юге Германии и Чехии. Самая восточная находка в Западной Палеарктике сделана на Черноморском побережье России в Краснодарском крае [2].

Взрослая самка одновременно откладывает от 206 до 639 яиц. Яйца обычно откладываются в расщелинах или рядом с разлагающимися веществами, такими как навоз или компост, вылупляются примерно через 4 дня. Только появившиеся личинки около 1 мм в диаметре и к концу стадии личинки способны достигать 25 мм длины и от 0,10 до 0,22 граммов веса. Личинки способны питаться самыми разнообразными органическими веществами, адаптируясь к рациону с различным содержанием питательных веществ. Стадия личинки длится от 18 до 36 дней и во многом зависит от поедаемой ею пищи. Стадия куколки длится от 1 до 2 недель. Взрослые особи могут прожить от 47 до 73 дней, если их снабжают водой и пищей, например сахаром в неволе, который заменяет нектар в условиях дикой природы. На собственных жировых запасах, отложенных во время личиночной стадии, взрослая особь живет примерно 8—10 дней если ей предоставляется вода.

Одним из главных преимуществ является возможность использования различных субстратов растительного и животного происхождения. Для выращивания подходят отходы переработки пищевой промышленности, продукты питания растительного и животного происхождения с истекшим сроком годности. Не нужно строить огромные заводы по выращиванию, будет достаточно правильно оборудованного инсектария.

Белок личинок мухи содержит все аминокислоты, характерные для животного белка, в том числе незаменимые. В аминокислотном профиле личинок черной львинки в сравнении с рыбной мукой было меньше аспарагиновой кислоты, аргинина, лизина, метионина и цистина, больше пролина, лейцина, изолейцина, тирозина. Количество лизина сравнимо с его содержанием в соевой муке (Табл. 8).

Сравнение аминокислотного состава личинок черной львинки с соевой и рыбной мукой, % [20]

Показатель	Соевая мука	Личинки черной львинки	Рыбная мука
Аспарагиновая кислота	11,82	8,25	10,17
Треонин	4,08	3,97	4,57
Серин	5,46	4,49	4,35
Глютаминовая кислота	18,22	12,85	14,35
Пролин	5,50	6,02	4,73
Глицин	4,34	5,63	6,67
Аланин	4,42	7,25	6,70
Валин	4,70	5,12	5,32
Метионин	1,26	1,85	3,13
Цистин	1,52	0,85	1,00
Изолейцин	4,56	5,58	4,38
Лейцин	7,66	12,24	7,92
Тирозин	2,56	6,32	3,65
Фенилаланин	4,90	4,35	4,27
Гистидин	2,54	4,21	3,17
Лизин	6,26	5,75	8,70
Аргинин	4,30	4,20	6,48
Сумма аминокислот	98,10	98,93	99,56

В связи с этим мы видим, что использование личинок черной львинки позволяет рассматривать ее в качестве питательной альтернативы рыбной и соевой муке.

4.2. Технология выращивания и переработки личинок черной львинки

Сегодня многие предприятия в том числе и в России выпускают белковый концентрат из черной львинки (Табл. 9).

Таблица 9

Химический состав и питательная ценность белкового концентрата из черной львинки, г/кг [9]

Показатель	Содержание
Воздушно-сухое вещество	982,60
Протеин	508,50
Клетчатка (хитин)	78,31
Жир	76,45
БЭВ	214,5
Зола	61,71
Валовая энергия, МДж/кг	20,38
Обменная энергия, МДж/кг	13,15
ЭКЕ	1,31
Перевариваемый протеин	432,00
Кальций	14,36
Фосфор	5,07

Производство белкового концентрата можно реализовать прямо на хозяйстве. Большим преимуществом в данном случае является большой выход личинки при использовании относительно небольшой площади для выращивания и доступного кормового субстрата, в качестве которого могут выступать различные отходы растительного и животного происхождения. В системах УЗВ также возможно использовать фекалии рыб в качестве субстрата.

На данный момент среди рыбоводов отсутствует заинтересованность в кормовом белке из насекомых. С этим связана направленность предприятий

занимающихся выращиванием личинок насекомых, а именно – получение наживок для рыбалки и кормление домашней птицы. Сейчас нет развитой системы промышленной переработки насекомых в белковый концентрат (муку) [35].

В общем виде технологическая схема выращивания и переработки черной львинки состоит из следующих этапов:

- 1) доставка или производство субстрата;
- 2) измельчение и подготовка субстрата (очистка и т.п.);
- 3) выращивание личинок в контролируемых условиях;
- 4) охлаждение личинок;
- 5) сбор и очистка личинок;
- 6) предварительное измельчение с отделением кутикулы;
- 7) сушка биомассы внутренностей;
- 8) отжим жира;
- 9) последующее измельчение в муку [22].

