

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Российский научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому  
обеспечению агропромышленного комплекса»  
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

# ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

Аналитический обзор



Москва 2020

# Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство @ Переработка @ Агротехсервис @ Агробизнес

ЖУРНАЛ

## «ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» –

ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ,  
УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCi.

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2020 г. с доставкой по Российской Федерации – 8712 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9936 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

**Банковские реквизиты:** УФК по Московской области (Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО);

ИНН 5038001475/КПП 503801001

ФГБНУ «Росинформагротех», п/с 20486Х71280,

р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000.

В назначении платежа указать код КБК (000 0000 00000000 000 440),

ОКТМО 46758000.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60, Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».

Справки по телефонам: (495) 993-44-04, (496) 531-19-92;

E-mail: r\_technica@mail.ru, lgnu@rosinformagrotech.ru



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Российский научно-исследовательский институт информации и  
технико-экономических исследований по инженерно-техническому  
обеспечению агропромышленного комплекса»  
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

# **ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ**

*Аналитический обзор*

Москва 2020

УДК 639.3.043.2  
ББК 36.824:47.2  
Т 38

**Рецензенты:**

- Е.И. Шишанова**, канд. биол. наук, врио директора (ФГБНУ ВНИИ ирригационного рыбоводства);  
**Е.И. Хрусталеv**, доцент, канд. биол. наук, проф. кафедры аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов (ФГБОУ ВО «КГТУ»);  
**К.А. Молчанова**, канд. биол. наук, зам. зав. кафедрой аквакультуры, биологии и болезней гидробионтов (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

**Т 38** **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.

**ISBN 978-5-7367-1564-0**

Рассмотрены развитие отечественного кормопроизводства для объектов аквакультуры и основные проблемы отрасли. Показаны современные технологии производства высококачественных рыбных кормов с применением методов гранулирования, экспандирования и экструзии. Представлено зарубежное и отечественное оборудование для их реализации. Даны рекомендации по эффективному развитию технологического обеспечения производства рыбных кормов, расширению ассортимента и использованию в составах новых ингредиентов и добавок.

Предназначен для руководителей и специалистов органов АПК, предприятий рыбоводства (аквакультуры), научных работников, а также преподавателей и студентов вузов.

---

**L.Yu. Konovalenko, N.P. Mishurov, S.V. Ponomarev, Yu.V. Fyodorovykh**  
*Technologies for the Production of Feed for Aquaculture, Analytical Overview*, (Moscow: Rosinformagrotekh) 80 (2020)

The development of domestic feed production for aquaculture facilities and the main problems of the industry are discussed. Current technologies for the production of high-quality fish feed using pelletizing, expansion and extrusion techniques are described. Foreign and domestic equipment for their implementation is presented. Recommendations are given on the effective development of technological support for the production of fish feed, expanding the product range and use of new ingredients and additives in the compositions.

It is designed for managers and specialists of agricultural sector agencies, fish breeding enterprises (aquaculture), researchers, as well as teachers and university students.

ISBN 978-5-7367-1564-0

УДК 639.3.043.2

ББК 36.824:47.2

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2020

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире производится около 171 млн т рыбы: 53% (90,9 млн т) этого объема – продукция рыболовства, 47% – аквакультуры (80 млн т). Согласно прогнозам ФАО, производство продукции аквакультуры к 2030 г. достигнет рекордных отметок и составит около 109 млн т, причем 89% будут обеспечивать азиатские страны [1]. Вклад России в мировую продукцию аквакультуры оценивается всего в 0,3% (в 2019 г. – 286,78 тыс. т) [2].

Актуальность развития российского рыбохозяйственного кластера обусловлена задачами продовольственной безопасности. Государственной программой Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса» с учетом Доктрины продовольственной безопасности определено достижение уровня самообеспечения основными видами рыбной продукции в 2024 г. в размере 85%, в том числе обеспечение прироста продукции аквакультуры на уровне не ниже 6-10% в год [3].

Среди основных проблем развития отрасли производства и переработки объектов аквакультуры – практически полная зависимость от импортных кормов. Ощущается недостаток производства специализированных полноценных кормов, отвечающих требованиям инновационных технологий по выращиванию ценных видов рыб, в первую очередь осетровых и форели. Качественные российские стартовые корма, используемые для выращивания посадочного материала, в общем объеме производства в настоящее время занимают менее 1% [4].

По расчетам специалистов, доставка кормов до рыбоводных предприятий удорожает их на 30-40%. Затраты российских рыбоводов на корма достигают порядка 65-70% себестоимости продукции, тогда как в Европе на кормовую составляющую приходится 25-35%. Многие отечественные компании предлагают широкий выбор комбикормов для рыб. Но поскольку российское кормопроизводство характеризуется небольшими объемами, невысоким качеством и ассортиментом сырья, рыбоводные хозяйства предпочитают импортную продукцию: у мировых производителей кормов наработана об-

ширная база (изучено более 60 видов рыб, для которых разработаны различные рецептуры кормов). В основном поставщиками кормов являются предприятия, находящиеся в государствах Евросоюза – Норвегии, Голландии, Дании, Италии, Франции, Финляндии. Тем не менее можно с уверенностью сказать, что импортное кормопроизводство дестабилизирует развитие российской аквакультуры. Проблемы поиска новых и альтернативных способов получения кормовых продуктов, повышения качества при снижении затрат на их производство актуальны и являются основными задачами агропромышленного сектора экономики [5].

Для реализации направлений, предусмотренных Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (далее – ФНТП), планируется разработка подпрограммы «Развитие аквакультуры», целью которой должно стать обеспечение стабильного роста объемов производства и реализации высококачественной продукции аквакультуры на основе применения новых высокотехнологичных российских разработок, в том числе в области производства комбикормов для объектов аквакультуры [6].

Данный обзор будет способствовать принятию обоснованных управленческих решений, направленных на дальнейшее развитие рыбного сектора аквакультуры, разработке и реализации подпрограммы «Развитие аквакультуры» ФНТП.

## **1. РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Объемы мирового производства промышленных комбикормов для аквакультуры стабильно растут и в 2016 г. достигли 45 млн т. В соответствии с прогнозом ФАО к 2030 г. потребность в них увеличится до 62 млн т. Крупнейшим производителем рыбных кормов является Китай (в 2015 г. – 26 млн т), другие крупные производители – ЕС, Таиланд, Вьетнам, Норвегия, Япония, США и Чили.

В России, ситуация с кормами для объектов аквакультуры принципиально отличается от состояния кормового производства для нужд животноводства и птицеводства. В 2016 г. произведено 27 млн т комбикормов, в результате этого Российская Федерация заняла седьмое место в мировом рейтинге производителей комбикормов. В соответствии с прогнозом развития этих отраслей сельского хозяйства предполагается, что в 2020 г. будет произведено около 30 млн т комбикормов, основу которых составят корма для цыплят и свиней.

И, наоборот, плохое состояние производства в России рыбных кормов, низкое качество и ограниченный ассортимент, отсутствие современных кормовых биотехнологий препятствуют развитию аквакультуры. После 1991 г. объемы производства отечественных кормов для рыб сократились в 4 раза – примерно до 50-70 тыс. т при потребности 260 тыс. т. Из-за дефицита качественных отечественных рыбных кормов и ограниченного ассортимента на внутреннем рынке преобладают их импортные аналоги, занимающие около 2/3 объемов потребления. Доля импортных кормов для ценных объектов аквакультуры, таких как атлантический лосось, радужная форель, еще больше. Основная часть производимых в России рыбных кормов низкого качества, для них характерны низкая питательность и несбалансированность, недостаточная водостойкость и чрезмерная крошимость гранул. Это следствие использования в производстве устаревших технологий, несоблюдения рецептур и плохого качества кормовых компонентов, а также низкая производственная культура [7].

По данным специалистов, в настоящее время мощности комбикормовых заводов в Российской Федерации, способных выпускать рыбные корма, составляют более 500 тыс. т в год. К ним относятся Белгородский экспериментальный завод рыбных кормов, Ростовский и Варениковский заводы, комбикормовые заводы фирмы «Провими», «Ассортимент-Агро», Гатчинский комбикормовый завод, «Aquatex», а также профильные заводы Воронежской, Липецкой, Рязанской, Тульской, Астраханской, Саратовской и других областей [8].

В табл. 1 приведен перечень производителей кормов и кормовых добавок для аквакультуры (рыбоводства), составленный на основании данных территориальных управлений Росрыболовства, научно-исследовательских институтов и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации [9].

Таблица 1

**Сведения об отечественных предприятиях, производящих корма для сельскохозяйственных животных, в том числе для аквакультуры**

Наименование	Местоположение	Виды продукции
ОАО ВКХП «Мукомол»	г. Владимир	Производство комбикормов
ОАО «Хлебная база № 9»	Владимирская обл., г. Александров	
ЗАО «Де Хес»	Владимирская обл., г. Лакинск	Производство премиксов и предстартеров (комбикормов для молодняка свиней), которые можно задействовать при выпуске кормов для рыб
ОАО «Смоленский КХП»	г. Смоленск	Комбикорма для рыб
ОАО «Михайловхлебопродукты»	Рязанская обл., г. Михайлов	К-110, К-111
ОАО «Сахазернопродукт»	Республика Саха (Якутия), г. Якутск	Производство комбикормов для сельскохозяйственных животных



Продолжение табл. 1

Наименование	Местоположение	Виды продукции
ООО «Кормовик»	г. Владивосток	Производство комбикормов для рыб
ООО НПК «Далькорм»		
ФГБНУ «Тинро-Центр»		
ООО «Урожай ДВ»	Приморский край	Стартовые и производционные корма для осетровых, лососевых и карповых
ЗАО «Содружество-Соя»	Калининградская обл.	Производство компонентов для рыбных кормов
ОАО «Ленинский элеватор»	Волгоградская обл., г. Ленинск	Комбикорма
ЗАО «Афины-Волга»	Волгоградская обл., г. Михайловка	Добавки кормовые, корма и комбикорма для птицы, комбикорма для свиней, добавки белково-витаминные, комбикорма гранулированные
ОАО «Серебряковский элеватор»	Волгоградская обл., г. Михайловка	Зерно обработанное, корма и комбикорма, элеваторы, зернохранилища, ХПП
ООО «Мегамикс»	г. Волгоград	Производство премиксов для карповых, лососевых, осетровых и других видов рыб
ООО «Донагропродукт»	Волгоградская обл., Иловлинский р-н, ст. Качалино	Производство комбикормов
ООО «Комбинат хлебопродуктов «Заволжье»	Волгоградская обл., Ленинский р-н	
ООО «Палласовский элеватор»	Волгоградская обл., г. Палласовка	
ООО «Паритет-Зернопродукт»	Волгоградская обл., Урюпинский р-н	Производство муки, комбикормов и подсолнечного масла
ООО «Комбикорма»	г. Волгоград	Производство комбикормов
ОАО «Саратовский комбикормовый завод»	г. Саратов	Комбикорма для всех видов сельскохозяйственных животных, птиц и рыб

Продолжение табл. 1

Наименование	Местоположение	Виды продукции
ООО «Амурагроцентр»	Амурская обл., г. Благовещенск	Производство полнорационных комбикормов и комбикорма-концентрата, а также белково-минеральных концентратов и премиксов
ООО «К-Ником»	г. Омск	Гаммарус
ООО «Аграрные технологии»	Новосибирская обл., пос. Каинская Заимка	Полнорационные корма для карповых, осетровых, лососевых, сиговых
Торгово-производственная фирма «Радуга»	Краснодарский край, ст. Северская	Гранулированные корма для осетровых, лососевых, карповых видов рыб
ООО «Новые комбинированные корма»	Краснодарский край, Тбилисский р-н, ст. Тбилисская	
ООО «Рыбколхоз им. Абрамова» / ООО «Комбикорм»	Ростовская обл., г. Семикаракорск	Рассыпные гранулированные корма для карповых видов рыб
ООО «ПРОВИМИ-Азов»	Ростовская обл., Азовский р-н, ст. Новоалександровка	Рассыпные и гранулированные и в виде крупки корма для карповых видов рыб
ИП Подопригора В.Н.	Республика Крым	Рассыпные и гранулированные корма для карповых видов рыб
ОАО «Богдановичский комбикормовый завод»	Свердловская обл., г. Богданович	Комбикорм для карповых видов рыб
ОАО «Лайский комбикормовый завод»	Свердловская обл., пос. Горноуральский	Комбикорм для карповых и осетровых рыб
ООО «Гатчинский комбикормовый завод»	Ленинградская обл., Гатчинский р-н, д. Малые Колпаны	Экструдированные производственные корма
ОАО «Гипрорыбфлот» /филиал «Гипрорыбфлот-ЭКОС»	Санкт-Петербург	Стартовые и производственные корма

Продолжение табл. 1

Наименование	Местоположение	Виды продукции
ОАО «Мелькомбинат» (завод «Aguarex»)	Тверская обл., г. Тверь	Экструдированные корма для рыбоводства – форели, осетра, карпа, сома, лосося, сига
ООО «Лимкорм»	Белгородская обл., г. Шебекино	Комбикорма «ЛимКорм» – карповые, осетровые, форелевые, сомовые
ООО «АгроВитЭкс»	Москва	Комбикорма карповые, осетровые, сомовые
ООО ТПК «Шебекинские корма»	Белгородская обл., г. Шебекино	Комбикорма карповые
ЗАО «Ассортимент АГРО»	Московская обл., Сергиево-Посадский р-н, д. Тураково	Комбикорма карповые, осетровые, форелевые, сомовые
ООО «Карельские рыбные заводы – Корма»	Республика Карелия, г. Петрозаводск	Производство экструдированных, производственных рыбных кормов для форели
ОАО «Истра- хлебопродукт»	Московская обл., Истринский р-н, п. ст. Холщевки	Комбикорма карповые
ООО «Глазовский комбикормовый завод»	Удмуртская Республика, г. Глазов	
ОАО «АГРО»	Тамбовская обл., г. Котовск	
ООО «ПРОМЕТРИКА»	г. Саратов	Разработка и производство кормов для ценных пород рыб, а также природных органических витаминно-минеральных комплексов, сорбентов для рыбоводства и животноводческого комплекса
ООО «БИФФ» в холдинге ООО «Красный Яр»	Астраханская обл., пос. Красный Яр	Рыбные корма для всех промышленных видов рыбы, птицы, КРС, свиней, кошек и собак

На многих из этих предприятий уже начат выпуск кормов для ценных видов рыбы с использованием современного оборудования, способного обеспечить их качество на уровне мировых стандартов, в том числе экструдированные.

На территории Гатчинского ККЗ работает современный завод по выпуску кормов для рыб промышленного разведения. Производство оснащено самым современным оборудованием всемирно известной датской фирмы «Andritz» и включает в себя семь специализированных линий: хранения и подачи сырья, подготовки сухих кормов, экструзии, сушки, нанесения жидких компонентов, охлаждения, пакирования и хранения.

Профессиональный подход к работе на каждой стадии производственного процесса обеспечивает получение конечного высококачественного продукта. Дробилка позволяет измельчать сырьё до фракции такой величины частиц, которая максимально подвергается обработке в экструдере и тем самым способствует улучшению качества корма (например, переваримости). Экструдер выполняет все требования по желатинизации крахмала. Время смешивания и пребывания сырья при определённой температуре и давлении является ключевым фактором для обеспечения высокого качества продукта. Высоким показателям готовой продукции способствует использование в технологическом процессе производства кормов вакуумного напылителя жиров и масел. Благодаря этому вводимые в корма жиры и масла впитываются не только по внешней поверхности кормовой гранулы, но и пропитывают её изнутри.

Весь производственный цикл автоматизирован. Контроль осуществляется посредством компьютерных программ из специального помещения завода. Кроме того, с использованием Интернета контроль за технологическим процессом осуществляется и специалистами компании «Andritz» со своего пульта управления.

Технологические режимы работы оборудования позволяют производить для заказчика корма с различными физическими характеристиками – быстро тонущие, медленно тонущие и плавающие. Установлена специализированная линия по выпуску стартовых кормов для малька и молоди рыб [10].

На заводе по производству рыбных кормов «Карельские рыбные заводы» также работает технологическая линия, созданная с участием российских и европейских специалистов, а также НИИ России и стран ближнего зарубежья. Она позволяет выпускать продукцию для различных видов рыб – водостойкие корма, быстро и медленно тонущие, которые имеют в составе сертифицированное высококачественное сырьё, производятся в виде гранул с применением технологии горячей экструзии.

Высокотехнологичное оборудование способно выпускать корма на заказ по индивидуально разработанной рецептуре из различных видов сырья с добавлением обширного перечня микрокомпонентов. Все корма проходят обязательную проверку качества. На собственных форелевых хозяйствах на Онежском озере и Сундозере проводятся тестирования при кормлении аквакультуры «форель радужная».

Готовая гранула корма содержит все необходимые рыбе питательные вещества: белки и незаменимые аминокислоты, жиры и ПНЖК, витамины, минералы и другие макро- и микронутриенты. Размер и конфигурация производимых кормовых гранул варьируются от 4 до 10 мм.

Завод по производству рыбных кормов в дальнейшем будет способен выпускать до 12 тыс. т продукции в год и сможет, по расчетам специалистов, покрыть порядка 50% рынка кормов для форели [11].

ООО «БИФФ» с 2020 г. начал производство гранулированных кормов с разумной долей экструзии кормосмеси для ценных объектов аквакультуры, карпа, птицы, КРС, свиней, кошек и собак (рис. 1).

Применяется модернизированное оборудование производства Китая и России: пресс-гранулятор ДГ-ЗВЧ, парогенератор ПАР-100м, турбоэкструдер «Экспро-М» универсальный, вакуумный напылитель собственной конструкции, узел подачи жидких продуктов собственной конструкции.

Продукция отличается высоким качеством. Экструзии и действию высоких температур, давления подвергается только крахмалсодержащее кормовое сырьё, протеиновое и витаминное сырьё проходит более мягкую обработку. Корма тонущие. Завод использует ин-

новации и новое сырье, позволяющее поддерживать быстрый рост животных и рыбы, их отличное физиологическое состояние за счет применения биофлавоноидов, иммуностимулирующих кормовых добавок, пребиотиков и пробиотиков, каротиноидов. Общий объем кормов для рыбы – 3000 т, для сельскохозяйственных животных и птицы – 5000 т. Применяются матрицы, позволяющие получить высокую степень сжатия гранулы, мелкий помол кормовых ингредиентов. Применение связующих веществ позволяет регулировать водостойкость гранул от 40 мин до 1,5 и даже 3 ч. Планируется начать производство лечебных и лечебно-профилактических кормов для рыбы. В качестве научного куратора по технологическому обеспечению выступает Астраханский государственный технический университет ФАР.



*Рис. 1. Производство кормов в Астраханской области (ООО «БИФФ»)*

## **2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ КОРМОВ**

Технологический процесс производства рассыпных комбикормов наиболее распространен в хозяйствах и реализован на большинстве комбикормовых предприятий с применением оборудования, выполняющего основные технологические операции: очистку, измельчение, дозирование, смешивание сырья.

В результате проведенных исследований доказано, что при различных технологиях тепловой обработки в результате сложных преобразований происходят повышение питательной ценности исходных компонентов комбикормов, их обеззараживание, что в конечном итоге значительно повышает и качество комбикормов. Анализ технологий тепловой обработки комбикормов показал, что наиболее перспективными в настоящее время являются гранулирование, экструдирование, экспандирование и др. [12].

В современном производстве рыбных кормов практикуются три способа изготовления: гранулирование с помощью пресса-гранулятора, экспандирование с последующим гранулированием и экструдирование. Производство рыбных кормов в настоящее время является самым высокзатратным по сравнению с производством комбикормов для других видов животных. Это объясняется тем, что к комбикормам для рыбы предъявляются повышенные требования: рыба имеет короткую пищеварительную систему, которая требует легкопереваримого корма. При оптимальном потреблении должно быть как можно меньше экскрементов, загрязняющих воду. Форма и размер корма должны соответствовать предпочтениям рыб. Необходимо производить гранулы различного диаметра в зависимости от размера рыбы, а плотность корма (способность опускаться или плавать на поверхности воды) должна соответствовать естественному способу его потребления.

Донные рыбы, например карп или тиляпия, обычно забирают корм со дна водоема. Это тепловодные рыбы, они едят в 6 раз медленнее, чем хищные, им требуется стабильность наличия корма в воде. Хищные рыбы, например лосось, форель или окунь, «ловят» медленно опускающийся в воде корм и, как правило, не берут его со

дна водоема. Креветки и другие ракообразные поедают корм только со дна пруда, поэтому гранулы должны быть стабильными в течение нескольких часов [13].

## 2.1. Гранулирование

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. Так, степень декстринизации крахмала гранулированных комбикормов превышает 40%, что позволяет снизить удельные затраты кормов в 1,3-1,5 раза, а гранулирование комбикормов при избыточном давлении пара 0,42 МПа обеспечивает уничтожение плесневых грибов на 98-99% от их первоначального содержания.

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. 2).

Различные конструкции грануляторов по принципу действия можно разделить на два основных типа: первый основан на принципе брикетирования (сжатие мучнистых комбикормов), второй – выдавливания мучнистых комбикормов через отверстия матрицы. Наибольшее распространение на практике получил второй способ, при этом конструкции грануляторов в основном базируются на использовании вертикально ориентированной кольцевой матрицы с несколькими прессующими валками (как правило, с двумя), размещенными во внутреннем ее пространстве. За рубежом встречаются грануляторы с горизонтальной плоской матрицей круглой формы. В любом слу-



чае перед прессованием мучнистый продукт обрабатывают паром, водой, мелассой, жиром или каким-либо связывающим веществом.

Гранулирование комбикормов является процессом термопластичной формовки мучнистых смесей в гранулы (преимущественно круглой формы  $\varnothing$  2,4-20 мм и длиной приблизительно 1-1,5 диаметра), в процессе которой происходит частичная варка составных частей комбикорма, которая затем ускоряет процесс пищеварения животных.

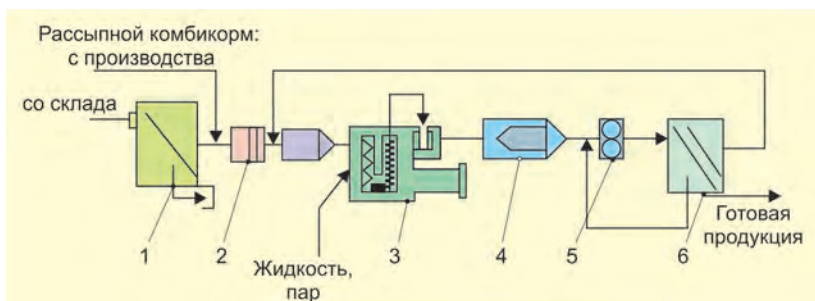


Рис. 2. Схема технологической линии гранулирования комбикормов:  
1 – машина просеивающая с одним решетом; 2 – колонка магнитная;  
3 – пресс-гранулятор; 4 – охладитель; 5 – измельчитель;  
6 – машина просеивающая с двумя решетками

Гранулирование комбикормов является процессом термопластичной формовки мучнистых смесей в гранулы (преимущественно круглой формы  $\varnothing$  2,4-20 мм и длиной приблизительно 1-1,5 диаметра), в процессе которой происходит частичная варка составных частей комбикорма, которая затем ускоряет процесс пищеварения животных. При гранулировании происходит также гидротермическая обработка, в результате чего крахмал злаковых культур и других ингредиентов частично превращается в сахар. Осахаривание повышает кормовую ценность гранулированного комбикорма. Рекомендуемые размеры отверстий матриц при гранулировании комбикормов для рыб – 3,2-7,7 мм.

Режим работы установки для гранулирования должен обеспечить получение гранул, удовлетворяющих требованиям нормативной документации. Необходимы следующие рекомендуемые параметры

гранулирования: влажность пропаренного комбикорма – 15-18%, температура пропаренного комбикорма – 60-80°C, давление пара – 0,2-0,5 МПа, расход пара – 50-80 кг/т, зазор между валками и матрицей – 0,2-0,4 мм, температура гранул на выходе из пресса – 65-95°C.

После гранулирования комбикорма увеличивается его плотность, гранулы имеют повышенную объемную массу по сравнению с рассыпным комбикормом, что способствует более эффективному использованию складских помещений и транспортных средств. Гранулы обладают хорошей сыпучестью, их удобно хранить в обычных зерновых силосах с конусами под углом 45°, из которых они свободно выходят, хорошо транспортируются механическим и пневматическим транспортом без нарушения гомогенности комбикорма, удобны для погрузки и выгрузки при доставке бестарным способом на животноводческие фермы.

Выработка гранулированных комбикормов возможна без применения пара при использовании воды, мелассы или других связующих добавок.

Комбикорма для рыбы допускается вырабатывать в виде крупки, получаемой путем измельчения гранулированного комбикорма. Крупку получают измельчением гранул  $\varnothing$  4,7-7,7 мм в валковых измельчителях, зазор между вальцами которых устанавливают для молоди рыб 0,1-0,5 мм. При правильном режиме работы установки для гранулирования выход крупки должен быть не менее 70% [12].

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.

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. При этом готовая продукция отпускается как гранулированный ком-

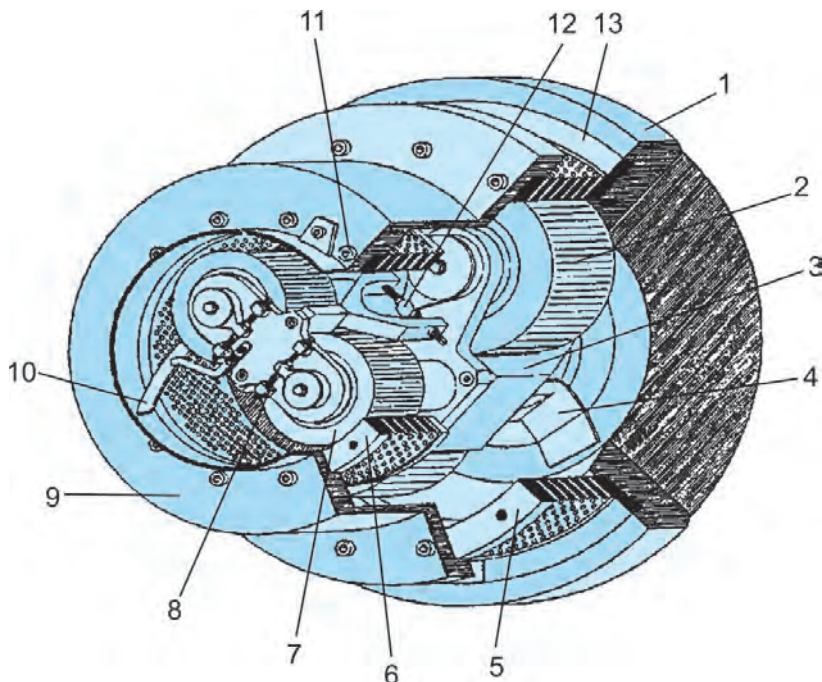
бикорм, соответствующий установленному рецепту. Видимо, такое положение, когда, с одной стороны, имеет место перерасход жидкой добавки, а с другой – упущенная выгода из-за реализации комбикорма двойного гранулирования (более высокого качества) по цене обычного гранулированного комбикорма, экономически нецелесообразно предприятиям комбикормовой промышленности.

Смесь неизмельченного зерна или отдельные зерновые компоненты, дозируемые многокомпонентными или объемными дозаторами, направляют на обработку в пресс-грануляторы, при первом проходе через которые рекомендуют устанавливать матрицы с размером отверстий не более  $\varnothing 4,7$  мм. На второй стадии гранулирования охлажденных гранул рекомендуют использовать матрицы с отверстиями  $\varnothing 3,5$  или  $4,7$  мм.

Наиболее рациональным, по мнению специалистов фирмы «Berga» (Италия), является двойное гранулирование комбикормов, выполняемое с помощью пресс-гранулятора специальной конструкции за один проход исходного материала через его рабочие органы. Для реализации этого метода фирма «Berga» разработала двойной осевой пресс-гранулятор, в камере которого размещены две матрицы с валками (рис. 3). На передней матрице (меньшего размера) происходит предварительное прессование рассыпного комбикорма, а окончательное формование гранул осуществляется на задней матрице (бóльшего размера). В результате этого гранулы получаются более твердыми и стойкими к разрушению. Кроме того, двойное гранулирование обеспечивает более глубокие преобразования питательных веществ исходного сырья в доступные для организма животного формы, за счет чего повышается питательная ценность готового продукта.

Фирма «Bühler AG» предлагает потребителям разработку для обеззараживания и гранулирования комбикормов HYSYS. Инновационными решениями данной технологии являются системы HUMIX (кондиционер, обеспечивающий интенсивное и гомогенное смешивание пара с частицами кормовой смеси); HYTHERM (зона выдержки, которая обеспечивает эффективное уничтожение патогенных микроорганизмов, ведет к повышению качества гранул и увеличению производительности пресса); HUMODE (система авто-

матического управления процессом от кондиционирования и гранулирования до охлаждения); НУРАС (современная технология гранулирования производительностью до 50 т/ч) [12].



*Рис. 3. Камера пресс-гранулятора фирмы «Berga»:  
1 – корпус матрицы; 2 – задние ролики; 3 – опора роликов;  
4 – скребок; 5 – задняя матрица;  
6 – передняя матрица; 7 – передние ролики;  
8 – регулировка передних роликов; 9 – крышка/фланец;  
10 – скребок; 11 – фиксатор передней матрицы;  
12 – регулировка задней матрицы;  
13 – стопорное кольцо матрицы*

Новые грануляторы «Bühler AG» Kubex T9 разработаны для обеспечения максимальной производительности при гранулировании комбикормов и могут обрабатывать даже трудно пресуемые материалы с высоким содержанием жира или клетчатки. Машина устанавливает новые стандарты с точки зрения эффективности и производительности: существенно более низкое энергопотребление по сравнению с обычными грануляторами, производительность до 50 т/ч, мощность двигателя 320 или 410 кВт. Благодаря чрезвычайно компактной конструкции машина занимает очень мало места, обеспечивая вдвое большую производительность при той же занимаемой площади, что и обычные грануляторы. Экономия энергии составляет 10,9% по сравнению с предыдущими моделями.

Группа компаний «ІСК Group» (Украина) выполняет комплекс инжиниринговых услуг по организации производства гранулированных продуктов (комбикорма и пеллеты); производство и поставку заводов, линий и отдельного технологического оборудования торговой марки GRANTECH для гранулирования (дробилки молотковые ГТДМР, измельчители соломы ГТИС, сушильные комплексы ГТСК, пресс-грануляторы ГТ, охладители ГТО, просеиватели ГТП, измельчители кормов ГТИ); поставку необходимых запасных частей, в частности, матриц, роликов, обечаек роликов для любых типов прессов с кольцевой матрицей; шеф-монтажные и пусконаладочные работы; гарантийное и сервисное обслуживание; обучение персонала.

В России разработкой, изготовлением и поставкой грануляторов заняты ООО «ДозаАгро» (г. Нижний Новгород), ООО НПП «Экспро» (Белгородская обл.), ЗАО «Жаско» (г. Волгоград), ОАО «Продмаш» (г. Ростов-на-Дону), НПП «А-Инжиниринг» (г. Новосибирск), ОАО «АгроПоставка» (г. Нижний Новгород) и др.

В табл. 2 представлены сведения о современных грануляторах для производства кормов, в том числе для объектов аквакультуры.

## Современное оборудование для гранулирования кормов [14-28]

Марка машины	Производитель- ность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Изготовитель, поставщик
Пресс-грануляторы серии:					ООО «ДозаАгро» (г. Нижний Новгород)
ДГ-Н/2	3,6-20	47,25-233,2	-	-	
ДГ-Н	3,6-20	47,25-233,2	-	-	
ДГ-В	0,8-6	15,75-73,95	-	-	
ДГ-Н mini	100-800*	2,2-22	-	-	
Гранулятор ГШ-01	1,0	55	1740×2065×1350	1860	ООО НПП «Экспро» (Белгородская обл.)
Гранулятор ГШ-02	1,5	90	1960×2065×1350	1820	
Гранулятор-кубер ГК-150М	150*	2,2	900×740×1400	170	ЗАО «Жаско» (г. Волгоград)
Установка для гранулирования комбикормов:					ООО «Ростпродмаш» (г. Ростов-на-Дону)
Б6-ДГВ	8-11	144-154	-	8760	
Б6-ДГН	2-4	70	-	5130	
Пресс-гранулятор Б6-ДГ ВА/1К	18-25	279	69757×2900×3790	13380	
Гранулятор РГ-1500	0,5-1,5	-	-	-	НПП «А-Инжиниринг» (г. Новосибирск)

Пресс-грануляторы серии: КМРМ	0,5-15	22-55	-	720-3500	ОАО «АгроПоставка» (г. Нижний Новгород)				
						Мини-грануляторы	1-16	37-60	1500-3900
							1,5-3	55-75	-
							0,05-0,93	3-30	80-550
Гранулятор: PVR-40	-	22-30	-	1180	«Rosal S.A.» (Испания)				
PVR-100	-	55-75	-	2850					
PVR-150	-	90-100	-	4440					
Грануляторы серий 3000	-	150-200	-	-	«California Pellet Mill Co.» (США)				
Пресс-грануляторы Münch	0,05-4,5	17-132	-	780-5500	«Münch-Edelstahl GmbH» (Италия)				
Грануляторы Van Aarsen С и СУ	До 60	-	-	-	«Van Aarsen- International B. V.» (Нидерланды)				
Грануляторы Andritz Feed Max серии G	-	-	-	-	Группа компаний «Andritz» (штаб- квартира в Австрии), отдел кормов и биотоплива «Andritz Feed and Biofuel» (Дания)				

Марка машины	Производитель- ность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Изготовитель, поставщик
Система гранулирования HUSYS	До 50	-	-	-	«Bühler AG» (Швейцария)
Пресс-грануляторы					
Kubex™ T	До 80	До 585	-	-	
Kubex™ T9	До 50	До 410	-	-	
Kubex™ P	10-50	До 280	-	-	
Пресс-гранулятор:					«ISK Group» (г. Киев)
ГТ-304К	-	30-55	1650×1675×1690	1800	
ГТ-420К	-	90	2400×2100×2400	3800	
ГТ-500К	-	110	2400×2100×2670	4800	
ГТ-520К	-	160	2810×2350×2410	5800	
ГТ-630К	-	200	3260×2600×2735	8000	
ГТ-800К	-	250	3650×2800×3130	11000	
Мини-завод SKZH	0,5-4	111-185	15000×8000×12000	-	«Zheng Chang» (Китай)
Пресс-гранулятор FEEDTECH	2,5-5	-	-	-	«FEEDTECH» (Турция)

\*Производительность, кг/ч.