Рассмотрим вариант реализации проекта по выращиванию черной львинки. Наиболее выгодным и перспективным выглядит полноцикловое выращивание личинки, где конечным продуктом будет готовая мука или белковый концентрат, либо готовый предпочтительно экструдированный корм с средним содержанием кормового белка из насекомых в 25%. Для варианта с приготовлением корма на месте можно исключить последующее измельчение в муку, так как после сушки и отжима жира сырье можно на прямую загрузить в смеситель экструдера.

Первым этапом будет выбор помещения. Для этого можно использовать выделенный участок в кормовом цеху или готовое пустое помещение. Главным условием является возможность контролировать условия содержания объекта, в первую очередь температуру и влажность. Оптимальной температурой будет 27-33 °С и относительная влажность около 70%. Для небольших объемов выращивания будет достаточно помещения площадью около 50 м². Помещение необходимо оборудовать кондиционерами и увлажнителями воздуха, а также расставить датчики

термоконтроля и гигрометры. Далее устанавливают бокс с имаго, состоящий из каркаса в виде натянутых москитных сеток, внутри бокса располагают несколько растений или развешивают дополнительные сетки. Так же ставят поилки, в которых находится либо глюкозный, либо медовый раствор для увеличения продолжительности жизни имаго. На сетки крепятся датчики и устанавливаются источники теплого света. Раствор в поилках меняется по мере высыхания. В боксе устанавливают «приманки» – небольшие контейнеры с субстратом, на которые сверху кладут картриджи из гофрокартона или фанеры. Туда имаго откладывают яйца, которые будут собраны и перенесены на субстрат в инкубатор [2].

Смежно с боксом устанавливают помещение-инкубатор. Там расставляют емкости с субстратом в виде отходов пищевого производства. Это могут быть продукты с истекшим сроком годности, которые списывают магазины, либо некондиционный товар с комбинатов мясной и молочной промышленности. В эти емкости складываются собранные приманки, либо вручную соскребаются яйца мухи и выкладываются на субстрат. В инкубаторе должен поддерживаться определённый микроклимат – температура 30 °С и влажность 75%. Очень важно организовать хорошую вентиляцию и проветривание помещения, так как растущие личинки выделяют очень много тепла. Температура субстрата может достигать 45-50 °С, однако это температура не является летальной для личинок.

Отложенные яйца вылупляются при оптимальной температуре в среднем через 3 дня. Выклюнувшаяся личинка имеет размеры чуть более 1 мм. В это время личинка очень подвижна и переползает с картриджа в субстрат. Последующая стадия личинки длится 12-15 дней и за это время они достигают размеров 12мм. Отличительной чертой является то, что личинки меняют цвет с белого на слегка коричневый. Часть личинок оставляют, чтобы они прошли полный цикл превращений. Это будет маточным поколением, которое необходимо для поддержания системы. Окуклившиеся личинки будут перемещены в бокс с имаго, где они продолжат свое развитие и станут взрослыми насекомыми (Рис. 6).

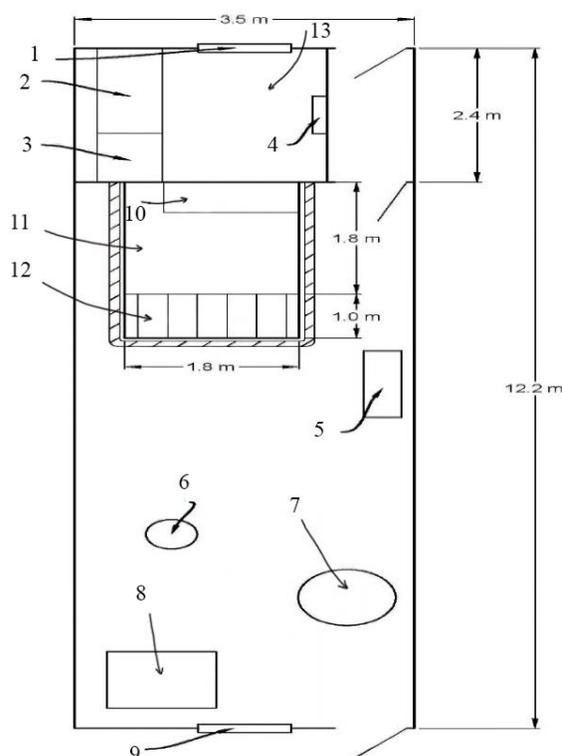


Рис. 6. Примерная схема объекта по производству черной львинки: 1, 9 – вентиляция; 2 – камера для окукливания; 3, 7 – резервуар с водой; 4 – освещение; 5 – увлажнитель воздуха; 6 – измельчитель; 8 – печь; 10 – место вылупления личинок; 11 – реакторное пространство; 12 – наклонная плоскость; 13 – бокс с имаго.

Дальнейший технологический процесс начинается с отделения личинок от субстрата. Чтобы упростить процесс сепарации, личинок вместе с субстратом предварительно охлаждают. Делается это для того, чтобы личинки стали малоподвижными [22]. Для уменьшения трудозатрат и автоматизации оптимальным будет использование автоматического просеивателя. Отделенный субстрат в дальнейшем используется как зоогумус, который является полноценным удобрением для растений и может быть продан.

В дальнейшем личинок промывают и перемалывают в шнековой мясорубке. Это позволяет отделить биомассу внутренностей от хитиновой оболочки.

Готовая биомасса может быть использована для приготовления экструдированного корма.

Для приготовления кормовой муки личинок после сепарации высушивают в конвекционном шкафу, измельчают и прессуют в кормовую муку.

4.3. Обоснованность применения черной львинки

Рассмотрим опыт применения кормов из черной львинки на примере радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). В Европе является распространенным объектом прудового и индустриального рыбоводства. В естественной среде форель питается мелкими ракообразными, личинками насекомых (ручейники, поденки, веснянки, водные двукрылые), мелкой рыбой. Форель хорошо приспосабливается к новым источникам питания [34].

В 2016 году в Швейцарии проводился эксперимент по кормлению радужной форели кормом на основе муки из личинок черной львинки. Рыбам давали корм, состоящий на 28% из обезжиренной кормовой муки из насекомых, и сравнивали с контрольной группой, которая получала сертифицированный корм из рыбной муки. Эксперимент продолжался 7 недель и вначале брали рыб с первоначальной массой тела приблизительно 66,5 г, и выращивали до массы около 125 г [37].

Кормление рыбы происходило 4 раза в день, количество корма определяли по таблице кормления, предоставленной производителем контрольного корма. Раз в неделю производилось взвешивание рыбы для корректировки норм кормления. Корма были полностью идентичны по составу, за исключением того, что в опытном корме 46% рыбной муки было заменено на муку из черной львинки.

Примерный состав контрольного и опытного кормов [37]

Линии сравнения	Контрольный корм	Экспериментальный корм
Сырой протеин (г/кг сухого вещества)	457	491
Сырые липиды (г/кг сухого вещества)	151	126
Зола (г/кг сухого вещества)	134	126
Сырая клетчатка (г/кг сухого вещества)	13	44
БЭВ (г/кг сухого вещества)	189	164
Усвояемая энергия (МДж/кг сухого вещества)	17,2	17,0
Отношение переваримого белка к усвояемой энергии (г/МДж)	23,5	25,9

При химическом анализе двух кормов были выявлены небольшие различия. В корме из черной львинки наблюдался более высокий уровень протеина и клетчатки, но жиров и золы было меньше. В корме из черной львинки был более высокий уровень насыщенных жирных кислот по сравнению со стандартным кормом, однако ненасыщенных жирных кислот было больше в корме из рыбной муки.

По итогам исследования состав рыб из опытной и контрольной групп не имел значимых различий по содержанию белка и липидов. Однако в рыбе, которую кормили кормом из черной львинки, оказалось повышенное содержание насыщенных жирных кислот и, наоборот, пониженное содержание ненасыщенных жирных кислот, чем у рыбы, которую кормили стандартным кормом, что в конечном итоге не оказало на рыб негативного влияния. В ходе органолептических испытаний не было обнаружено различий в запахе, текстуре и вкусе рыбы из контрольной и опытной группы. Единственным отличием был более темный цвет филе у рыбы, которую кормили кормом из черной львинки (Рис. 7) [37].



Рис. 7. Диаграммы отношения жирных кислот в филе радужной форели

В итоге обе диеты были легко перенесены рыбами на протяжении всего эксперимента, корм съедался в течение 5 минут после кормления. Прирост веса, конечная масса и скорость роста не отличалась у рыб, которые питались кормом из рыбной муки и кормом из черной львинки (Табл. 11 и рис. 8).

По итогам эксперимента можно сделать вывод, что применение частично обезжиренной кормовой муки в качестве заменителя рыбной оказалось успешным. Однако требуется дальнейшее изучение и проведения опыта с выращиванием рыба от малька до товарной особи с использованием корма из насекомых.