## 2.2. Экспандирование

Процесс экспандирования, который известен также под названием High-Temperature-Short-TimeConditionierung (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 регулирующую кольцевую щель (рис. 4).

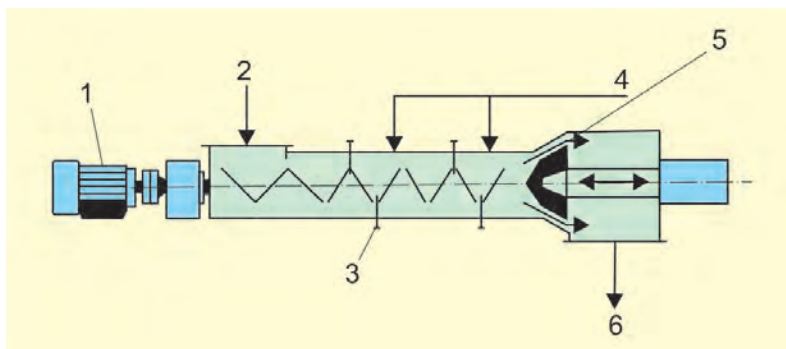


Рис. 4. Схема экспандера: 1 – привод; 2 – ввод исходного продукта;  
3 – стопорные болты; 4 – ввод пара и жидких добавок;  
5 – регулируемая кольцевая щель; 6 – вывод продукта

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.

Обработка корма в экспандере по сравнению с другими методами проводится при более высокой его влажности. Ряд зарубежных фирм рекомендует экспандировать корм влажностью до 26%. Оптимальная рабочая температура при приготовлении комбикормов для птицы и свиней – 105-110°C, максимальное давление 8 МПа. На выходе из экспандера готовый продукт переходит из зоны высокого в область низкого (атмосферного) давления, в результате чего происходят более глубокая деструкция крахмала, увеличение объема массы, испарение части влаги и снижение температуры продукта до 90°C. Если экспандат не подвергается дальнейшей обработке, то для обеспечения длительного хранения его необходимо охладить и подсушить.

В зависимости от рецептуры, рабочих температуры и давления готовый продукт получают в виде теста, толстых хлопьев или комков. Размер частиц готового продукта можно менять с помощью обрезного устройства, расположенного на выходе – за кольцевой щелью. За счет изменения режимов обработки можно получать готовый продукт различной плотности: плавающий, медленно тонущий и плотностью более 1 т/м<sup>3</sup>.

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.

Взаимодействие экспандера с гранулятором (рис. 5) способствует значительному увеличению производительности последнего (до 30%), так как в этом случае пресс осуществляет только формование гранул. При этом появляется возможность уменьшения толщины матрицы. Кроме того, такое взаимодействие позволяет использовать кормовое сырье с высоким содержанием клетчатки, а также значительно увеличить количество вводимых жидких добавок.

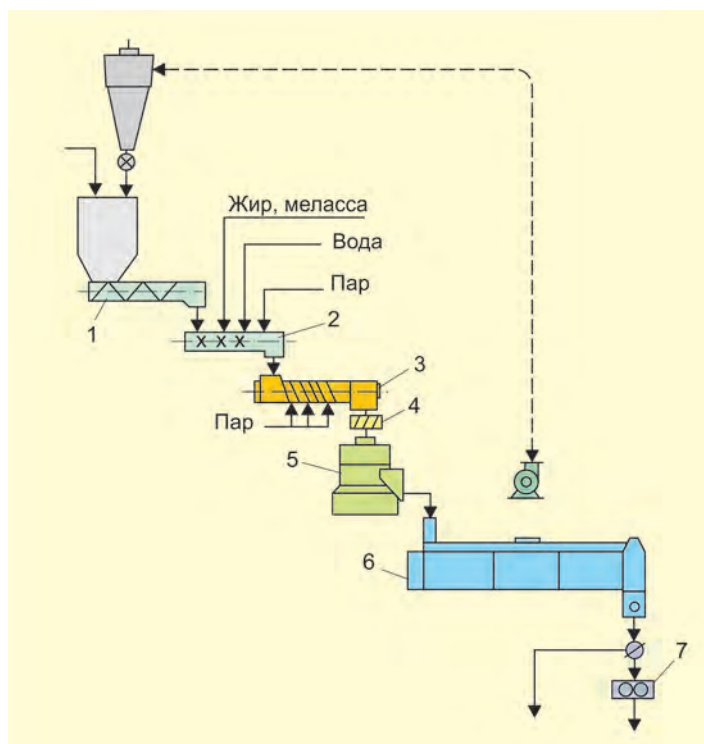


Рис. 5. Схема технологической линии экспандирования кормов с пресс-гранулятором: 1 – шнековый питатель; 2 – смеситель; 3 – экспандер; 4, 7 – измельчители; 5 – пресс-гранулятор; 6 – охладитель

Отказаться от использования в технологической линии пресс-гранулятора (рис. 6) можно при экспандировании кормового сырья с

большим содержанием крахмала. Модифицированный крахмал формирует частицу, в которой все ценные компоненты, прежде всего протеин и микроэлементы, тесно связаны друг с другом. В этом случае себестоимость получаемого комбикорма значительно ниже, так как уменьшаются размеры необходимых капиталовложений и расходы на эксплуатацию оборудования.

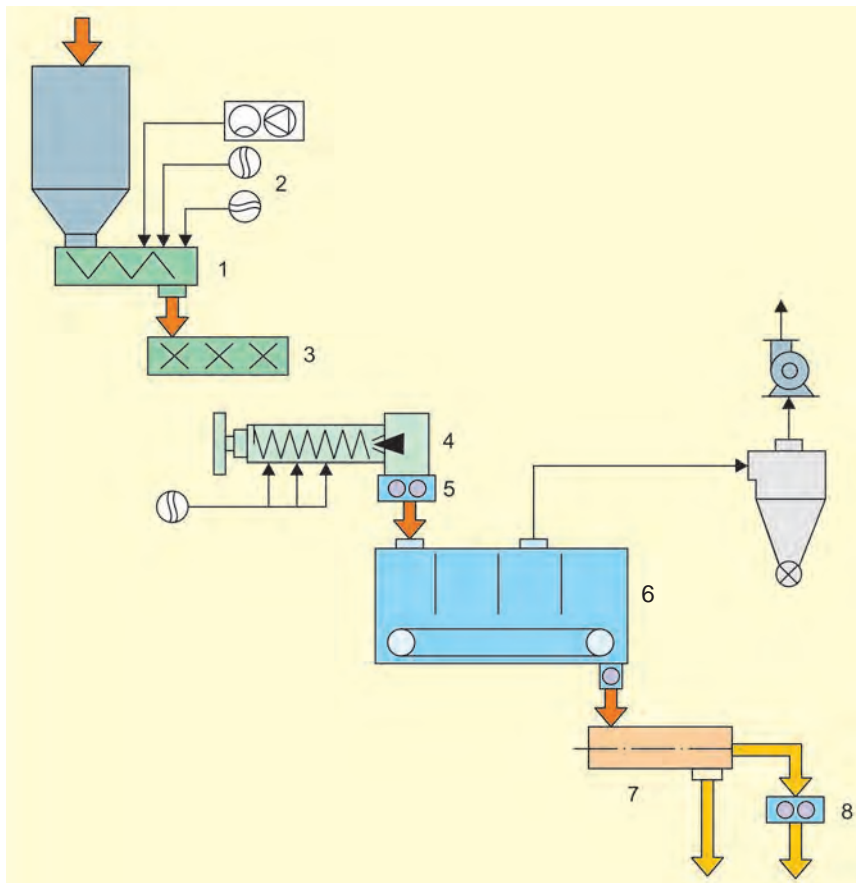


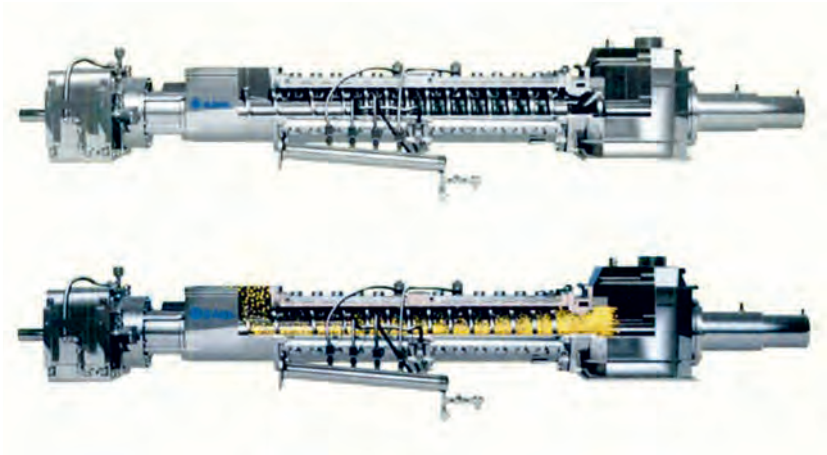
Рис. 6. Схема технологической линии экспандирования кормов без гранулирования готового продукта: 1 – шнековый питатель; 2 – система дозирования жидких добавок и пара; 3 – смеситель; 4 – экспандер; 5, 8 – измельчители; 6 – ленточный охладитель; 7 – просеиватель

Для охлаждения экспандата используется охладитель специальной конструкции. Это вызвано тем, что удельная поверхность экспандата ( $3250 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) в несколько раз превышает аналогичный показатель гранулированного комбикорма ( $450 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ) и поэтому требуются другие параметры охлаждения. Для равномерного охлаждения готового продукта и предотвращения каналообразования в слое материала его высота уменьшена и сокращено время пребывания экспандата в охладителе по сравнению с гранулированным комбикормом.

Потери корма после его обработки сведены к минимуму, так как частицы готового продукта, выносимые воздушным потоком во время сушки, с помощью циклона со шлюзовым затвором возвращаются в приемный бункер технологической линии [12].

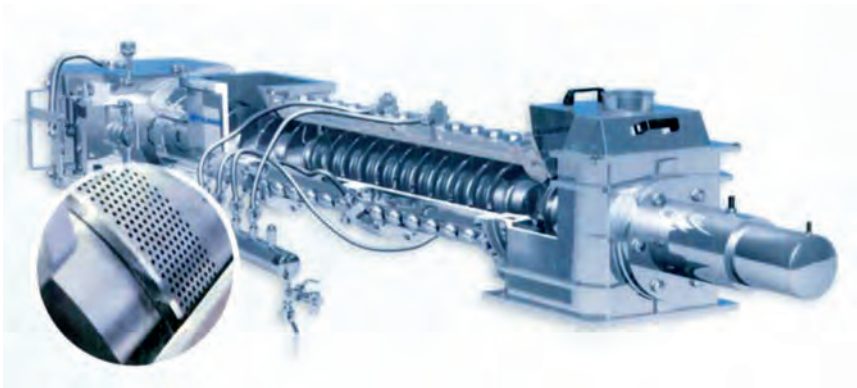
Впервые экспандер для промышленного производства комбикормов был разработан в 1989 г. фирмой «Amandus Kahl», а в настоящее время уже во многих странах мира ведущие производители оборудования для приготовления комбикормов освоили выпуск экспандеров. Фирмой «Amandus Kahl» выпускаются экспандеры с кольцевым зазором и насадкой в виде короны.

Экспандер с кольцевым зазором (рис. 7) представляет собой толстостенную смесительную трубу со сменными изнашивающимися вставками, с одной стороны которой расположен вал на подшипниковой опоре, оснащенный дозирующими и смесительными элементами. Конус, регулируемый с помощью гидравлики, вместе с концевым элементом трубы образует кольцевой зазор, официально зарегистрированный и запатентованный фирмой. Изменяя положение конуса в процессе работы, можно в непрерывном режиме и без задержки регулировать и программировать давление, интенсивность перемешивания, нагрев продукта и потребление энергии. Максимальное давление составляет приблизительно 40 бар, рабочая температура на выходе из экспандера 9-140°C. Давление на выходе резко падает, вследствие чего материал расширяется и увеличивается в объеме, а часть добавленной воды испаряется (эффект мгновенного испарения). В связи с этим дополнительная сушка не требуется. Размер частиц экспандата можно задавать с помощью измельчительного устройства, которое работает на одной линии в экспандатом. Производительность данных экспандеров 2-60 т/ч.



*Рис.7. Экспандер Kahl с кольцевым зазором*

Современный экспандер Kahl с насадкой в виде короны (рис. 8 и 9) осуществляет экспандирование с дополнительным приданием формы [29].



*Рис. 8. Экспандер Kahl с насадкой в виде короны*

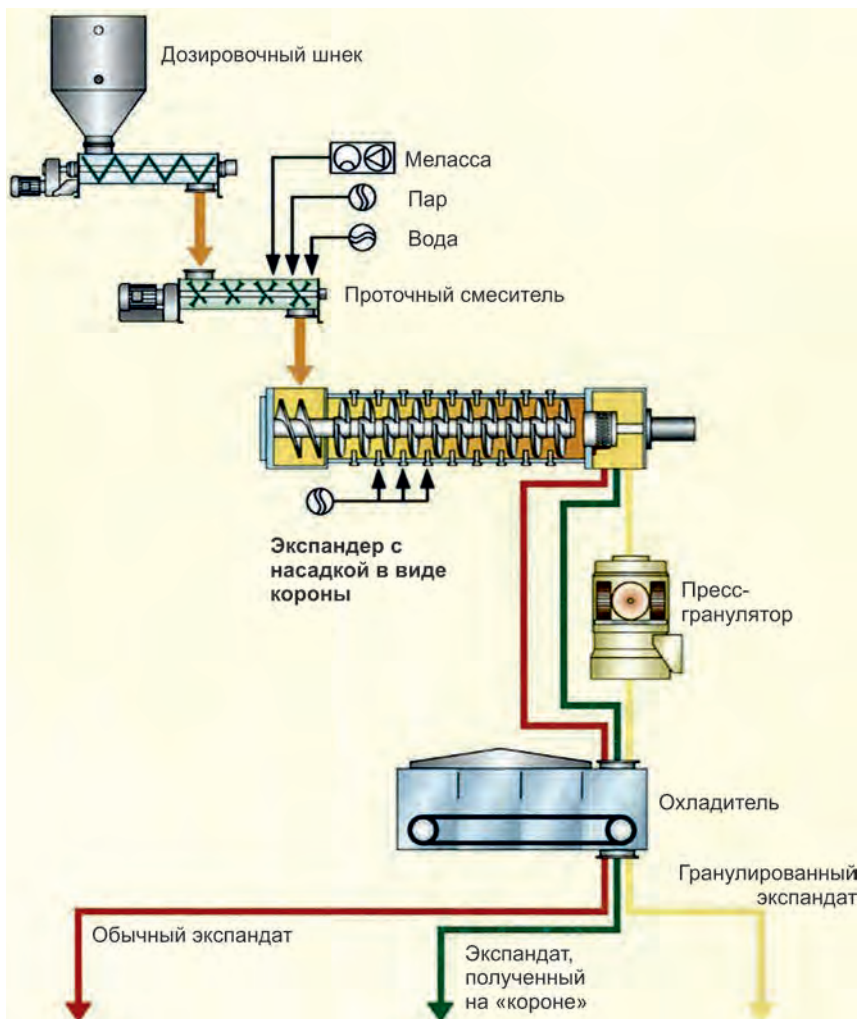


Рис. 9. Технологическая схема процесса экспандирования

Основные особенности данного оборудования: легкая переработка комбикормовых смесей, в том числе смесей, тяжело поддающихся обработке или гранулированию; заметное улучшение гибкости процессов при экспандировании (SME-управление с гидравлически регулируемым конусом); грубые частицы остаются без изменения в

отличие от обычного гранулирования; возможна очень высокая степень декстринизации крахмала; низкий расход энергии и высокая производительность; различный диаметр гранул; производство гранул для всех видов животных.

### 2.3. Экструдирование

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.

Практика показывает, что экструдирование практически полностью обеззараживает продукт от грибной и бактериальной микрофлоры, а слаботоксичное сырье делает нетоксичным. Так, специалистами Воронежского государственного аграрного университета им. К.Д. Глинки установлено, что экструдирование сои и гороха снижает общую бактериальную обсемененность на 67,2-100%, кишечная палочка при этом инактивируется полностью.