Рост и утилизация питательных веществ, которых кормили стандартным кормом и кормом из черной львинки [37]

Параметры	Контрольная группа рыб	Экспериментальная группа рыб
Исходная масса тела (г)	67,0	66,2
Конечная масса тела (г)	125,3	125,5
Прибавка в весе (%)	87,8	89,6
Удельная скорость роста (%/день)	1,43	1,45
Коэффициент конверсии корма	0,80	0,81
Коэффициент эффективности белка	2,77	2,51
Продуктивная ценность белка (%)	60,6	50,9
Коэффициент липидной эффективности	8,39	9,77
Продуктивная ценность липидов (%)	47,5	60,2
Смертность (%)	0,15	0,22

Также не рекомендуется заменять рыбную муку кормовым белком более чем на 50%.

Исследование, проведенное в 2018 году Г. Кардиналетти и соавторами говорит об обратном [36].

В исследовании изучалось потенциальное использование полножирной муки предкулоков черной львинки, заменяющей 0% (Н0), 25% (Н25) и 50% (Н50) белковых компонентов в корме для радужной форели.

Корма готовили методом гранулирования на месте проведения эксперимента.

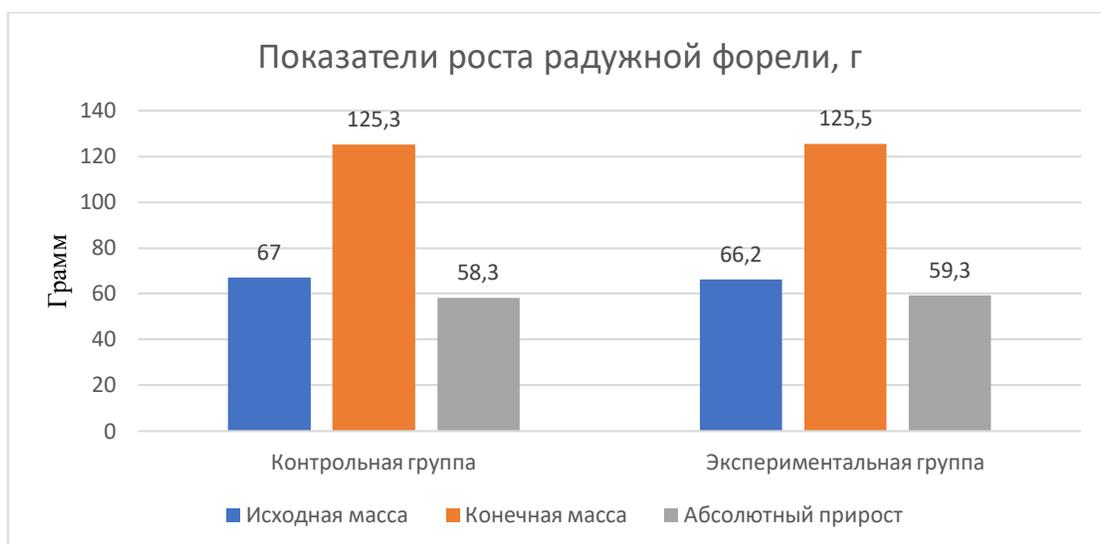


Рис. 8. Гистограмма ростовых показателей радужной форели

Таблица 12

Состав и показатели питательности кормов, используемых в эксперименте [36]

Компоненты, %	Н0	Н25	Н50
Рыбная мука	42	31,5	21
Гороховый белковый концентрат	5,5	7,8	10
Мука из черной львинки	-	10,5	21
Пшеничная белковая мука	5,5	7,8	10
Пшеничная мука	29	26,8	25,5
Рыбий жир	7	4	2,8
Растительный жир	7	7,5	5,6
Минеральные компоненты	1	1	1
Витамины	1	1	1
Связующее вещество	2	2	2
Метионин	-	0,1	0,1
Показатели	Н0	Н25	Н50
Протеин, %	40,27	39,98	40,16
Жиры, %	18,63	18,56	17,68
Зола, %	14,3	14,2	14,13
Влага, %	4,24	5,49	5,31
Валовая энергия, МДж/кг	22,1	22,3	21,28

По основным показателям питательности корма не различаются (Табл. 12).