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). В «сухих» экструдерах процесс осуществляется только за счет трения, без применения пара и воды. Эти экструдеры имеют невысокую производительность и ограниченную область применения, обычно они используются в фермерских хозяйствах для обработки зерна или сои. Преимущество



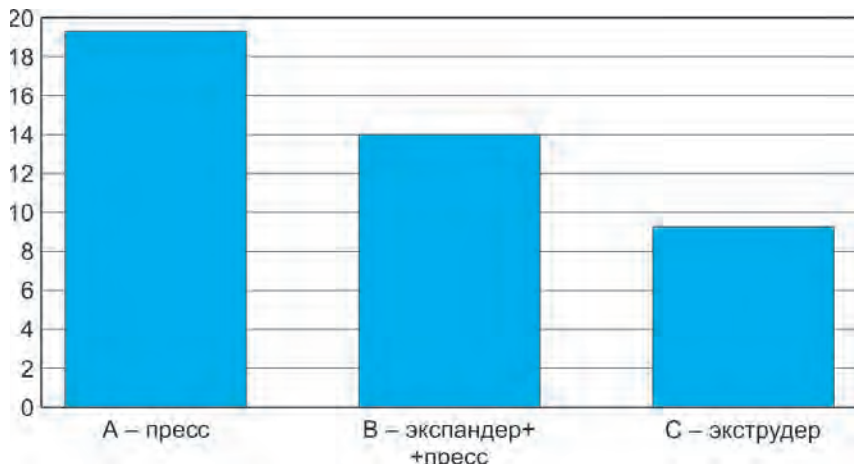
их состоит в том, что они могут использоваться практически в любых условиях, необходимо лишь наличие энергии для привода. Не требуется также сушить готовый экструдат, достаточно только охладить его до обычной температуры. Эти установки имеют невысокую стоимость и достаточно просты в эксплуатации.

Измельченное зерновое сырье влажностью 12-16% поступает в «сухой» экструдер, где под действием высокого давления (2,8-3,8 МПа) и трения зерновая масса разогревается до 120-150°C. Затем вследствие быстрого перемещения ее из зоны высокого давления в зону атмосферного происходит так называемый «взрыв», в результате чего гомогенная масса вспучивается и образует продукт микропористой структуры [12].

В процессе работы кормового экструдера отрицательные эффекты термообработки сведены до минимума: процесс сухой экструзии занимает менее 30 с. За это время сырье стерилизуется и обеззараживается (болезнетворные микроорганизмы, грибки, плесень полностью уничтожаются), увеличивается в объеме (вследствие разрыва молекулярных цепочек крахмала и стенок клеток при выходе из экструдера), что повышает усвояемость корма; гомогенизируется (процессы измельчения и перемешивания сырья в стволе экструдера продолжают, продукт становится полностью однородным); стабилизируется (нейтрализуется действие ферментов, вызывающих прогоркание продукта, таких как липаза и липоксигеназа, инактивируются антипитательные вещества, токсины); снижается влажность и повышается питательная ценность сырья [30].

Скорость опускания гранул для лосося, форели должна быть как можно ниже, чтобы оставалось достаточно времени для поедания. Сравнение различных способов изготовления показывает, что экструдированный корм в 2 раза медленнее опускается по сравнению с гранулированным (рис. 10).

Выпуск продукта с плотностью, приспособленной к способу поедания корма рыбами, является предпосылкой их успешного выращивания. При этом возникает меньше потерь из-за более низкого загрязнения воды, так как сокращается количество несъеденного корма и мелких частиц [13].



*Рис. 10. Скорость погружения кормовых гранул, см/с*

Экструдированию можно подвергать практически любые органические материалы индивидуально или в различных композициях. Однако ввод жирового компонента не должен быть выше 4,5%, в противном случае существенно затрудняется вспучивание продукта. Можно вводить также различные биологически активные вещества, например витамины, но лучше в микрокапсулированном виде.

При использовании экструдера изготовитель кормов получает возможность за счет выбора подходящей температуры обработки влиять на плотность продукта. Кроме этого, благодаря декстринизации крахмала и других структурных изменений продукта улучшается усвоение компонентов корма и повышаются его питательно-физиологические свойства.

В табл. 3 показана питательная ценность экструдированных кормов для объектов аквакультуры [4].

Как правило, гранулированные корма несколько дешевле экструдированных, однако у последних есть ряд преимуществ.

**Основные показатели питательности экструдированных комбикормов для ценных объектов аквакультуры**

Показатели	Живая масса объекта	
	до 5 г	свыше 5 г
Массовая доля, %:		
сырого протеина	38-60	38-55
жира	7-15	8-30
лизина	1,2	0,9
метионина	1,5	1,5

Частицы экструдированных кормов более прочны, поэтому их крошимость и отсеб составляют менее 1%, а гранулированных кормов – 5-8%. Таким образом, при использовании экструдированных кормов количество пыли, попадающей в воду при кормлении рыбы, уменьшается на 75% и снижается загрязнение воды. Кроме того, экструдированные корма не размокают в течение 24 ч пребывания в воде. Водостойкость гранулированных кормов не превышает 4 ч. Также специалисты отмечают, что корма в экструдированном виде более эффективно усваиваются рыбой, при их использовании можно получить низкие кормовые коэффициенты. Например, при выращивании радужной форели на экструдированных кормах можно получить кормовые коэффициенты в пределах 0,6-0,8, тогда как на гранулированных нижний предел кормовых коэффициентов составляет 1,2-1,4 [4].

Для подтверждения того, что экструзия вызывает глубокие структурные изменения биополимеров кормов, был проведен эксперимент: в условиях *in vitro* выполнено сравнение динамики гидролиза белков и углеводов экструдированных и нативных (сырых) компонентов кормов при контакте с ферментами форели. Во Всероссийском научно-исследовательском институте пресноводного рыбного хозяйства также проведен эксперимент, в ходе которого оценивали рыбоводно-биологическую эффективность экструдированных и гранулированных комбикормов. В результате сравнительных рыбоводных испытаний, проведенных в проточных бетонированных бассей-

нах, получены данные о существенном влиянии процесса экструзии на биологическую эффективность кормов для форели. За 78-дневный период выращивания годовиков форели лучшие рыбоводные показатели отмечены в варианте, где рыбы получали экструдированный корм. Относительный прирост составил 83,2 % при кормовом коэффициенте 1,31. Важно отметить, что гранулированный корм того же рецепта показал самый низкий уровень прироста – 36,8 % и самый высокий кормовой коэффициент – 2,84. При этом гранулированный корм того же компонентного состава (РФ-1Г) оказался практически непригодным для выращивания форели – темп роста рыб был более чем 2 раза ниже, а кормовой коэффициент – более чем 2 раза выше, чем у рыб, содержащихся на экструдированном корме. Данный гранулированный корм имел низшие показатели перевариваемости по всем группам питательных веществ и энергии [32].

На российском рынке в настоящее время представлена достаточно широкая гамма экструдеров как отечественного, так и зарубежного производства (табл. 4).

Зарубежными компаниями разработан целый ряд технологий и оборудования для производства кормов для аквакультуры, учитывающих их специфику. Представляет интерес технология фирмы «Amandus Kahl Gmb H&Co. KG» (Германия), ключевым элементом которой является *система экструзии с экструдером OEE* и системой управления процессом ESEP. В процессе производства сырье проходит стадии взвешивания, тонкого помола, смешивания, экструзии, сушки, нанесения на готовый продукт масел, жиров и микрокомпонентов под вакуумом (так называемое обмасливание), охлаждения и упаковки (рис. 11).

**Техническая характеристика экстракторов, представленных  
на российском рынке [15, 18, 19, 30, 33-45]**

Наименование	Производитель- ность, т/ч	Установленная мощность, кВт/ч	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Изготовитель
1	2	3	4	5	6
<b>Пресс-экстрактор:</b>					<b>ЗАО «Жаско» (г. Волгоград)</b>
ПЭ-110	0,8-0,13	11,12	825×665×1545	250	
ПЭ-180	0,15-0,2	18,62	928×665×1545	390	
ПЭ-300У	0,27-0,35	31,1	1510×1530×1500	720	
ПЭ-370У	0,35-0,45	38,1	1510×1530×1500	740	
ПЭ-550У	0,45-0,65	57,22	2010×2610×1760	1510	
ПЭ-750, 750У, 750С	0,65-0,85	78	1780×2250×1780	1560	
ПЭ-900, 900У, 900С	0,9-1,3	92,6	1780×2320×1800	2140	
ПЭ-1100, 1100У, 1100С	1,2-1,5	113,3	1780×2320×1800	2250	
ПЭ-900УК, -900 СК	1,3-1,8	97	1820×3550×2210	2500	
ПЭ-1100УК,-1100СК	1,5-2,1	117	1820×3550×2210	2600	
<b>Экстракторы ЭТР марки:</b>					<b>НПО «Агро- стимул» (г. Киров)</b>
КО	0,1-0,8	12,65-78	-	-	
КФСО	0,15-0,7	20,5-78	-	-	
<b>Турбоэкстрактор:</b>					<b>ООО НПП «Экспро» (Белгородская обл.)</b>
Экспро-01	0,5-0,7	55	2100×2065×1350	1900	

1	2	3	4	5	6
Экспро-02	0,8-1,0	90	2180×2065×1350	2100	
Экспро-02У	1,1	90	2400×2065×1350	2200	
Экспро-02У БИО	0,8-1,2	90	2400×2065×1750	2100	
Экспро-03 с измельчителем	1,2	90	2180×2065×1750	2100	
Экспро-04	1,4	132	2180×2065×1350	2100	
Пресс-экструдер: ПЭ-КМЗ-2У	До 0,65	55	1630×1500×1500	1065	ООО «АгроПром» (г. Самара)
ПЭ-ПЭМ-2У	До 1,2	75	-	1050	
Экструдер Э1-5	0,4	75	2700×1800×1800	1400	ООО «Продсельмаш» (г. Новосибирск)
Экструдерная установка ДРОЭ-1	1,0	113,25	3600×2075×2400	2500	АО «НПЦ «ВНИИКП» (г. Воронеж)
Паровой экструдер (БГТО)	1,8	4	1800×1050×2900	750	НПКФ «АДМ», завод «Деметра» (Московская обл.)
Экструдер серии ПЭ	0,11-1,25	11,55-112,65	-	360- 2250	Компания «АгроПоставка» (г. Нижний Новгород)
Экструдеры серии Экспро-М	0,08-1,4	11,25-110,75	-	-	ООО «Экспро М», (Белгородская обл.)

Экструдеры серии ES	0,025-1,4	3,5-113,2	-	-	НПП «А-Инжиниринг» (г. Новосибирск)
Экструдер:					
EM-100	0,09-0,15	11	760×660×1150	210	Компания
EM-500	0,45-0,5	55	1850×1550×1910	1400	«Прогресс» (Белгородская обл.)
EM-1250	1,1-1,25	90	2000×1670×1920	2000	
E-150	До 0,15	19	1700×750×2000	700	«Bronto» (Украина)
E-250	До 0,25	39	2000×1970×1650	1000	
E-500	До 0,5	57	2300×2100×1700	1800	
E-1000	До 1	92	1800×2600×1900	2500	
E-1500	До 1,5	103	2400×2400×2850	4000	
E-1700	До 1,7	97	3125×1769×2379	3200	
серии 9000	3,4-3,6	-	-	-	«Insta-Pro International» (США)
серии 2000	0,58-1,7	-	-	-	
серии 600	0,27-0,36	-	-	-	
серии MS 3000	0,68-1,0	-	-	-	
серии EX	1-20	-	-	-	Группа компаний «Andritz» (штаб-квартира в Австрии), отдел кормов и биотоплива «Andritz Feed and Biofuel» (Дания)

1	2	3	4	5	6
FE 100	2,2-4,8*	15	-	-	«Fargmeta.s.» (Чехия)
FE 250	5,4-8,4*	22	-	-	
FE 500	10,8-16,8*	55	-	-	
FE 1000	22-33,6*	110	-	-	
FE 4000	80-170*	250-400	-	-	
Системы двухшнековой экструзии	До 34	-	-	-	«Clextral» (Франция)
Экструдеры серии AL	0,5-9,0	-	-	-	«Oteuanger Milling Engineers» (Голландия)
Экструдер: X125	1-1,8	90	-	-	«Setrem» (Франция)
Y200	3,8-5	160	-	-	
OEE 25 NG	До 10	До 450	-	-	«Amandus Kahl GmbH & Co. KG.» (Германия)

\*Производительность в сутки, т.



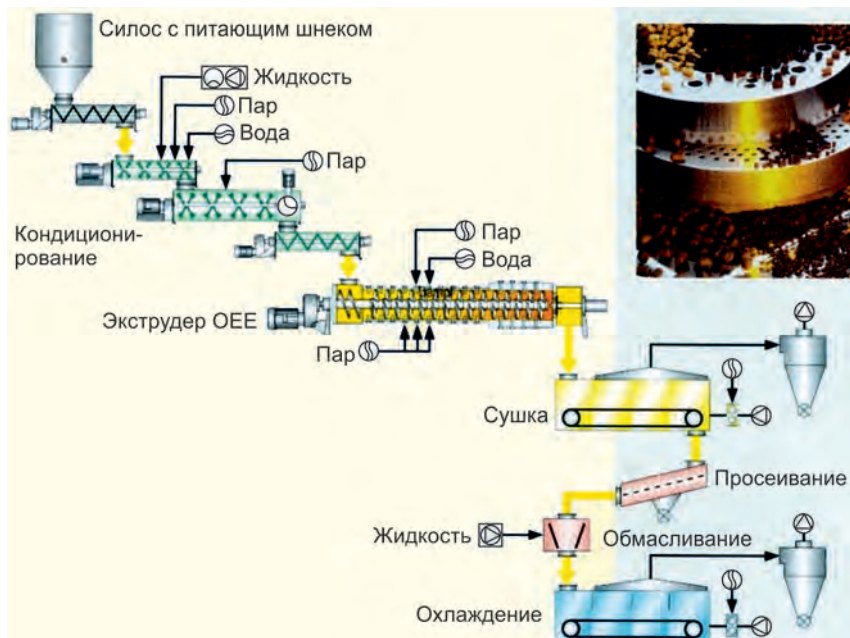


Рис. 11. Технологическая схема производства экструдированных рыбных кормов фирмы «Amandus Kahl GmbH & Co. KG.»(Германия)

Исполнение экструдера с гидравлически выдвигаемой матрицей предотвращает возникновение затора продукта, вместе с кондиционером для выдерживания продукта возможны пуск и выключение экструдера почти без отходов. Ленточная сушилка оснащена регулировкой высоты слоя насыпи и времени пребывания в сушилке, осуществляет бережную сушку с регулировкой параметров процесса в зависимости от размера гранул.

Особенностями технологии являются также наличие системы нанесения на готовый продукт масел, жиров и микрокомпонентов под вакуумом; ленточного охладителя с варьруемой высотой насыпи и кондиционером для выдерживания продукта; вальцевого станка для получения крошки для стартовых кормов. Декстринизация крахмала при данной технологии от 80 до 90% по методу амилоглюкозидазы (AMG).

Данная технология обеспечивает производство плавающих гранул для тилапии, карпа, зубатки; медленно тонущих гранул для форели, лосося, окуня с содержанием жира до 30%; стабильные к воде гранулы для креветок и других ракообразных. Диаметр производимых гранул от 2 до 12 мм. Предусмотрена возможность производства стартового корма для рыб в виде крупки с размером частиц от 0,1 до 2 мм [46-47].

Компания «Andritz Feed and Biofuel» (Дания) предлагает *уникальные высокопроизводительные экструзионные линии* для производства всех видов кормов для рыбы и моллюсков. *Экструдеры серии EX* используются для получения самых разнообразных водных кормов: быстро тонущих, медленно тонущих, плавающих, с высоким или низким содержанием масла (производительность до 20 т/ч) (рис. 12).



*Рис. 12. Экструдер EX 1021 компании «Andritz Feed and Biofuel»*

Запатентованная компанией система ECS контролирует точность и эффективность скорости погружения независимо от состава, качества сырья и навыков оператора, плотность экструдатов снаружи от экструдера; система Flextex – варку крахмала в процессе экструзии. Требуемая плотность продукта поддерживается посредством оперативного контроля удельной механической энергии [45].

*Двухшнековые экструдеры компании «Clextral» (Франция) также четко контролируют плотность пеллет для соблюдения специальных свойств продукта, таких как погружение или нахождение на плаву (рис. 13). Системы Clextral производят корма для морских и пресноводных видов рыбы, а также для донных и океанических объектов: лососевых, палтуса, трески, камбалы, ставриды, сибаса, морского леща, форели, тилапии, декоративных видов, креветок, морских ушек и др. Производители могут создавать широкий ассортимент продукции, адаптированной к пищевым потребностям каждого вида рыбы с безупречно калиброванными размерами от 0,5 до 30 мм (рис. 14). Диапазон производительности оборудования от 25 до 34000 кг/ч. Технология также соответствует самым строгим требованиям по охране окружающей среды и сохранению качества воды [43].*



*Рис. 13. Двухшнековые экструдеры компании «Clextral» (Франция)*



*Рис. 14. Варианты экструдированного корма*

Для производства таких продуктов, как корм для рыб, разработан *экструдер MS 3000* компании «Insta-Pro International» (США) (рис. 15), который в сочетании с правильным пре кондиционированием обеспечивает режим потока внутри ствола, что улучшает конечную форму продукта. Отличается повышенной производительностью, широким ассортиментом гранул, форм и размеров. Производительность при производстве корма для рыб – 681-1000 кг/ч [40].



*Рис. 15. Экструдер Insta-ProMS 3000*

Среди российских разработок можно выделить *кормовые экструдеры ПЭ* (изготовитель – ЗАО «Жаско»), предназначенные для производства высокоэффективного экструдированного корма: из зерновых культур (пшеница, ячмень, кукуруза и др.), бобовых и масличных культур (соя, люпин, горох и др.), различных зерносмесей,

в том числе из смеси зерновых культур и соломы (камыш), отходов переработки мяса, птицы и рыбы в смеси с растительным наполнителем, влажного залежалого зерна (рис. 16), производительность которых составляет от 100 до 1700 кг/ч.