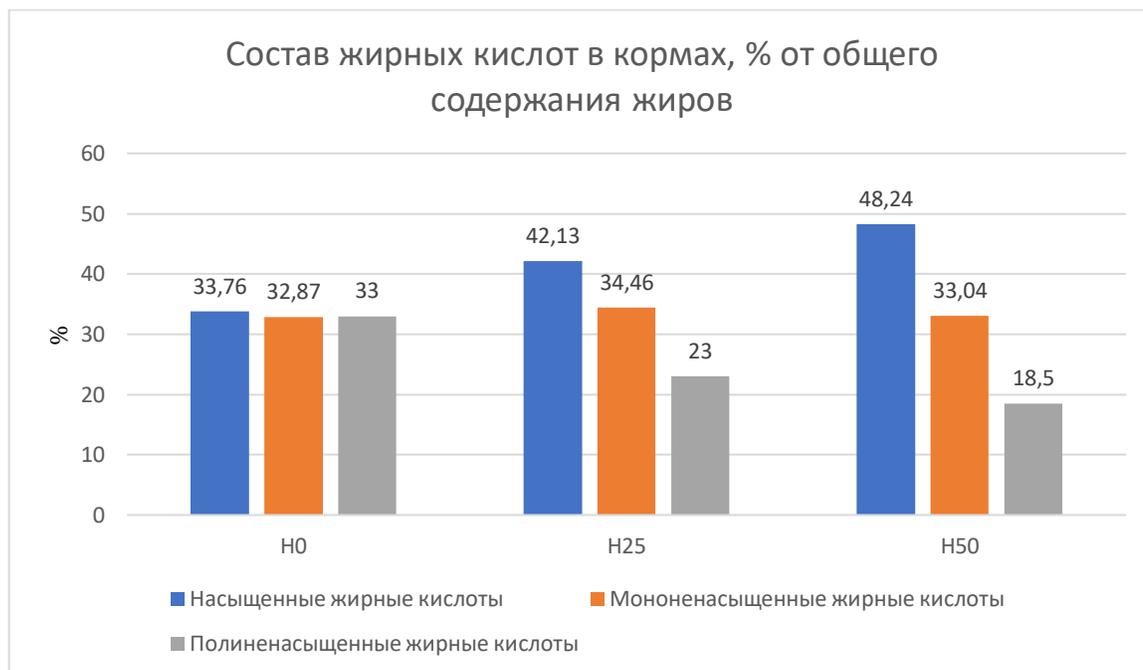


Рис. 9. Гистограмма отношения содержания жирных кислот в кормах

Из графика следует, что в кормах с добавлением муки из черной львинки преобладают насыщенные жирные кислоты и наблюдается недостаток полиненасыщенных жирных кислот (Рис. 9).

Испытание по кормлению проводилось на экспериментальной ферме в Италии. 270 особей радужной форели с начальной массой 137 г случайным образом распределили по девяти емкостям объемом 1м³. К резервуарам была подключена проточная система водоснабжения с постоянной температурой воды 13°C. Случайным образом было отобрано по три емкости на каждую из диет. Кормление проводилось вручную на протяжении 98 дней, один раз в день, при норме кормления 1,3% от общей массы рыб. Каждые три недели рыбу взвешивали для корректировки норматива кормления [36].

В конце эксперимента рыб усыпили и измерили биометрические показатели, такие как длина и масса. На основе измерений были высчитаны коэффициент

упитанности по Фултону (К), удельная скорость роста (SGR), относительный прирост массы тела (WG) и коэффициент конверсии корма (FCR). Выживаемость по итогу эксперимента составляла 100% (Табл. 13) [36].

Таблица 13

Основные показатели роста [36]

Показатели	Н0	Н25	Н50
Конечная масса, г	301,21	279,59	251,27
Коэффициент упитанности (К)	1.13	1.13	1.12
Относительный прирост массы, %	119,81	102,91	83,18
Удельная скорость роста, %	0,8	0,71	0,61
Коэффициент конверсии корма	1,02	1,22	1,47

По итогам эксперимента конечная масса тела и абсолютный прирост оказались меньше у экспериментальной группы (Рис. 10).