Компания включена в федеральный список импортозамещающих производств, сформированный Министерством промышленности и торговли Российской Федерации [30, 49].

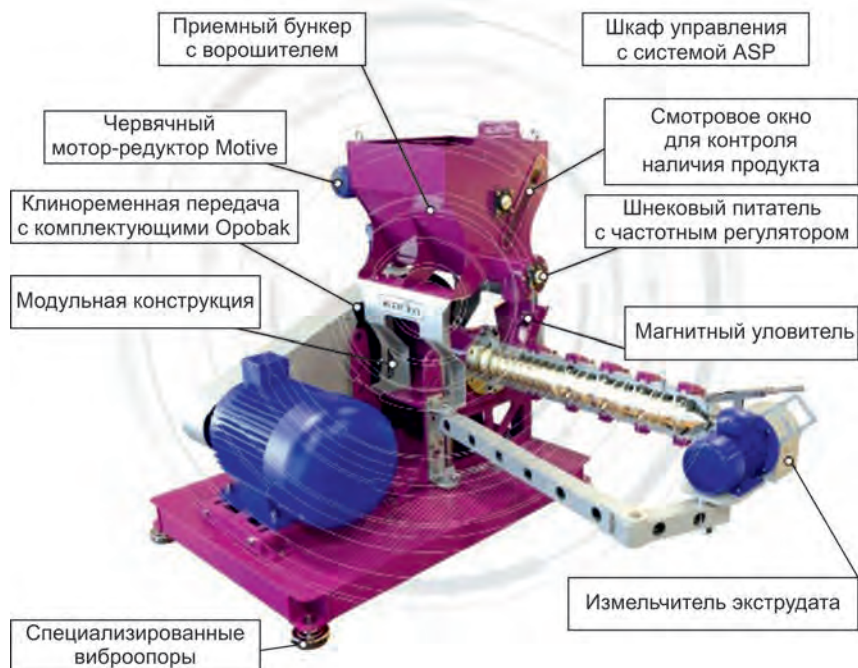


Рис. 16. Кормовой экструдер ПЭ (ЗАО «Жаско»)

Турбоэкструдеры ООО НПП «Экспро» работают по технологии «сухой» экструзии и предназначены для переработки различных зерновых культур, кукурузы, гороха, сои, пшеницы, зерносмесей, биоотходов (отходы животного происхождения) и др. Выпускаются четыре типа экструдеров различной мощности (от 56,7 до 132 кВт) и производительности (от 500 до 1600 кг/ч), охладители, а также линии

экструдирования и гранулирования различной комплектации. Новая установка ТЭ-ГШ, разработанная компанией ООО НПП «Экспро», объединяет в себе возможности как экструдера, так и гранулятора. За базу взят экструдер, в котором предусмотрена техническая возможность переоснастить его в гранулятор. Потребитель имеет возможность производить как экструдированные, так и гранулированные продукты и таким образом расширить ассортимент выпускаемой продукции на базе одной единицы оборудования [15].

*Зерновые экструдеры ЭТР марки КО* (изготовитель – НПО «Агро-стимул», г. Киров) предназначены для производства экструдированных кормов из зерна и зерносмеси (в том числе перерабатывают залежалое плесневелое зерно), а также для переработки ржи, сои, жмыха и шрота таких культур, как подсолнечник, рапс, соя. Компанией разработана специальная линия для производства рыбных кормов. Линия производит тонущий корм для рыб, обогащенный белками, жирами, витаминами и другими полезными веществами. Сырье: рыбная и мясокостная мука, соевый шрот, глютен, жир, пшеница или рожь, специальные добавки. Производительность линии до 500 кг/ч [49, 50].

НПП «А-Инжиниринг» (г. Новосибирск) поставлена линия для производства экструдированных кормов для рыбы в Республику Узбекистан (г. Карши) производительностью 2200 кг/ч. Диапазон производительности подобных линий 0,5-4 т/ч, диаметр гранул 2,5-10 мм (рис. 17) [48].

АО «Научно-производственный центр «ВНИИ комбикормовой промышленности» (АО «НПЦ «ВНИИКП») разработан *комплект оборудования для производства высокоэффективных кормов для ценных пород рыб производительностью 1 т/ч*. Применяется в рыболовческих хозяйствах для приготовления полнорационных кормов на основе использования высокобелкового зернобобового сырья (рапс, соя, горох, кукуруза), на комбикормовых предприятиях – для подготовки зернобобовых и масличных культур, а также зерна злаковых культур при производстве стартерных комбикормов. Комплект обеспечивает дозирование, измельчение, экструдирование комбикорма и охлаждение экструдата. В комплект входит экструдерная установка ДРОЭ-1 с диаметром отверстий матриц 1,5-8 мм [35].

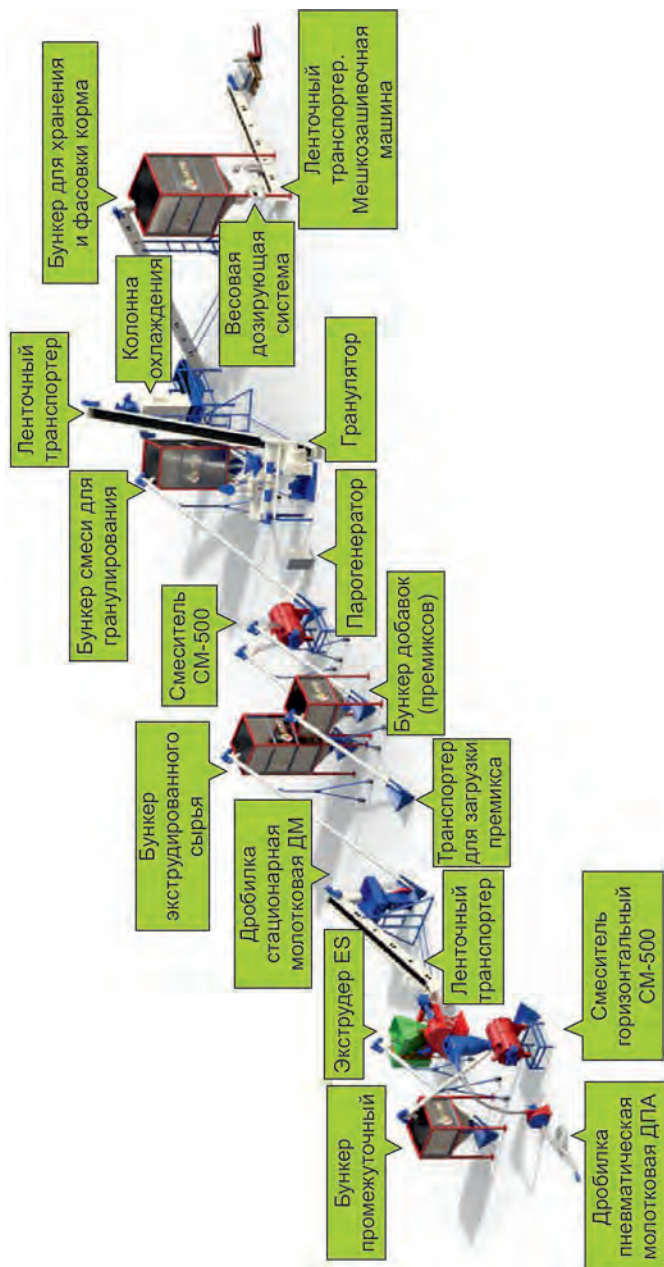


Рис. 17. Линия производства полнорационного экструдированного комбикорма в гранулах с фасовкой

За рубежом с использованием *технологии микрогранулирования или микроэкструдирования* производят комбикорма для мальков рыб. При этом получают маленькие гранулы размером 1 и 1,5 мм, которые содержат высококачественную рыбную муку и рыбий жир. Для повышения естественного сопротивления рыбы болезням в такие корма добавляют иммуностимулятор (β-глюканы). Микрогранулы плохо растворяются в воде, что обеспечивает ее минимальное загрязнение. Высокий уровень протеина способствует низкому кормовому коэффициенту и быстрому росту мальков. Технология микрогранулирования и микроэкструдирования позаимствована в фармацевтической промышленности, и в настоящее время ведущие производители комбикормов для рыбы широко ее используют. Однако в России отсутствует оборудование, на котором можно производить подобные корма, а технология производства на данный момент – это ноу-хау компаний, публикации по данной тематике в открытом доступе практически отсутствуют. Поэтому необходимы изучение опыта и разработка собственного оборудования и технологии производства микрогранул комбикорма для мальков [51].



### **3. НОВЫЕ КОРМОВЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ В СОСТАВЕ РЕЦЕПТУР КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ**

В питании рыб насчитывается более сотни видов кормов и кормовых добавок, изготавливаемых из отходов пищевых и маслоэкстракционных производств, включая продукты микробиологического синтеза, различные соли, витамины, ферменты, аминокислоты, антибиотики, сорбенты, антиокислители, вкусовые добавки и т.д. В промышленности появляются новые, питательные, более дешевые, чем рыбная мука, кормовые компоненты растительного и животного происхождения, содержащие легкоусвояемый протеин, ценные углеводы и другие вещества (отходы или вторичное сырье перерабатывающих производств). Изучение питательности нового высокобелкового кормового сырья позволяет решить проблему замены рыбной муки путем выработки новых эффективных стартовых и продукционных комбикормов для ценных видов рыб, организовать выращивание молоди и товарной рыбы на интенсивной основе и отказаться от использования импортной продукции.

Одним из важнейших питательных веществ, влияющих на рост и работу всех физиологических систем в организме, является протеин, который играет важную роль в энергетическом обмене рыб, поскольку от него зависит скорость роста. Расход азота у рыб в 3-5 раз выше, чем у теплокровных животных. Основным источником протеина в комбикормах для ценных видов рыб выступает дорогостоящая и нередко дефицитная, зачастую сфальсифицированная или загрязненная рыбная мука, которая служит основным источником заменимых и незаменимых аминокислот и других азотсодержащих компонентов.

Рост и формирование рыб сопровождаются развитием их пищеварительной системы. Именно поэтому в состав стартовых комбикормов необходимо вводить легкоусвояемые высокобелковые компоненты и гидролизаты белка.

Технологические тренды кормопроизводства в сфере аквакультуры в последние десятилетия свидетельствуют о сокращении использования рыбной муки при увеличении содержания растительных

и новых (альтернативных) белковых компонентов. В дальнейшем можно ожидать сокращения использования в кормах рыбной муки до 10% при увеличении растительного протеина до 69 и новых компонентов до 10% (рис. 18).

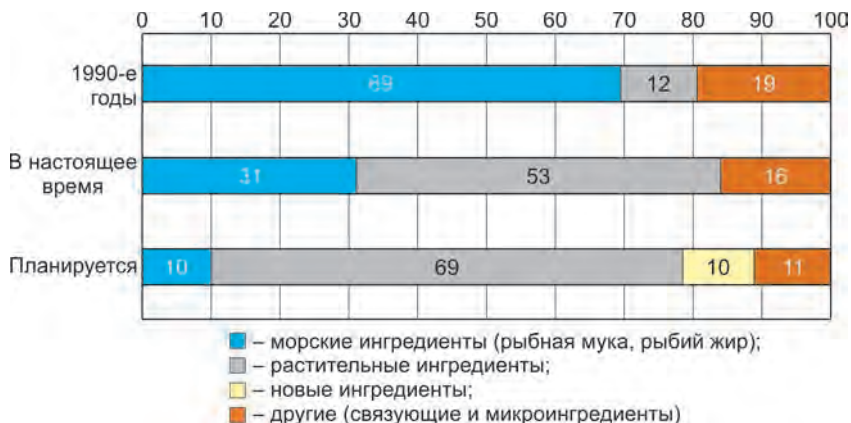


Рис. 18. Изменение состава основных компонентов в кормах для аквакультуры, %

Среди наиболее перспективных направлений технологий при производстве кормов для аквакультуры эксперты называют применение следующих альтернативных источников протеина:

- нетрадиционные морские источники (например, морские водоросли и растения, криль, одноклеточные белки микробов и бактерий);
- неморские нетрадиционные источники (например, насекомые);
- выращивание рыбы для ее последующего использования в кормах;
- инновационные технологии сбора и использования отходов рыбопереработки и др. [4, 52].

Во всем мире насекомые недооцениваются как корм для рыб. Хотя некоторые рыбоводы устанавливают фонари над прудами для их привлечения, при этом насекомые падают на поверхность воды и поедаются рыбами. Среди наиболее перспективных и изученных видов для промышленного производства кормов – черная львинка,

личинки мухи обыкновенной, шелкопряда и желтых мучных червей. Кузнечики и термиты также используются при кормопроизводстве, но в меньшей степени [53-55].

Полноценность белка биомассы насекомых схожа с белками животного происхождения, например, личинки *A. diaperinus*, *T. molitor* и *Z. Morio* содержат все незаменимые аминокислоты. Количество белка в биомассе может варьировать от 7 до 90% (рис. 19).

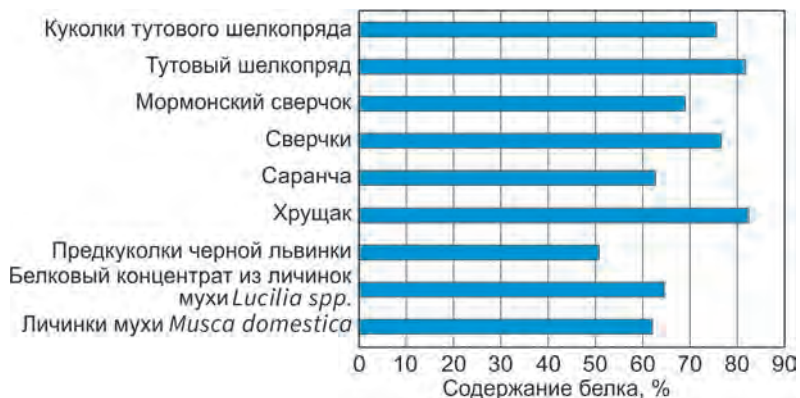


Рис. 19. Содержание белка в теле насекомых, %

Ограничительным фактором использования насекомых в комбикормах для рыб может являться наличие хитина. Его переваривание происходит под действием трех энзимов – хитиназы, хитобиазы и лизоцима, которые имеются в наличии и у хищных, и у всеядных рыб. Хитиназа, обнаруженная в желудке рыб, разрушает хитиновый экзоскелет, в то время как хитобиаза, присутствующая в кишечнике, играет роль в усвоении питательных веществ. Наличие этих ферментов наблюдалось у пресноводных и морских рыб. Несмотря на наличие этих ферментов в ЖКТ рыб, принято считать, что рыба не может переваривать хитин. Хитин, найденный в ракообразных, включен в матрицу протеинов и минералов (главным образом кальция), в то время как кутикула насекомых состоит из хитина в матрице белков, липидов и других соединений. Была выдвинута гипотеза,

что эти матричные формы хитина могут снижать доступ хитиназ или протеиназ к их субстратам и препятствовать всасыванию белков и липидов кишечником, таким образом уменьшая не только усвояемость хитина, но также липидов и протеина с последующим снижением использования питательных веществ и подавлением роста рыб. Однако в отличие от этих исследований последующее изучение естественного питания рыб ракообразными, насекомыми или бентическими беспозвоночными показало высокую переваримость креветок и крабов [53, 56]. В кормах для ценных видов рыб до 70% рыбной муки успешно заменяют на муку из личинок, при этом хитин этого компонента переваривается на 35%.

Наиболее эффективным кормовым продуктом, получаемым из личиночной биомассы, может быть обезжиренная мука с минимальным содержанием липидов. Последнее обстоятельство обеспечивает низкий уровень окисления жиров и образования липидных перекисей – важнейших показателей снижения качества кормового продукта. Мука из личиночной биомассы по ряду параметров (включая питательную ценность) приближается к рыбной муке. Соблюдение регламентов получения и хранения позволяет использовать также высушенную целую личинку мухи в кормах для рыбы без ухудшения качественных характеристик корма.

Частичная замена рыбной муки на муку из насекомых подходит в основном для рациона травоядных/всеядных видов, но также может давать положительный эффект и для некоторых плотоядных рыб, среди которых радужная форель, морской окунь. Для максимально объективной и всесторонней оценки продукта, особенно в контексте эколого-экономического эффекта, необходимо проведение исследований, преимущественно ориентированных на использование этих насекомых в рационе рыб, проявляющих высокие требования к белку. Вопросы степени усвояемости также требуют дальнейших исследований, так как содержание хитина не может быть единственным фактором, ответственным за проблемы переваривания кормов, и может даже не оказывать влияния в некоторых случаях. В рамках изучения увеличения заменяемой доли рыбной муки на биомассу насекомых без ущерба для роста и развития рыбы и ее здоровья также возможны исследования различных подходов к повышению

питательной ценности, вкусовых качеств и усвояемости энтомологического компонента кормов (сушка, обезжиривание, применение различных биотехнологий выращивания и содержания насекомых, добавление антиоксидантов и др.).

Существует множество доступных видов насекомых, различающихся требованиями к эколого-трофическим факторам, характеризующихся индивидуальными особенностями этапов онтогенеза и, как следствие, подходами в выращивании. Отмеченные факты в итоге могут влиять как на их биохимический состав, так и продукцию, вырабатываемую из энтомологического сырья.

К основным производителям кормовых продуктов из насекомых относятся Испания, Нидерланды, Великобритания, Франция, Канада и США. Например, испанская фирма «Entomotech» разрабатывает проект получения белка и жира из насекомых. Нидерландская фирма «Meertens» получает и перерабатывает до 800 кг биомассы личинок ежедневно. В ЮАР британская корпорация «Agriprotein» в 2014-2015 гг. построила крупный завод, где на площади 8,5 тыс. м<sup>2</sup> 8,5 млрд мух ежедневно перерабатывают 250 т биоотходов в 50 т корма. В ближайшие десять лет компания собирается построить 25 подобных предприятий. «Big Cricket Farms» – компания, осуществляющая переработку сверчков, работает с биомассой насекомых в рамках бостонского стартапа Six Foods [55].

Уже существуют российские производители кормового протеина из личинок мух – МИП «НордТехСад», ООО «Новые биотехнологии», инновационная компания «Энтопротэк». МИП «НордТехСад» (Архангельская область) создал уникальную технологию, которую готовы перенять ведущие мировые компании: мухи откладывают личинки на панели по типу пчелиных сот, печатающихся на 3D-принтере [57].

Согласно оценке ассоциации «ТП БиоТех2030», наиболее пригодными насекомыми для промышленного разведения считаются муха черная львинка, муха домашняя, саранча перелетная, саранча пустынная, сверчок домашний, сверчок двупятнистый, мучной хрущак большой, мучной хрущак бурый, зофобас и мраморный таракан. Одним из самых перспективных видов по скорости и количеству накопления биомассы, содержанию протеина и жира, показателям

санитарно-эпидемиологической, экологической безопасности является черная львинка. Насекомое отличается неприхотливостью, а ее личинки – всеядностью, способностью развиваться в широких диапазонах температур (20-50°C) и влажности (40-90%), т.е. высокой технологичностью в разведении.

Другим перспективным объектом является семейство каллифорид (*Diptera, Calliphoridae*), в первую очередь род *Lucilia*. Мухи этого рода гораздо более эффективно, чем черная львинка, перерабатывают боенские отходы и просроченную, богатую белком пищевую продукцию. У этих насекомых, например у обыкновенной зеленой падальницы, короткий цикл развития – личинка растет 3-4 дня, полный цикл выращивания занимает всего около 2 недель. Питательная ценность личинок каллифорид составляет 50% сырого протеина, 30 – жира (после высушивания) и более 70% протеина (после отжима жира). Короткий цикл развития и высочайшая питательность личинок являются основными преимуществами этих мух.

Одной из перспективных белковых добавок в сложившихся экологических условиях юга России может быть кормовая мука из саранчи. Перелетная саранча является серьезнейшим многоядным вредителем, оказывающим негативное влияние на результативность растениеводства, условия жизнедеятельности населения, экономику региона, причиняя серьезный урон зерновым (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, рис, сорго, просо), бобовым (горох, фасоль, соя, люцерна) культурам, а также сенокосам и пастбищам.

Ежегодно наблюдаются вспышки численности саранчи. Так, в Калмыкии за последние пять лет ее нашествию подверглась площадь земельных угодий, достигающая 100 тыс. га (2009 г. – 82 тыс. га, 2010 г. – 40 тыс., 2011 г. – 60 тыс., 2012 г. – 100 тыс., 2013 г. – 38 тыс., 2014 г. – 80 тыс. га), при средней плотности массы насекомых, равной 4 т на 1 га.

При использовании беспозвоночных, в том числе саранчи, в качестве кормовой добавки возникает вопрос об эффективности данного сырья в кормопроизводстве. Согласно многочисленным исследованиям общего химического состава данного сырья количество сухого вещества составляет 33,4%, сырого протеина – 23,2, а золы – 1,4%. Аминокислотный состав этих беспозвоночных представлен следу-

ющими аминокислотами, мг%: валин – 5390, изолейцин – 3640, лейцин – 5530, метионин – 1260, треонин – 3080, фенилаланин – 2870, аланин – 10780, аргинин – 4200, аспарагиновая кислота – 6720, гистидин – 1470, глицин – 5950, глутаминовая кислота – 10570, пролин – 5950, серин – 3710, тирозин – 4130.

Таким образом, актуальность использования саранчовых в качестве корма с высоким содержанием белка высока. Эти насекомые используются для кормления домашней птицы во многих фермах и хозяйствах развивающихся стран. Для сбора саранчи могут применяться специальные мелкочаеистые сети. Важность «кормового аспекта» саранчовых подчеркивается разработками специальных «механизированных средств» кормоприготовления [58, 59].

В России еще одним перспективным заменителем рыбной муки выступает высокобелковый компонент – белковый концентрат Пановит (гаприн), полученный из бактерий, выращенных на газе.

Протеиновый концентрат Пановит содержит до 67% белка и может заменять рыбную муку в кормах для клариевого сома до 100%, для тилапии – 30, карпа – 70%. Показатели питательности Пановита приведены в табл. 5 [4].

Таблица 5

**Питательность белкового микробного концентрата Пановит, %**

Показатели	Значение
Белок	67,00
Массовая доля влаги	3,90
Аминокислоты в сумме	55,91
В том числе:	
аспарагиновая кислота + аспарагин	5,24
треонин	3,05
серин	2,67
глутаминовая кислота	7,18
глицин	3,35
аланин	4,70
валин	3,52
изолейцин	3,07
лейцин	4,98
тирозин	2,41
фенилаланин	3,62

Показатели	Значение
гистидин	1,29
лизин	3,77
аргинин	4,07
пролин	2,99

В настоящее время широко используют белковые гидролизаты (ферментолизаты, аутолизаты). Их включение в рецептуру позволяет создавать стартовые корма для ранней молоди рыб, чья пищеварительная система еще недостаточно развита. Сырьем для производства гидролизатов обычно служат фарш, отходы от разделки рыбы в консервном производстве [4].

При производстве рыбных продуктов широкого потребительского спроса образуется значительная доля отходов, главным образом белоксодержащих, которые в настоящее время маловостребованы. Учитывая высокую массовую долю голов и внутренностей (23-33%) при первичной разделке рыб, главной задачей ставится вовлечение их в основное производство комбикормов, так как они в настоящее время представляют практически прямые потери. Так как вторичные белоксодержащие рыбные ресурсы являются наиболее дорогостоящими рецептурными компонентами при выработке производственного корма для радужной форели, целесообразно в качестве основного сырья использовать сухие рыбные смеси, полученные на основе побочных продуктов и отходов рыбной промышленности.

Исследования, проведенные в условиях инновационно-технологического центра (ИТЦ) «Аквабиоресурс» Воронежского государственного университета инженерных технологий, показали, что разработанный производственный корм «ФишФуд» на сухих рыбных смесях из вторичных продуктов разделки горбуши, толстолобика способен удовлетворить потребности в основных питательных веществах при кормлении радужной форели. Показатели выращивания в опытной и контрольной группах рыб практически не различались. Абсолютный прирост радужной форели в контрольной группе был выше на 1,2% (на 0,687 кг) по сравнению с опытной, но кормовые затраты за весь период кормления были меньше при кормлении



опытной партии и составили 0,99. Выживаемость рыб в опытной и контрольной группах составила 98 %. Таким образом, на основании проведенных комплексных исследований разработанного продукционного корма «ФишФуд» можно сделать вывод: разработанный корм не уступает импортному (Нидерланды), следовательно, может быть рекомендован для кормления радужной форели в индустриальной аквакультуре [60].

Из высокобелковых растительных компонентов, применяемых в кормопроизводстве для рыб, используют бобовые культуры, жмыхи и шроты зерновых культур. К бобовым, используемым в практике кормления рыбы, относятся соя, горох, люпин и чечевица. В составе их семян до 25-30% протеина. Отходами маслобойного производства являются жмыхи и шроты, наиболее богатые белком растительного происхождения. Как правило, жмыхи содержат до 40% протеина, в 3-5 раз больше жира и в 1,5-2 раза меньше клетчатки, чем шроты. Высокой пищевой ценностью обладает соевый шрот (или жмых), характеризующийся хорошим аминокислотным составом. Подсолнечный шрот менее ценен, чем соевый, поскольку имеет повышенный уровень клетчатки (до 15%). Этот шрот в основном широко используется в кормлении карпа, радужной форели и других видов рыб, его количество в комбикормах может достигать 20-30% [4].

Разработан новый способ производства растительной кормовой добавки на основе сои – сухого ферментированного соевого белка кормового назначения из соевого шрота. Способ включает в себя экструдирование соевого шрота при температуре 80-150°C, его охлаждение, измельчение и ферментирование с добавлением культур микроорганизмов – молочнокислых бактерий и/или симбиоза микроорганизмов – молочнокислых бактерий, сенной палочки и/или дрожжей и протеолитических ферментов и сушку полученного продукта. С целью разрушения антипитательных веществ проводят процесс ферментирования соевого шрота при влажности 40-90%, температуре 35-60°C, рН 4,0-8,0 в течение 6-48 ч с последующей сушкой при температуре 40-60°C до остаточной влажности 5-10% и измельчением до размера 100-500 мкм. Осуществление технологии обеспечивает получение кормовой добавки на основе ферментированного соевого шрота с улучшенными свойствами: сниженным ко-

личеством антипитательных веществ, наличием молочной кислоты, повышенным общим содержанием белка в основном в виде быстро усваиваемых мелких пептидов размером до 10 кДа. Технология обеспечивает улучшение органолептических свойств кормовой добавки и, как следствие, повышение поедаемости кормов [61].

В кормах для аквакультуры перспективно использование таких новых растительных компонентов, как льняной жмых и мука из него. Льняной жмых по аминокислотному составу во многом является аналогом рыбной муке, а содержание витаминного состава льняного жмыха позволяет снизить использование дорогостоящих витаминных премиксов. Льняной жмых имеет высокую энергетическую ценность, при этом по перевариваемому протеину (содержание его в жмыхе до 400 г на кг) превосходит пшеницу в 3 раза. Кроме высокой усвояемости, протеин обладает широким аминокислотным составом (больше, чем в злаковых, лизина, метионина, цистина, триптофана и др.), также он обладает высокими диетическими свойствами. В распаренном виде льняной жмых образует слизь, такую же как при варке семени льна и с теми же свойствами. Льняной жмых или льняная мука содержит в своем составе около 28-34% диетических пищевых волокон, которые сосредоточены главным образом в их оболочках и представлены такими веществами, как целлюлоза, гемицеллюлоза, пектины, лигнин и лигнаны. Жмых льна является источником большинства витаминов – В1, В2, В6, ниацина, пантотеновой и фолиевой кислот, биотина, токоферолов (витамин Е). На основе льняной муки разработан новый высокоэффективный гранулированный корм для искусственного выращивания аквакультуры при следующем соотношении исходных компонентов, %: мука льняная – 10-20; жмых подсолнечный – 5-10; мука травяная или водорослевая – 1-5; мука рыбная – 20-40; пивная дробина – 3-5; дрожжи кормовые – 5; рыбий жир – 3-5; гаммарус измельченный – 5-15; пальмовое масло – 1; витаминно-минеральный премикс – 3. Использование корма позволяет повысить сохранность стада рыб, стимулировать их рост и продуктивность [62].

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

Водорослевая мука изготавливается из хлореллы, ламинарии, фукуса и других водорослей. Наиболее питательной является хлорелла, содержащая 42% протеина, богатая углеводами и минеральными веществами, особенно йодом. Водорослевая мука обладает свойством связывать кормосмесь. В комбикорма для рыб её добавляют в количестве 1-3% [4].

Возможность использования водорослей в кормах для животных активно исследуются. Для повышения питательной и биологической ценности комбикорма в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» была разработана линия с вводом суспензии сине-зеленых микроводорослей (в частности, *Chlorella* и *Spirulina*) при гранулировании комбикормов для различных видов животных. Использование суспензии сине-зеленых микроводорослей в производстве комбикормов определяется их уникальным составом и свойствами (богаты аминокислотами, витаминами, ферментами и другими биологически активными веществами). Действие микроводорослей основано на естественном сочетании природных стимулирующих и биологически активных веществ, выделяемых в культуральную среду (суспензию), – экзометаболитов. В ОАО «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод» на линии гранулирования проведены производственные испытания предложенных технологических и технических решений. Параметры процесса: температура культивирования в биореакторе 30-35°C; концентрация готовой суспензии 30-35 г/л; расход газовой смеси в биореакторе 3-5 м<sup>3</sup>/ч; концентрация углекислоты в газовой фазе 2%; энергоемкость процесса 16,32 кВт·ч/г; влажность гранул после пресс-гранулятора 17-19%. В результате комбикорм отличался не только повышенной питательной и биологической ценностью, но и сниженной крошимостью гранул, а соответственно, уменьшением количества мелкой фракции в готовой продукции и лучшими потребительскими свойствами [49].

Травяная мука – витаминно-белковый компонент, готовится из высушенных трав, убранных в стадии бутонизации бобовых и начале колошения злаковых. Технологический процесс включает в себя скашивание травы, измельчение, сушку, дробление, гранулирование, упаковку. Этот компонент содержит значительное количество клет-

чатки и плохо усваивается рыбами, в комбикорма вводится в количестве 2-5% с целью усиления перистальтики кишечника и более полного усвоения питательных веществ комбикорма.

Хвойная мука содержит много витаминов, микроэлементов, биологически активных веществ. В состав рыбных комбикормов вводят 1-3%.

Свекловичная патока (меласса) – сгущенный паточный раствор, остающийся после кристаллизации сахара. В состав патоки входят 63% БЭВ, 9,9 – протеина, 7,5 – золы, 19,6% воды; содержит 48% сахарозы, ее азотистые вещества отличаются высокой переваримостью. Меласса улучшает процесс гранулирования комбикормов, повышает их качество. В комбикорм вводят в количестве 3-5% [4].

В качестве исходных компонентов предлагается также использовать, %: тростниковую сечку тростника южного – 21,57; рогоз узколистный – 20,34; лофант анисовый – 15; шрот подсолнечный – 33,09; дрожжи кормовые – 3; рыбную муку – 4; трикальций фосфат – 2; премикс ПМ-2 карпа товарного – 1. Новый способ получения гранулированного корма для аквакультуры (карповые) включает в себя измельчение, смешивание и увлажнение исходных компонентов, формирование гранул и их сушку газообразным теплоносителем. По мнению специалистов, использование данного корма позволяет увеличить прирост живой массы рыбы [63].

В практике сельскохозяйственных производителей применяют различные корма и кормовые добавки на основе амаранта – зеленый корм, силос, сенаж, травяная мука, гранулы и белковая паста. Нетрадиционность амаранта для России в основном заключалась во временной его не востребоваемости по причине малоизвестности этой растительной культуры, относящейся к андской пищевой группе растений и используемой человеческой цивилизацией более 4000 лет.

Амарант является широко культивируемым растением в Северной Америке, странах Азии, Австралии, привлекая способностью к быстрому росту и хозяйственно полезными свойствами. В США создан институт по изучению амаранта, задачей которого является внедрение этой культуры в пищевую промышленность. Таким образом, амарант используют в хлебопекарном производстве, при выращивании сельскохозяйственных животных.

Отличительной особенностью амаранта от многих кормовых культур является его биохимический состав, а именно наличие всех аминокислот, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма. Доказано, что его применение в качестве кормовой добавки способствует повышению продуктивности и выживаемости сельскохозяйственных животных. Добавление в рацион амаранта в количестве 15-20% способствует увеличению интенсивности роста в 1,5-2 раза и снижению затрат на единицу продукции. Исследования морфобиохимического состава крови подтверждают активизацию обменных процессов в организме животных, положительное влияние на окислительно-восстановительные процессы, улучшение белкового и минерального обмена. Отмечается, повышение концентрации общего белка и уровня белкового азота [64-67].

Традиционные источники растительного протеина уступают животному протеину, прежде всего по качественному составу и количественному содержанию незаменимых аминокислот, содержат антипитательные вещества, однако технология экструдирования и добавление кормовых аминокислот позволили решить эту проблему.

Перспективными источниками растительного белка и усвояемых углеводов являются семена сорго, люпина, шроты – рапсовый, кориандровый и другие, обработанные в экструдере. Заменителями рыбной муки могут быть глютен, кукурузный, пшеничный растительные кормовые концентраты и изоляты (соевый, гороховый). Создание корма нового типа – экструзия + добавка кормовых аминокислот, фитазы (улучшает усвоение углеводов), пробиотиков и других незаменимых веществ – позволяет снизить стоимость кормов на 15-25%.

Для продукционных и стартовых рыбных кормов используются также пшеничные зародышевые хлопья (ПЗХ) и витазар. ПЗХ – это отходы мукомольной промышленности, витазар – жмых после прессования и измельчения пшеничных зародышевых хлопьев. Они имеют сладкий вкус, ПЗХ содержит 33% протеина, витазар – 34%. В состав их липидов входит до 70% полиненасыщенных жирных кислот, представлены все витамины группы В и большое количество витамина Е [56].