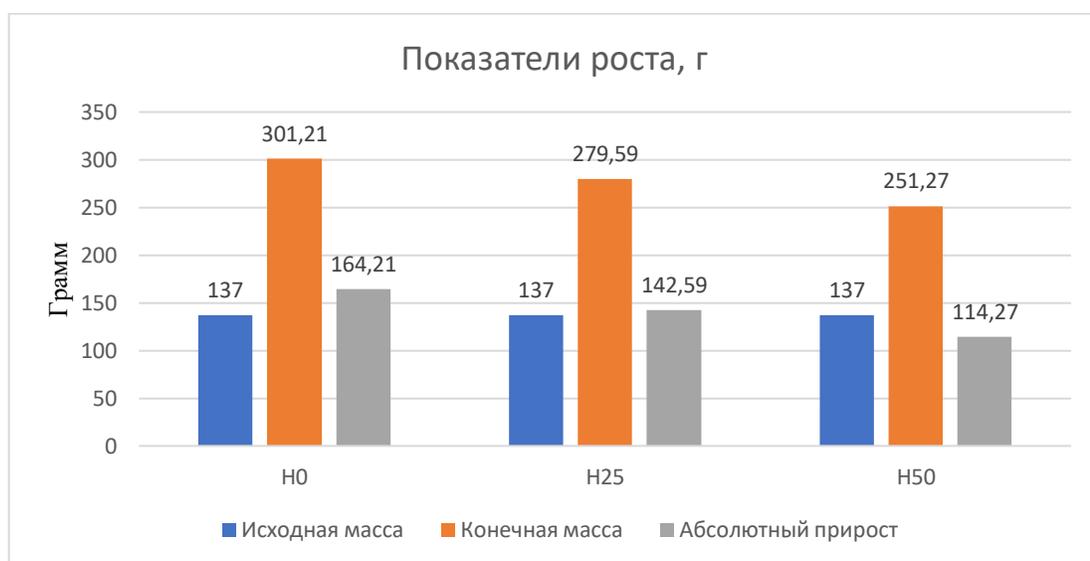


Рис. 10. Гистограмма ростовых показателей радужной форели

Подводя итоги двух исследований, можно сказать, что результаты оказались противоречивыми. В первом эксперименте у рыб, которые получали корм с белком из насекомых, не наблюдалось уменьшения скорости роста и каких-либо патологических изменений. В свою очередь, во втором эксперименте уже наблюдалось снижение роста на 30% при сравнении контрольной группы с той, которую кормили кормом, где 50% белка заменили белком из насекомых. Также нужно учесть различия в технологии изготовления корма и показатели кормовой муки из черной львинки. В первом эксперименте использовали корма, изготовленные по технологии экструдирования, а во втором эксперименте корма были изготовлены по технологии гранулирования. Можно предположить, что процесс экструзии положительным образом сказался на биодоступности питательных веществ, входящих в состав муки из черной львинки. Различия в муке из черной львинки состояли в том, что в первом эксперименте продукт был частично обезжирен, в то время как во втором эксперименте использовали полножирную муку из черной львинки. По показателям состава жирных кислот было видно, что в кормах с использованием черной львинки преобладали насыщенные жирные кислоты, которые плохо усваиваются рыбой.

Из этих данных следует, что использование черной львинки в качестве источника белка подвергается сомнению. Необходимо проведение дальнейших всесторонних исследований, чтобы выявить основные закономерности воздействия этого сырья на организм и, в частности, пищеварительную систему рыб. Однако приведенные данные также говорят и о том, что белковую муку из черной львинки допустимо применять при выращивании рыбы, но нужно учитывать технологию приготовления и количество жира в муке. Предпочтительно будет использовать частично обезжиренную муку в ограниченных количествах в кормах, изготовленных по технологии экструдирования.

Заключение и выводы

Развитие современной аквакультуры в большинстве своем зависит от правильной организации кормления рыбы на всех ее этапах выращивания. Сейчас набирает популярность выращивание ценных видов рыб, таких как лососевые и осетровые. Для этого необходимо применение высокоинтенсивных технологий и использование высококачественных современных кормов с высоким уровнем протеина и энергии в целом, чтобы обеспечить максимальный прирост массы рыбы и рациональный расход корма на любых этапах выращивания.

В настоящее время активно ведется поиск и изучение новых источников кормового белка для приготовления комбикормов. В связи с тем, что рыбная мука постоянно дорожает, ее качество не всегда на должном уровне и на отечественном рынке встречается фальсификат. Поэтому большая часть произведённой в Российской Федерации рыбной муки не годится для производства качественных комбикормов и идет на экспорт. Приоритетом в кормопроизводстве стали освоение инновационных технологий переработки сырья и безопасность кормов [1, 4].

В ходе решения поставленных задач были сделаны следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Дана общая классификация кормов и описаны наиболее популярные источники кормового сырья для аквакультуры, что позволило сделать вывод о важности подбора оптимального соотношения питательных компонентов в кормах для эффективного выращивания гидробионтов и важности использования премиксов и пробиотиков.
2. Сертификация кормов позволяет стандартизировать нормы и требования к качеству и безопасности кормов. Это является необходимым условием для продажи корма конечному потребителю и позволяет рыбакам, использующим сертифицированные корма быть уверенными в качестве и соответствии их заявленным характеристикам.
3. Главным различием в кормах для растительноядных и хищных рыб является разница в содержании белков, жиров и углеводов. К белкам и жирам более

требовательны хищные рыбы, так как они составляют основу их энергетического обмена, а растительные рыбы имеют меньшую потребность в белках и жирах, но лучше усваивают углеводы.

4. В настоящее время в Российской Федерации работают 10 крупных и 40 менее крупных региональных заводов по выпуску кормов для рыб, тоннаж выпуска кормов растет с каждым годом. Однако этого недостаточно для удовлетворения растущих потребностей рыбоводных хозяйств; и проблемой также является снабжение кормами тех хозяйств аквакультуры, которые использовали в кормлении рыб корма зарубежного производства.
5. Для расчета суточного рациона кормления рыб используются данные массы рыб, температуры воды, а также табличные данные, предоставляемые производителем вместе с кормом. По температуре воды определяют суточную норму корма на 100 кг рыбы в сутки и пересчитывают с учетом общей массы рыбы в емкости или садке. Полученные величины количества корма позволяют обеспечить выращивание здоровой товарной стерляди при соблюдении условий содержания рыбы.
6. Исследование потенциального использования мухи черной львинки (*Hermetia illucens*) в качестве источника белка при выращивании рыбы показывает, что муку из черной львинки допустимо применять, но нужно учитывать технологию приготовления, а также количество и качество жира в муке. Предпочтительнее использовать частично обезжиренную муку в ограниченных количествах в кормах, изготовленных по технологии экструдирования. Зафиксирован в продукте из черной львинки избыток насыщенных жирных кислот при недостатке ненасыщенных, особенно полиненасыщенных жирных кислот. Необходимо проведение дальнейших исследований данного продукта.

Список использованной литературы

1. Агеев А. В. Состояние и перспективы мирового и отечественного производства кормов для объектов аквакультуры, производства и потребления рыбной муки // Рыбное хозяйство. – 2018. – №5. – С. 81-85.
2. Антонов А. М., Лутовиновас Е., Иванов Г. А., Пастухова Н. О. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумплярном регионе // Принципы экологии. – 2017. – №3. – С. 4-19.
3. АПХ «Мираторг» займется импортозамещением кормов для ценных пород рыб // Мираторг [Электронный ресурс] URL: https://miratorg.ru/press/news/miratorg-_zaumetsya_importozameshcheniem_kormov_dl/ (дата обращения: 04.06.2022).
4. Артемов Р.В., Бурлаченко И.В., Баскакова Ю.А. О развитии сырьевой базы современного производства комбикормов для объектов аквакультуры // Научное обеспечения развития товарной аквакультуры до 2030 года в Российской Федерации. – Москва: ВНИРО, 2017. – С. 15-19.
5. В Астраханской области появится завод по производству кормов для рыб и домашних животных // "Сфера" [Электронный ресурс] URL: <https://sfera.fm/news/v-strane/v-astrakhanskoi-oblasti-royavitsya-zavod-po-proizvodstvu-kormov-dlya-ryb-i-domashnikh-zhivotnykh> (дата обращения: 03.06.2022).
6. Владимцева Т. М. Основы рыбоводства [Электронный ресурс]: учебное пособие – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – 162 с.
7. Гамыгин Е. А., Передня А. А., Шоль А. В. Новые комбикорма для аквакультуры // Зооиндустрия. – 2001. – №8. – С. 7-10.
8. Гамыгин Е. А., Щербина М. А., Передня А. А. Итоги работы по созданию новых кормов для ценных объектов аквакультуры // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2004. – №2. – С. 55-60.

9. Головина Н. А., Романова Н. Н., Головин П. П., Симонов В. М., Дементьев В. Н., Шишанова Е. И., Тренклер И. В., Пономарев С. В., Коноваленко Л. Ю., Мишуров Н. П. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.
10. Григорьев С.С., Седова Н.А. Индустриальное рыбоводство: В 2 ч. Ч. 2. Интенсивное разведение рыбы в индустриальных условиях: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения. - Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2008. – 162 с.
11. Желтов Ю.А. Рецепты комбикормов для выращивания рыб разных видов и возрастов в промышленном рыбоводстве. – Киев: Фирма «ИНКОС». 2006. – 154 с.
12. Завод рыбных кормов в Карелии построит вторую очередь // Деловой Петербург [Электронный ресурс] URL: https://www.dp.ru/a/2022/06/03/Zavod_ribnih_kormov_v_Kar (дата обращения: 04.06.2022).
13. Каталог кормов Биомар [Электронный ресурс] // Биомар Россия. 2016. URL: <http://biomar.ru> (дата обращения: 19.06.2022).
14. Кац Е. С., Нарышкин А. А. О развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации: информ. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 164 с.
15. Коноваленко Л.Ю., Мишуров Н.П., Пономарев С.В., Федоровых Ю.В. Технологии производства кормов для аквакультуры: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 80 с.
16. Кормовая альтернатива. Кормовой белок из насекомых: перспективы этого направления. // Агроинвестор [Электронный ресурс] URL: <https://www.agroinvestor.ru/animal/article/33400-kormovaya-alternativa-kormovoy-belok-iz-nasekomykh-perspektivy-etogo-napravleniya/> (дата обращения: 02.06.2022).