При производстве комбикормов для рыб, как правило, применяют не отдельные препараты витаминов, а поливитаминные пре-

миксы, представляющие собой смесь витаминов и наполнителя. В отдельных случаях премиксы содержат и микроэлементы. Широкое признание получили премиксы для молоди, товарного выращивания. Они обладают широким спектром действия, улучшают физиологическое состояние рыбы, повышают темп роста, выживаемость, сопротивляемость инфекционным и паразитарным заболеваниям. Биологически активные вещества, вводимые в премиксы, должны быть устойчивы к наполнителю и обладать химической совместимостью. Так, соли микроэлементов могут вступать в реакцию с витаминами и разрушать их. Поэтому несовместимые добавки вводят в защитной или стабилизированной форме. Премиксы используют при производстве стартовых и продукционных комбикормов для карповых, лососевых и осетровых рыб в пределах 1-1,5% массы. Для эффективного выращивания молоди различных видов в кормах наряду с витаминными должны присутствовать и минеральные премиксы. Обычно их количество составляет от 0,5 до 4% массы сухого корма и зависит от рецепта премикса, содержания в нём элементов, вида рыб. Из продуктов микробиологического синтеза при кормлении рыб наибольшее распространение получили различные виды дрожжей (кормовые, гидролизные, углеводородные, пивные и др.), характерной особенностью которых является высокое содержание протеина, лизина и витаминов группы В.

Лечебные и лечебно-профилактические корма для ценных объектов аквакультуры в основном включают в себя антибактериальные препараты от массовых инвазий простейших и пробиотики. В корма для ценных объектов аквакультуры рекомендуется добавлять пробиотик Субтилис с выраженной антагонистической активностью к широкому спектру патогенных и условно патогенных микроорганизмов кишечника рыб (30-40 г/кг корма), а также бета-глюканы, полисахариды, способствующие укреплению иммунитета. Эти соединения относятся к наиболее многообещающим иммуностимулирующим средствам в аквакультуре.

Особое внимание уделяется пробиотикам нового поколения в виде биопленки, однако их влияние на рыб еще слабо изучено. Пробиотики в виде биопленки на твердом фитосубстрате в кормах для сельскохозяйственных животных позволяют существенно улучшить

состояние здоровья животного и получить продукцию высокого качества. Особое значение имеет комбинация пробиотика с фитобиотиками – биологически активными веществами лекарственных растений. К числу таких препаратов относится ПроСтор.

Пробиотический препарат ПроСтор – высокоэффективная биологически активная добавка нового поколения к кормам животных, птиц, рыб, которая выпускается в производственных условиях ООО НТЦ БИО. Обеспечивает биозащиту организма, повышает продуктивность животных, птиц и рыб благодаря улучшению конверсии корма, стимуляции обменных и иммунных процессов организма. Производится по уникальной технологии, которая включает в себя стадию твердофазного культивирования пробиотических бактерий – высокоэффективных штаммов *Bacillus subtilis* на фитоносителе (специально подготовленный свекловичный жом). В результате на поверхности фитоносителя образуется биопленка, которая позволяет сохранять жизнеспособные бактерии, их метаболиты и биологически активные вещества. Поэтому бактерии устойчивы к негативному влиянию кислой среды желудка и высокой температуре при гранулировании комбикормов. Особую биологическую ценность продукту придают лекарственные травы – эхинацея пурпурная и расторопша пятнистая. Расторопша содержит вещества, которые защищают и восстанавливают клетки печени, улучшают пищеварительные процессы. Фенолкарбоновые кислоты, содержащиеся в корнях эхинацеи, укрепляют иммунитет, обладают противовирусным, противогрибковым действием. Эффективность использования ПроСтора в 3-8 раз превышает затраты на его применение. В инновационном центре «Биоаквапарк АГТУ» разработаны рецептуры комбикормов для рыб с использованием кормовой добавки ПроСтор [4].

В ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ были оценены перспективы применения пробиотика Споротермин при выращивании рыбы в условиях индустриальной аквакультуры. Исследования показали, что использование Споротермина оказывает положительное влияние на основные гематологические и биохимические показатели крови клариевого сома. Показатели роста, развития и выживаемости молоди клариевого сома свидетельствуют о высокой эффективности этого пробиотика при эндогенном и экзогенном способах введения. На-

иболее эффективным способом применения пробиотика Споротермин является его введение с кормами и путем прямого добавления в воду [68].

С целью увеличения возможности усвоения углеводов в кормах для рыбы используют фитазу, особенно когда в состав рецептов входят шроты соевый, рапсовый, кунжутный. Фитаты как антипитательный фактор оказывают негативное влияние на переваривание и усвоение углеводов и фосфата. Фитаза разрушает фитатлигнинные комплексы, что способствует увеличению доступности питательных веществ растительных комплексов для переваривания и улучшает усвоение фосфора; включается в корм в порошкообразном виде или микрогранулах.

В качестве каратиноидного препарата, окрашивающего липиды и икру лососевых рыб и форели в красный цвет, используют астаксантин, кантоксантин или препарат Капсантал СХ (250 г/т корма). Каротиноиды ( $\beta$ -каротин) представляют собой провитамин А, влияют на различные процессы жизнедеятельности, являются природными пигментами растительного происхождения, улучшают товарный вид продукции лососевых рыб [4].

Рыбы обладают избирательным отношением к одинаково доступной пище. Как правило, привлекающими рыб веществами являются белки, амины, аминокислоты, нуклеотиды, бетаины, глюкопротеиды, липиды, некоторые органические кислоты. Многие карповые рыбы предпочитают корм, содержащий продукты окисления жиров, угорь – корм, содержащий глицин и аланин. Большинство продуктов животного происхождения (за исключением молочных) стимулируют пищевую активность лососевых рыб, а сухой обрат и сухая молочная сыворотка – пищевую активность карпа. Сильным привлекающим действием для основных культивируемых рыб являются рыбий жир, экстракты из креветок, крабов. Растительные масла стимулируют потребление пищи карпом, тогда как некоторые проходные лососи избегают запаха этого продукта. Продукты микробного синтеза у многих рыб вызывают реакцию избегания. Кроме того, зарубежные фирмы выпускают пищевые аттрактанты, повышающие привлекательность сухого корма (мясной, рыбный, крабовый и др.).



Связующие кормосмесь вещества используются для повышения прочности крупки и гранул сухих комбикормов, а также предотвращения размываемости питательных веществ. Эти добавки применяются как в сухих гранулированных, так и пастообразных кормах. В состав гранулированных кормов вводят карбоксиметилцеллюлозу, полиакриловую кислоту, соли натрия, гислатин, активированные глютенны, обработанный крахмал, лигносульфанат, гуаровую камедь, хитин и др. Связующими свойствами в составе кормосмеси обладают отдельные компоненты рыбных кормов, такие как пшеничная, водорослевая и кровяная мука, сухой обрат, ПЗХ (витазар), дрожжи [4].

Для улучшения качества экструдированных рыбных кормов немецкая компания «JRS» разработала новый продукт Arbocel, в состав которого входят целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Содержание сырой клетчатки в продукте минимум 65%. Преимущества обогащенного данными волокнами корма для аквакультур: более высокая стабильность пеллет; меньшие потери корма из-за ломкости и абразивного воздействия; улучшенное связывание/распределение масла; снижение утечки питательных веществ, что ведет к улучшению качества корма и меньшему загрязнению воды; улучшение реологии тестообразных кормов; отсутствие эффекта геля, как у других связующих (таким образом, не снижается усвояемость корма); улучшение консистенции экскрементов; снижение расходов на фильтрацию [69].

Имеющиеся в составе комбикормов жиры, каротиноиды и жирорастворимые витамины окисляются под воздействием тепла, света, ионов металлов, в результате чего корм приобретает неприятный запах и вкус, повышается его токсичность. Поэтому с целью стабилизации жиров и витаминов в состав кормов вводятся различные антиокислители (антиоксиданты).

Антиоксиданты – это вещества, ингибирующие процесс окисления других веществ молекулярным кислородом. Наиболее опасны для здоровья рыб продукты окислительной деструкции липидов, содержащие ненасыщенные жирные кислоты (перекиси, кетоны, альдегиды). Сами продукты окисления липидов разрушают каротиноиды, витамины А, Д, Е и К. Потребление рыбами кормов, содержащих

окисленные жиры и витамины, вызывает нарушение процессов пищеварения и усвоения питательных веществ. В случае отсутствия в корме хорошего антиоксиданта витамин Е начинает выполнять его функции, так как является природным антиокислителем. Поэтому к моменту потребления корма содержание в нем витамина Е резко уменьшается, что приводит к снижению питательной ценности и ухудшению конверсии корма.

В состав комбикормов и компонентов, содержащих ненасыщенные липиды, входит значительное количество антиоксидантов, предохраняющих от окисления липиды и витамины. Из естественных антиокислителей традиционно применяются токоферол, аскорбиновая кислота, лецитин. Среди синтетических препаратов следует выделить сантохин (этоксихин, сантоквин), бутилокситолуол (ионол), бутилоксанизол (бутилгидроксанизол), додецилгаллат, пропилгаллат, дилудин, анфелан, оксикап, дигидрокартецин. В кормосмеси их обычно добавляют до 0,02% [4].

Частично решить задачу по сохранению иммунного статуса рыб, замедляя репродуктивное старение и при этом сохраняя продуктивность и качество продуктов животного происхождения, можно за счет использования в кормлении экстрактов, полученных из листьев даурской (*Larix gmelinii Dahurica*urez), в том числе биофлавоноидов (дигидрокверцетин) и водорастворимых полисахаридов (арабиногалактан). Согласно исследованиям, дигидрокверцетин ярко проявляет свои антиоксидантные гепато- и капилляропротекторные, иммуномодулирующие и радиозащитные свойства, а арабиногалактан повышает иммунобиологическую, гепатопротекторную, гастропротекторную митогенную и мембранотропную активность, служит источником пищевой клетчатки. Применение арабиногалактана в ветеринарии в настоящее время особенно актуально в связи с запретом использования ряда антибиотиков в животноводстве. Последние научные исследования показали высокую эффективность арабиногалактана совместно с дигидрокверцетином как мощного радопротекторного средства, которое может применяться в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой [70].

Исследования показали перспективность использования в кормопроизводстве сапропеля (тип илистых отложений с содержанием

органики более 15%, образующийся в пресных ильменях, в небольших реках, прудах). Этот активный биологический субстрат с высоким содержанием органических веществ (аминокислоты, витамины, ферменты, гормоны) и микроэлементов в легкоусвояемой форме позволяет повысить полноценность кормления и оказывает позитивное влияние на организм в целом. Это обусловлено взаимодействием сразу трех составляющих компонентов: биологически активного, минерального и органического.

Органическая часть сапропелей содержит легкодоступные углеводы. Преимущественно белковое происхождение азота сапропелей обуславливает присутствие среди аминокислот незаменимых (лизин, метионин, цистин, триптофан и др.). Из других биоэлементов в них входят хлорофилл, каротин, витамины группы В, стерины, гормональные соединения и др. Целый ряд биологически активных веществ продуцируется микрофлорой сапропелей. Важнейшим биологически активным компонентом сапропелей являются гуминовые кислоты. Биологически активные вещества обладают антимикробным действием, подавляют болезненную микрофлору в организме, активизируют процессы обмена.

Сапропели можно разделить на разные категории по химическому составу и содержанию органических веществ. Встречаются известковистые, кремнеземистые и смешанные сапропели. Органические сапропели имеют зольность до 30%, органоминеральные – до 30-50, минерально-органические – 50-70, минерализованные – 70-85%.

Применение сапропеля в сельском хозяйстве в качестве кормовой добавки стимулирует функции пищеварительного тракта животных, улучшает перевариваемость и усвояемость питательных веществ.

Сапропели органического класса наиболее перспективны для использования при подкормке сельскохозяйственных животных. Они содержат значительное количество белка, витаминов, ферментов и других биологически активных веществ. В качестве кормовых добавок могут влиять на обмен веществ в организме животных, способствуют более полному усвоению питательных веществ, улучшают работу пищеварительной системы. Кормовой сапропель в сухом виде может использоваться при производстве кормов, в качестве орга-

номинеральной добавки и наполнителя при изготовлении витаминных премиксов. При этом значительно снижается кормовой коэффициент применяемого корма, а рацион обогащается биологически активными веществами, минералами и аминокислотами. Сапропель кормовой влияет на все физиологические процессы в организме, в частности, предотвращает заболевания опорно-двигательной системы у сельскохозяйственных животных, улучшает репродуктивные функции. Сапропелевые кормовые добавки обладают биогенной стимулирующей особенностью и обуславливают более интенсивный рост и размножение [71-73].

Таким образом, новые ингредиенты в составе комбинированных кормов позволяют заменить традиционные белковые составляющие (рыбная мука), способствовать ресурсосбережению, повысить качество и полезные свойства кормов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что в результате дефицита и ограниченного ассортимента качественных отечественных рыбных кормов на внутреннем рынке преобладают импортные, занимая около 2/3 объемов потребления; доля импортных кормов для ценных объектов аквакультуры еще больше. Основная часть производимых в России рыбных кормов низкого качества, для них характерны невысокая питательность и несбалансированность, недостаточная водостойкость и чрезмерная крошимость гранул. Это является следствием использования в производстве устаревших технологий, несоблюдения рецептур и низкого качества кормовых компонентов и производственной культуры.

Показано, что в современном производстве рыбных кормов практикуется три способа изготовления: гранулирование с помощью пресс-гранулятора, экспандирование с последующим гранулированием, экструдирование.

В результате исследований доказано, что наиболее эффективным способом получения кормов для ценных видов рыб и стартовых кормов является процесс экструдирования. В процессе экструзии сырье стерилизуется и обеззараживается (болезнетворные микроорганизмы, грибки, плесень полностью уничтожаются); увеличивается в объеме (вследствие разрыва молекулярных цепочек крахмала и стенок клеток при выходе из экструдера), что повышает усвояемость корма; гомогенизируется (процессы измельчения и перемешивания сырья в стволе экструдера продолжаются, продукт становится полностью однородным); стабилизируется (нейтрализуется действие ферментов, вызывающих прогоркание продукта, таких как липаза и липоксигеназа, инактивируются антипитательные вещества, токсины); снижается влажность и повышается питательная ценность сырья (высокая степень декстринизации крахмала).

Частицы экструдированных кормов более прочны, поэтому крошимость и отсеб кормов данного вида составляют менее 1%, а гранулированных кормов – 5-8%. Таким образом, при использовании экструдированных кормов на 75% уменьшается количество пыли, попадающей в воду при кормлении рыбы, и снижается загрязнение воды. Кроме того, экструдированные корма не размокают в течение

24 ч пребывания в воде. Водостойкость гранулированных кормов не превышает 4 ч. Корма в экструдированном виде более эффективно усваиваются рыбой, при их использовании можно получить более низкие кормовые коэффициенты.

Анализ и обобщение информации показали, что зарубежными компаниями «Amandus Kahl Gmb H&Co. KG.» (Германия), «Andritz Feed and Biofuel» (Дания), «Clextral» (Франция), «Insta-Pro»(США) на сегодняшний день разработаны специализированные экструзионные технологии и оборудование для производства кормов для аквакультуры. Данные технологические линии позволяют производить корма с различной степенью погружения: быстро тонущий, медленно тонущий, плавающий. Степень декстринизации крахмала может достигать до 80-90%. Для эффективного нанесения на готовый продукт масел, жиров и микрокомпонентов используются вакуумные системы. Экструдеры отличаются повышенной производительностью, широким ассортиментом получаемых гранул, их форм и размеров. Диаметр производимых гранул в среднем 2-12 мм. При использовании вальцового станка возможно производство стартового корма для рыб в виде крупки размером частиц 0,1-2 мм. Производительность экструдеров может достигать 34 т/ч (двухшнековые экструдеры компании «Clextral»).

Показано, что мальковые комбикорма за рубежом делают также при использовании технологий микрогранулирования или микроэкструдирования, позаимствованных в фармацевтической промышленности, позволяющих выпускать гранулы размером 1 и 1,5 мм.

Зарубежные технологии отличаются высокой степенью автоматизации. Специальные системы контролируют точность и эффективность скорости погружения, плотность экструдатов снаружи от экструдера, состояние крахмала в процессе экструзии.

Установлено, что, несмотря на определенные успехи на пути совершенствования конструкций отечественных грануляторов и экструдеров, их технический уровень по-прежнему значительно уступает зарубежным аналогам. Поэтому для повышения технического уровня отечественного кормопроизводства для целей аквакультуры необходимо активно изучать и использовать все передовые зарубежные достижения.

Анализ литературных источников показал, что основной мировой тренд в составе рыбных кормов – сокращение использования рыбной муки при увеличении содержания растительных и новых (альтернативных) белковых компонентов (насекомые, водоросли, бактерии и др.).

Полноценность белка биомассы насекомых схожа с белками животного происхождения, его количество в биомассе может составлять до 90%. Наиболее перспективно промышленное разведение мухи черная львинка, в южных регионах – использование саранчи. Доказано, что в кормах для ценных видов рыб до 70% рыбной муки можно заменить на муку из личинок. Перспективным заменителем рыбной муки выступает также высокобелковый компонент – белковый концентрат Пановит (гаприн) (содержание белка до 67%), полученный из бактерий, выращенных на газе.