17. ЛимКорм // FISHNET [Электронный ресурс] URL: https://www.fishnet.ru/news/aquaculture_news/limkorm-proizvodstvo-ekstrudirovannyh-kormov-dlya-cennyh-porod-ryb-pod-sobstvennoy-torgovoy-markoy/ (дата обращения: 03.06.2022).

18. Межгосударственный стандарт "ГОСТ 10385-2014. Комбикорма для рыб. Общие технические условия." от 01.01.2016 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

19. Мясников, Г. Г. Корма и технология кормления рыб: курс лекций – Горки: БГСХА, 2020. – 221 с.

20. Некрасов Р.В., Чабаев М.Г., Зеленченкова А.А., Бастраков А.И., Ушакова Н.А. Питательные свойства личинок *Hermetia illucens* L. – нового кормового продукта для молодняка свиней // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – №2. – С. 316-325.

21. ООО НПК Далькорм // МСП Банк [Электронный ресурс] URL: <https://mspbank.ru/media/success-stories/ООО-НПК-Dalkorm/> (дата обращения: 03.06.2022).

22. Пахомов В.И., Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Алферов А.С., Рухляда А.И., Бабаджанян А.С. Результаты экспериментальных исследований экструдирования кормов, содержащих зерно пшеницы и биомассу личинок черной львинки. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – №1. – С. 28-42.

23. Пономарев С. В., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Индустриальное рыбоводство. – 2-е изд. – СПб: Лань, 2013. – 416 с.

24. Пономарев С.В., Корма для ценных объектов аквакультуры: проблемы и решения / Пономарев С. В., Федоровых Ю. В., Ширина Ю. М., Порфирьев А. Г., Левина О., Ушакова Н., Новиков С., Куркембаева Б. // Комбикорма. – 2019. – №4. – С. 57-58.

25. Росрыболовство подготовило предложения по мерам поддержки развития отечественного производства рыбных кормов // Федеральное агентство по

рыболовству [Электронный ресурс] URL: <https://fish.gov.ru/news/2022/03/15/rosrybolovstvo-podgotovilo-predlozheniya-pomeram-podderzhki-razvitiya-otechestvennogo-proizvodstva-rybnyh-kormov/> (дата обращения: 26.05.2022).

26. Саенко Е. М. Кормление гидробионтов: курс лекций. // ФГБОУ ВО Керченский государственный морской технологический университет, 2019. Керчь. – 161 с.

27. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Росстат URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 06.06.2022).

28. Скляр В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 150 с.

29. Сорвачев К. Ф. Основы биохимии питания рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, – 247 с.

30. Суданов А. А. Совершенствование производств комбикормов для рыб // Рыбное хозяйство. – 1989. – №7. – С. 41-43.

31. Трухачев В. И., Атанов И. В., Капустин И. В., Грицай Д. И. Техника и технологии в животноводстве: учебник. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2020. – 536 с.

32. Филь С. А., Шпет Г. И. Нормирование расхода искусственных кормов для товарного карпа в зависимости от температуры воды. – Труды ВНИИПРХа, 1975, т. 24, с. 28-32.

33. Чуйкова Н. В. «Карельские рыбные заводы»: от кормов до рыбы // Комбикорма. – 2019. – №6. – С. 26-28.

34. Шайхиев И.Г., Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Святченко А.В., Ушакова Н. А. Использование биомассы насекомых для выращивания радужной форели в аквакультуре (краткий обзор зарубежной литературы) // Рыбное хозяйство. – 2021. – №1. – С. 69-81.

35. Яковлев Д. А., Тупольских Т. И., Рудой Д. В., Сердюк В. А. Биотехнология переработки органических отходов с получением белковых продуктов // Современная наука и инновации. – 2019. – №1. – С. 147-152.

36. Cardinaletti G., Randazzo B., Messina M., Zarantoniello M., Giorgini E., Zimbelli A., Bruni L., Parisi G., Olivotto I., Tulli F. Effects of Graded Dietary Inclusion Level of Full-Fat *Hermetia illucens* Prepupae Meal in Practical Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Animals*. – 2019. – №5. – P. 1-21.

37. Stadlander T., Stamer A., Buser A., Wohlfahrt J., Leiber F., Sandrock C. *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm // *Journal of Insects as Food and Feed*. – 2017. – №3. – P. 165-175.