Из высокобелковых растительных компонентов, применяемых в кормопроизводстве для рыб, используют бобовые культуры, жмыхи и шроты зерновых культур. Перспективными источниками растительного белка и усвояемых углеводов являются семена сорго, люпина, шроты – рапсовый, кориандровый и др. Заменителем рыбной муки являются также глютен, кукурузный, пшеничный растительные кормовые концентраты и изоляты (соевый, гороховый). Перспективно использование льняного жмыха и муки из него. Льняной жмых по аминокислотному составу во многом является аналогом рыбной муки, а содержание витаминного состава жмыха позволяет снизить использование дорогостоящих витаминных премиксов.

Доказано, что традиционные источники растительного протеина уступают животному протеину по качественному составу и количественному содержанию незаменимых аминокислот, содержат антипитательные вещества, однако технология экструдирования и добавление кормовых аминокислот позволяют решить эту проблему, а также снизить стоимость кормов на 15-25%.

В практике сельскохозяйственные производители применяют различные корма и кормовые добавки на основе амаранта, отличающегося высоким содержанием аминокислот. Установлено, что добавление в рацион амаранта в количестве 15-20% способствует увеличению интенсивности роста животных в 1,5-2 раза.

Помимо аминокислот, в корма вводят фермент фитазу (для повышения усвояемости углеводов), пробиотики (Субтилис, ПроСтор, Споротермин), иммуностимуляторы, каротиноидные препараты для форели и лосося (капсантал).

Частично решить задачу по сохранению иммунного статуса рыб можно за счет использования в кормлении экстрактов, полученных из лиственницы даурской, в том числе биофлавоноидов (дигидрокверцетин) и водорастворимых полисахаридов (арабиногалактан). Исследования показали перспективность использования в кормопроизводстве сапропеля с высоким содержанием органических веществ (аминокислоты, витамины, ферменты, гормоны) и микроэлементов в легкоусвояемой форме.

Таким образом, при разработке подпрограммы ФНТП «Развитие аквакультуры» необходимо уделить большое внимание развитию новых современных технологий производства комбикормов для рыб, а именно: методу экструдирования, что позволит снизить зависимость страны от импортных комбикормов; развитию безотходных технологий переработки пищевого сырья с получением высокотехнологичных кормовых продуктов отечественного производства, а также поиску новых ингредиентов с целью уменьшения доли импортных компонентов в комбикормах для рыб и снижения их стоимости.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Достижение целей устойчивого развития. – 209 с. [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.fao.org/3/I9540RU/i9540ru.pdf](http://www.fao.org/3/I9540RU/i9540ru.pdf) (дата обращения: 25.02. 2020).

2. Итоги года: производство продукции аквакультуры в 2019 году выросло на 20% [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aquacultura.org/news/itogi-goda-proizvodstvo-produktsii-akvakultury-v-2019-godu-vyroslo-na-20/> (дата обращения: 02.04.2020).

3. Госпрограмма рыбной отрасли прошла очередную «перезагрузку» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aquacultura.org/news/gosprogramma-rybnoy-otrasli-proshla-ocherednyu-perezagruzku/> (дата обращения: 14.04.2020).

4. 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: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 88 с.

5. Соколов А.В., Дворянинова О.П. Оценка эффективности продукционного корма для радужной форели // Технологии пищевой и перераб. пром-ти АПК – продукты здорового питания – № 3. – 2019. – С. 53-62.

6. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 52 с.

7. Агеев А.В. Состояние и перспективы мирового и отечественного производства кормов для объектов аквакультуры, производства и потребления рыбной муки // Рыбное хоз-во. – 2018. – № 4. – С. 92-95.

8. Калайда М.Л., Хазипов Н.Н., Сафиуллин Р.Р., Набиуллин Р.Г., Ахметова Л.Т., Калайда А.А., Дементьев Д.С. Развитие кормопроизводства – важнейшая задача развития аквакультуры в Республике Татарстан на современном этапе // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны:

матер. II Нац. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13-15 сентября 2017 г. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2017. – С. 48-55.

9. Справочная информация о развитии и поддержке аквакультуры (рыбоводства) в Российской Федерации. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 136 с.

10. Завод по производству кормов для рыб промышленного разведения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gatchinsky-kkz.ru/index.php/ru/2010-04-12-10-11-16>(дата обращения: 04.04.2020).

11. **Чуйкова Н.** Карельские рыбные заводы: от кормов до рыбы // Комбикорма. – 2019. – № 6. – С. 26-28.

12. **Мишуров Н.П.** Технологии и оборудование для производства комбикормов в хозяйствах: справ.– М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 204 с.

13. **Зябрев В., Долуд М., Лухт Х.В.** Корма. Аквакультура: оптимальные технологии производства // Сфера. Рыба. – 2019. – № 1 (22). – С. 17.

14. Грануляторы для комбикорма [Электронный ресурс]. URL: <https://dozaagro.ru/catalog-doza-agro/oborudovanie-doza/granulirovanie.php> (дата обращения: 04.04.2020).

15. Информация с сайта ООО НПП «Экспро» [Электронный ресурс]. URL: <https://nppekspro.com/turboekstrudery> (дата обращения: 04.04.2020).

16. Гранулятор-кубер ГК-150М [Электронный ресурс]. URL: <https://jasko.ru/product/oborudovanie-dlya-proizvodstva-kormov/granulyatory/gk-150m/> (дата обращения: 04.04.2020).

17. Информация с сайта ООО «Ростпродмаш» [Электронный ресурс]. URL: [www.prod mash-granul.ru](http://www.prod mash-granul.ru) (дата обращения: 04.04.2020).

18. Каталог продукции НПП «А-Инжиниринг» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 34 с.

19. Каталог продукции компании «АгроПоставка» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 31 с.

20. Информация с сайта Rosal S.A. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosal.biz/ru/seccion/14/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.html> (дата обращения: 04.04.2020).

21. Грануляторы серии 3000 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cpm.net/equipment/pellet-mills/3000-series> (дата обращения: 04.04.2020).

22. Эффективные системы гранулирования Münch-Edelstahl GmbH [Электронный ресурс]. URL: <https://www.muench-edelstahl-gmbh.de/produkt/rmp-ringmatrizenpresse/> (дата обращения: 04.04.2020).

23. Грануляторы Van Aarsen [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aarsen.com/machines/pellet-mills/> (дата обращения: 15.04.2020).

24. Информация с сайта компании «Andritz Feed and Biofuel» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.andritz.com/products-en/feed-and-biofuel/> (дата обращения: 07.04.2020).

25. Информация с сайта компании «Bühler AG» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/stories/Cedrob.html> (дата обращения: 07.04.2020).

26. Информация с сайта компании «ICK Group» [Электронный ресурс]. URL: <https://ick.ua/grantech/biofuel-pelletizer/> (дата обращения: 07.04.2020).

27. Мини-завод комбикорма. Корм для скота, птицеводства и аквакультуры на 1-5 т/ч / Просп. компании «Zheng Chang» (Китай) с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 6 с.

28. Информационный материал компании «FEEDTECH» (Турция) с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 6 с.

29. Комплектные комбикормовые заводы, установки и машины / Информ. матер. компании «Amandus Kahl GmbH & Co. KG.». – М., 2020. – 11 с.

30. Каталог продукции ЗАО «Жаско». – Волгоград, 2019. – 87 с.

31. **Пономарев С.В.** и др. Современные корма для ценных объектов аквакультуры: новые кормовые источники протеина, решение проблемы замены рыбной муки // Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры : матер. Всерос. науч.-практ. конф. (ВДНХ, 5 февраля 2019 г.). – М.: Перо, 2019. – С. 305-309.

32. **Сидорова В.И., Асылбекова С.Ж., Январёва Н.И., Койшыбаева С.К., Бадрызлова Н.С.** Питательная ценность стартовых кормов для ценных видов рыб, выращиваемых в промышленных условиях // Вестн. АГТУ. – 2019. – № 3. – С. 97-104. (Рыбное хозяйство).

33. Информация с сайта ООО «АгроПром» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pekmz.com/> (дата обращения: 04.04.2020).

34. Информация с сайта ООО «Продсельмаш» [Электронный ресурс]. URL: <https://prodselmash.ru/specializirovannoe-oborudovanie/ekstrudery/139> (дата обращения: 04.04.2020).

35. Технологическое оборудование для комбикормовых предприятий АО «НПЦ «ВНИИКП». – Воронеж, 2020. – 27 с.

36. Паровой экструдер (БГТО) (реактор для баротермической обработки зерна) ШБ32 / Просп. НПКФ «АДМ», завод «Деметра» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 1 с.

37. Каталог продукции ООО «Экспро М» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 15 с.

38. Экструдеры серии ЕМ / Просп. компании «Прогресс» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 4 с.

39. Информация с сайта компании «Bronto» [Электронный ресурс]. URL: <https://bronto.ua/ru/ekstrudery> (дата обращения: 07.04.2020).

40. Экструдеры Insta-Pro [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atkrostov.ru/catalog/oborudovanie-dlya-pererabotki-zerna/dlya-proizvodstva-masla/promyshlennoe-maslopressovoe-oborudovanie-insta-pro-amerika/ekstrudery-insta-pro-america/> (дата обращения: 07.04.2020).

41. Информация с сайта компании «Andritz Feed and Biofuel» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.andritz.com/products-en/feed-and-biofuel/feed-biofuel/extruders-aqua-feed> (дата обращения: 07.04.2020).

42. Технологии Фармет – путь к качественному корму. Корма для: КРС, свиней, птицы, рыб, домашних животных / Просп. компании «Farmeta.s.» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 4 с.

43. Корма для рыбы. Системы двухшнековой экструзии / Просп. компании «Clextral» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 2 с.

44. Экструзионные системы / Просп. компании «Otteuanger Milling Engineers» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 2 с.

45. Экструзионные технологии в производстве продуктов питания и кормов для животных / Просп. компании «Setrem» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 6 с.

46. Комплектные комбикормовые заводы, установки и машины / Информ. матер. компании «Amandus Kahl GmbH & Co. KG.» с выставки «Зерно. Комбикорма-2020». – М., 2020. – 11 с.

47. Комбикормовые заводы для рыб // Сфера. Рыба. – 2019. – № 1 (22). – С. 17.

48. Информация компании «FEEDTECH» [Электронный ресурс]. URL: <http://feedtech.com.tr/extruders/> (дата обращения: 14.04.2020).

49. Мишуров Н.П., Давыдова С.А., Давыдова А.А. Инновационные способы тепловой обработки комбикормов // Техника и оборуд. для села. – 2019. – № 3. – С. 2-7.

50. Информация с сайта НПО «Агро-стимул» [Электронный ресурс]. URL: [www.agrostimul.ru](http://www.agrostimul.ru) (дата обращения: 14.04.2020).

51. Агеец В.Ю., Кошак Ж.В., Кошак А.Э. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь // Вестн. НАН Беларуси. Серия аграрных наук. – 2017. – № 2. – С. 91-99.

52. Лагуткина Л.Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья // Вестн. АГТУ. – 2017. – № 1. – С. 67-78. (Рыбное хоз-во).

53. Edible insects: future prospects for food and feed security / A. Huis, J. Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme. – Rome: FAO, 2013. – 171 p.

54. Henry M., Gasco L., Piccolo G., Fountoulaki E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and Future // Animal Feed Science and Technology. – 2015. – Vol. 203. – P. 1-22.

55. Карабут Т. Протеин XXI века: сверчки, тараканы и личинки мух. Рынок съедобных насекомых достиг \$ 400 млн и будет развиваться рекордными темпами // Агроинвестор. – № 6. – 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/agroinvestor/9937/>

56. Абросимова Н.А., Абросимова Е.Б., Абросимова К.С., Морозова М.А. Кормовое сырье и биологически активные добавки для рыбных объектов аквакультуры. – СПб: Лань, 2019. – 152 с.

57. **Лабькин А.** Повелитель мух, или чем архангельский мужик впечатлил компанию Билла Гейтса [Электронный ресурс]. URL: <http://www.proteintek.org/novosti/2118/> (дата обращения: 18.04.2020).

58. **Амшинов Н.М.** [и др.] Разработка механизированного комплекса для получения кормовой массы из саранчи // Биотехнологии: наука и практика, инновации и бизнес : матер. Всерос. науч. конф. – Астрахань: Издатель Сорокин Р.В., 2013. – С. 40-42.

59. **Жирнова Т.А.** Саранча в Астраханской области: восприятие населением и методы борьбы / Т.А. Жирнова, А.А. Уталиева, Ю.М. Брумштейн // Астраханский вестн. экологического образования. – 2013. – № 2 (24). – С. 152-156.

60. **Соколов А.В., Дворянинова О.П.** Оценка эффективности продукционного корма для радужной форели // Технологии пищевой и перераб. пром-ти АПК – продукты здорового питания. – № 3. – 2019. – С. 53-62.

61. Способ переработки соевого шрота в кормовой продукт с улучшенными свойствами [Электронный ресурс]. URL: <https://edrid.ru/rid/216.013.5053.html> (дата обращения: 18.04.2020).

62. Способ изготовления новых видов специализированных высокоэффективных кормовых препаратов для аквакультуры на основе глубокой переработки льняного жмыха [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39274130> (дата обращения: 18.04.2020).

63. Способ получения гранулированного корма для аквакультуры (карповые) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38275874> (дата обращения: 18.04.2020).

64. **Дягтерева И.А.** Амарант – источник новых пищевых продуктов и кормовых добавок / И.А. Дегтерева, Г.А. Гасимова // Ученые записки Казанской ГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 223. – С. 58-61.

65. **Зеленков В.Н.** Амарант: агробиологический портрет / В.Н. Зеленков, В.А. Гульшина, Л.Б. Терешкина. – М.: Российская академия естественных наук, 2008. – 101 с.

66. **Иванова Н.А.** Амарант на орошаемых землях. – М.: Колос, 1999. – 117 с.

67. **Караев А.Х.** Амарант – богатый источник протеина и аминокислот / А.Х. Караев, И.Д. Тменов. – Владикавказ: ВГСХА, 1998. – 75 с.

68. **Любомирова В.Н., Романов В.В., Ракова Л.Ю.** Результативность эндогенного и экзогенного использования пробиотика Споротермин на разных этапах онтогенеза африканского клариевого сома // Вестн. Ульяновской ГСХА. – 2018. – № 4 (44). – С. 172-177.

69. ARBOCEL ® – многофункциональный кормовой ингредиент для акваорма [Электронный ресурс]. URL: [https://www.jrs.de/jrs\\_de/life-science/tierernaehrung/anwendungen/](https://www.jrs.de/jrs_de/life-science/tierernaehrung/anwendungen/) (дата обращения: 17.04.2020).

70. **Омаров М.О.** Изучить влияние включения биофлавоноида–дигидрохверцетина в рационы на концентрацию белка в тканях и органах у цыплят-бройлеров / М.О. Омаров, О.А. Слесарева // Сб. науч. тр. Северо-Кавказского НИИ животноводства. – 2016. – Т. 2. – № 5. – С.101-106.

71. **Волкова Н.А.** Особенности изучения органических веществ в сапропелях // Кр. тез. докл. Уральской зональной конф. – Троицк, 1974. – С. 107-108.

72. **Городских Ю.Н.** Сапропель – органоминеральное сырье для производства кормовых добавок // Зауральский науч. вестн. – 2014. – № 2 (6). – С. 68-69.

73. **Елисеев А.Н.** [и др.] Химический состав и биологические свойства сапропеля // Вестн. Курской ГСХА. – 2011. – Т. 1. – № 1. – С. 65-67.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1. РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b> .....	5
<b>2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ КОРМОВ</b> .....	13
2.1. Гранулирование.....	14
2.2. Экспандирование .....	23
2.3. Экструдирование.....	30
<b>3. НОВЫЕ КОРМОВЫЕ ИНГРЕДИЕНТЫ В СОСТАВЕ РЕЦЕПТУР КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ</b> .....	47
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	67
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	71



**Людмила Юрьевна Коноваленко,  
Николай Петрович Мишуров,  
Сергей Владимирович Пономарев,  
Юлия Викторовна Федоровых**

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ДЛЯ АКВАКУЛЬТУРЫ**

*Аналитический обзор*

Редактор *М.А. Обознова*  
Обложка художника *П.В. Жукова*  
Компьютерная верстка *Г.А. Прокопенковой*  
Корректоры: *В.А. Белова, Л.Т. Мехрадзе*

[fgnu@rosinformagrotech.ru](mailto:fgnu@rosinformagrotech.ru)

---

Подписано в печать 18.06.2020 Формат 60x84/16  
Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная  
Печ. л. 5 Тираж 500 экз. Изд. заказ 38 Тип. заказ 130

---

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,  
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

**ISBN 978-5-7367-1564-0**



785736 715640

## ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

**Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138)  
и редакцию с любого месяца и на любой период,  
перечислив деньги на наш расчетный счет.  
Стоимость подписки на 2020 г. с учетом доставки  
по Российской Федерации – 4752 руб. с учетом НДС (10%);  
396 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.**

Банковские реквизиты: УФК по Московской области  
(Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО)  
ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех»,  
п/с 20486Х71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России  
по ЦФО БИК 044525000 ОКТ МО 46758000

**Журнал уже получают тысячи сельхозтоваро-  
производителей России и стран СНГ**

В Информационном бюллетене Минсельхоза России  
Вы можете разместить свои аналитические  
и рекламные материалы, соответствующие целям  
и профилю журнала. Размещение рекламы  
можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех»  
перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92,  
(495) 993-55-83,  
(495) 993-44-04.

e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru

