

В.Ю. АГЕЕЦ¹, Ж.В. КОШАК¹, А.Э. КОШАК²

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОЛОГИЧЕСКИ ПОЛНОЦЕННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ РЫБ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

¹ *Институт рыбного хозяйства, Минск, Беларусь, e-mail: belniirh@tut.by*

² *Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию, Минск, Беларусь,
e-mail: info@belproduct.com*

Развитие рыбной отрасли республики зависит от качественных и биологически полноценных комбикормов. В отличие от комбикормов для других видов животных комбикормам для рыб уделяется недостаточное внимание. Производят эти корма на крупнотоннажных технологических линиях, и это не позволяет получать комбикорма стабильного качества, что в свою очередь приводит к тому, что рыболовные организации закупают импортные комбикорма. Комбикорма для рыб отличаются высоким содержанием протеина и жира. Большинство видов рыб практически не усваивает клетчатку и углеводы. Все это ставит перед разработчиками комбикормов задачи по разработке и поиску нового сырья способного в полной мере удовлетворить потребности рыб. Однако, разработка рецептуры это только 50 % всей работы, вторая часть зависит от того насколько правильно ведется технологический процесс производства. Технология производства влияет на структурно-механические свойства гранул, в первую очередь на их плотность. Плотность определяет поведение гранулы в воде (плавает, медленно тонет или тонет). Исследованиями установлено, что при изменении температуры при влаготепловой обработке комбикорма для карпа К-111 на 6 °С, его влажность возрастает на 4,2 %, а крошимость гранул снижается на 60 %. Получено, что управлять структурно-механическими свойствами гранул можно изменяя параметры влаготепловой обработки комбикорма перед прессованием. В то же время показано, что технология производства комбикормов для рыб с заданными свойствами требует изучения и развития. Намечены основные направления исследований в области развития и совершенствования комбикормов для рыб, основными из которых являются разработка новых видов современного сырья и совершенствование технологии их производства.

Ключевые слова: полноценные комбикорма, ресурсосберегающая технология, протеин, жир, клетчатка, экструдированные и гранулированные комбикорма, водостойкость и разбухаемость гранул для рыб.

V. AGEYETS¹, Z. KOSHAK¹, A. KOSHAK²

PROBLEMS AND PROSPECTS OF BIOLOGICALLY FULL FEED FOR FISH IN THE REPUBLIC OF BELARUS

¹*The Institute for Fish Industry, Minsk, Belarus, e-mail: belniirh@tut.by*

²*Scientific and Practical Center for Foodstuffs, Minsk, Belarus, e-mail: info@belproduct.com*

The development of the fishing industry of the republic depends on the quality and biologically valuable feed. In contrast to the feed for other animal species of mixed fodders for fish insufficient attention. Produce the these feed on high-performance production lines and it is not possible to obtain stable quality feed for the fish, which in turn leads to the fact that the organization hatcheries buy imported feed. Combined feed for fish are high in protein and fat. Most fish species hardly digestible fiber and carbohydrates. All this poses the problem of fodders developers to develop and search for new raw materials able to fully meet the needs of fish. However, the development of this formulation only 50% of the work, the second part depends on how the technological production process is conducted correctly. The production technology affects the structural and mechanical properties of the pellets in the first place to their density. Density determines the behavior of the granules in water (floating, slow sinking or sinking). Research has shown that when the temperature changes with the moisture-heat treatment of feed for carp K-111 is 6 °C, its moisture content increased by 4.2% and pellet crumbling is reduced by 60%. It was found that the control of structural and mechanical properties of the pellets can change the moisture-heat treatment of feed before compression. At the same time it is shown that the technology of production of animal feed for fish with specified properties requires learning and development. Outlined the main directions of research in the field of development and improvement of feed for fish, the main of which is the development of new types of modern materials and improve their production technology.

Keywords: high-grade feed, resource-saving technology, protein, fat, fiber, extruded and pelleted animal feed, water resistance and swelling capacity of pellets for fish.

Введение. В настоящее время добыча рыбы в морях и океанах является основным источником рыбной продукции для населения. Но возможности мирового океана сокращаются и это уже давно осознали за рубежом, где стремительно развивается аквакультура, т. е. выращивание рыбы и других гидробионтов в управляемых условиях с применением передовых технологий. В ряде стран объем выращиваемой рыбы приближается к объему выловленной из естественных водоемов, а порой и превышает его [1, 2].

Среди различных форм рыбоводства наибольшими возможностями быстрого увеличения объемов производства обладает индустриальное. Успехи этой формы рыбоводства в значительной степени зависят от сбалансированности и качества комбикормов. Поэтому в последние годы в мире, активно развивается производство комбикормов для рыб. Рост продукции аквакультуры и производства комбикормов представлен на рис. 1 [3].



Рисунок 1 – Рост продукции аквакультуры и производства комбикормов в мире

Крупнейшими европейскими странами производителями комбикормов для рыб являются Нидерланды, Бельгия, Германия, Великобритания, Франция. Эти страны обеспечивают комбикормами для рыб не только себя, но и такие страны как Польша, Венгрия, Португалия, Испания и др., благодаря открытию производств на их территории [4].

Российская Федерация также приняла программу «Государственная стратегия развития аквакультуры до 2020 г». Цель программы - разведение одомашненных видов и пород рыбы, создание условий для комплексного развития отрасли сельскохозяйственного рыбоводства. Для ее достижения предусмотрено решить семь задач, одна из которых это научно-техническое обоснование путей выхода на качественно новый уровень производства рыбных комбикормов, также упоминается о необходимости развивать комбикормовое производство. Однако в программе не определены какие-либо конкретные меры, не показаны объемы и ассортимент комбикормов для рыб, нет сведений, в каких объемах потребности рыбоводства будут покрываться за счет отечественного комбикорма, в каких - импортного. То есть производители этой продукции не видят перед собой конкретные задачи, которые они должны решить, чтобы помочь рыбоводам достичь

целей, поставленных перед ними государством, и считают, что поэтому роль товарного рыбоводства малозаметна в обеспечении продовольственной безопасности России [5].

Большинство российских комбикормов для рыб не могут заменить импортные корма из-за низкого качества. Низкая питательность и несбалансированный состав отрицательно влияют на продуктивность рыбы. На комбикормовых заводах распространены несоблюдение рецептуры, фальсификация компонентов, высокая крошимость и низкая водостойкость гранул, говорится в аналитических материалах Минсельхоза РФ [6, 7, 8].

Российские комбикормовые заводы ориентируются на продукцию для теплокровных сельскохозяйственных животных, которая не требует сильного измельчения кормового сырья, практически все предприятия используют устаревшую технологию сухого прессования (гранулирование с помощью пара). Эти технологии не подходят для наиболее ценных и дорогостоящих объектов аквакультуры – лососевых и осетровых видов рыб, поэтому высокобелковые корма, необходимые для индустриального рыбоводства, сегодня выпускают несколько комбикормовых заводов в Российской Федерации [9].

Мировая аквакультура давно сделала ставку на технологии экструдирования. Именно с развитием кормления рыб экструдированными комбикормами и связывают мировой рост выращивания рыбы. Российских поставщиков экструдированных кормов для лососевых и осетровых – единицы. Экструдирование кормов может повысить продуктивность карповых пород, для которых производится большая часть аквакультурных комбикормов. Доля высокобелковых рыбных кормов в России не превышает 10 % от общего объема производства, доля стартовых кормов для выращивания посадочного материала равна лишь 0,3 % [10].

Сами же комбикормщики Российской Федерации испытывают дефицит качественных компонентов. Рыбная мука поставляется в основном из-за рубежа и часто фальсифицируется. По данным Росстата, в 2014 году страна произвела 75 тыс. т рыбной муки. Для роста объемов производства рыбной муки Росрыболовство предлагает запретить рыбакам выбрасывать отходы промысла. Отходы промысловых видов водных биоресурсов составляют 20 % от объема вылова и это ценнейший ресурс для производства рыбной муки. В Российской Федерации широко привлекаются профильные НИИ по вопросам изучения возможности кормления рыб побочными продуктами переработки зерна, масложирового комплекса и микробиологической промышленности и т.п. [11, 12, 13].

В Республике Беларусь на сегодняшний день складывается сходная с Российской Федерацией ситуация. В рамках Государственной программы развития аграрного бизнеса

на 2016–2020 годы предусматривается доведение объемов производства товарной рыбы в республике до 18158 т, в том числе прудовой рыбы – 15771 т и ценных видов рыб – 1200 т. В Беларуси производят только гранулированные комбикорма для карпа, и то не для всех возрастных групп, ценные виды рыб кормят импортными кормами [14].

В республике наблюдается острая нехватка качественного и недорогого отечественного сырья, необходимого рыбе, особенно остро стоит вопрос с протеином животного происхождения (рыбная мука, животные гидролизаты и т.п.). Все это сырье закупается за рубежом, цена на него зависит от колебаний курса валюты, поэтому произвести конкурентоспособные отечественные комбикорма крайне сложно. В дополнение к этому, часто практикуется замены сырья в рецептурах комбикормов для рыб из-за его отсутствия или высокой цены на более дешевые компоненты. В Республике Беларусь большинство комбикормовых заводов имеют современные линии гранулирования, оснащенные оборудованием зарубежных производителей. На этих линиях производят комбикорма для птицы, свиней, КРС и рыбы. Поэтому их производительность высокая, перед запуском комбикорма для каждого вида и возраста рыбы, птицы, КРС, свиней необходима тщательная зачистка оборудования, для исключения подмешивания в комбикорма сырья из других рецептов. При запуске и настройке технологических режимов работы наблюдаются потери сырья, колебания качества комбикорма и т.п. Рыбоводные хозяйства, используя импортный комбикорм имеют всегда комбикорм из одних и тех же компонентов одного и того же качества, поэтому и отдают ему предпочтение. [15].

По этой причине целью работы – является разработка современных рецептур комбикормов для пресноводных рыб, разработка новых современных и эффективных кормовых продуктов, а также развитие технологий производства рыбных комбикормов.

Основная часть

В Республике Беларусь единственным научно-исследовательским институтом по разработке комбикормов для рыб является РУП «Институт рыбного хозяйства». За последние годы сотрудниками института разработаны рецептуры и технологии производства комбикормов для карпа разных возрастов, и большинство рыбхозов республики закупают именно эти комбикорма. Так, например, в 2016 году было выпущено на комбикормовом заводе ОАО «Березовский комбикормовый завод» 5400 т комбикорма для разновозрастного карпа по ТУ ВУ 100035627.018-2015 «Комбикорма гранулированные для сеголеток, двух- и трехлеток карпа», разработанным лабораторий кормов института. Комбикорм поставлялся в рыбхоз «Селец». Кроме этого, институтом разработаны и в 2016 году выпускались ОАО «Экомол» комбикорма для карпа

обогащенный липидами и позволяющий повысить выживаемость сеголетков карпа в процессе зимовки для рыбхоза «Новинки» и малокомпонентный комбикорм для двух- и трехлетков карпа [16]. Институт рыбного хозяйства также разработал рецептуры комбикормов для сеголетков лососевых и осетровых рыб и технические условия на эти комбикорма [17]. В настоящее время активно ведутся разработки лечебно-профилактических комбикормов против бактериальных инфекций карповых рыб, исследование и разработка новых сырьевых компонентов. При проведении таких научных исследований необходимо учитывать потребности пресноводной рыбы в питании, без этого невозможно получить биологически полноценные комбикорма.

Потребности в питании пресноводной рыбы. Водная среда определяет характерные особенности потребностей рыб в питательных веществах. Рыба требовательная к качеству белка, он должен быть полноценным по аминокислотному составу. Его количество в комбикорме определяется видом рыбы и ее возрастом и колеблется на уровне 23-60 % [18]. Рыбы не приспособлены к перевариванию и утилизации большого количества углеводов, поэтому их содержание в комбикорме должно быть минимальным [19]. Жиры рыб отличаются большим содержанием высоконенасыщенных жирных кислот типа линоленовой (омега 3), которые придают текучесть рыбьему жиру. В последние годы появилась тенденция значительного увеличения жира в составе рыбных кормов с целью снижения расхода белка в энергетическом обмене и сохранения его для роста. Количество жира в современных кормах достигает иногда 30 % и более, что повышает скорость роста рыб, увеличивает переваримость питательных веществ и т.д. [20].

Для лососевых видов в конце выращивания с целью придания мясу красного цвета требуется наличие в комбикорме специфического каротиноида – астаксантина. Он не синтезируется в организме рыб, практически не встречается в продуктах наземного происхождения и должен поступать с пищей в качестве незаменимого фактора питания. Потребность в витаминах при выращивании рыб обеспечивается обычно путем введения в комбикорма премиксов, включающих 14-15 витаминов. Особенностью минерального питания рыб является в том, что они получают макро- и микроэлементы не только с пищей, но и непосредственно из воды. Из микроэлементов крайне низкой концентрацией в природных пресных водах отличаются йод, кобальт, селен, поэтому особенно важно контролировать их присутствие в комбикорме. С другой стороны, ряд биогенных тяжелых металлов - железо, магний, цинк, марганец находятся часто в избытке из-за антропогенного загрязнения водоемов. Это обычно не учитывается при расчете содержания минеральных веществ в комбикормах [21].

Однако, составление биологически полноценной, сбалансированной по пищевой ценности рецептуры – это половины работы по получению эффективных комбикормов для рыб. Вторая половина работы – это технология производства комбикормов, которая меняет биохимический состав комбикормов и его структурно-механические свойства.

Особенности технологии и оборудования для производства комбикормов для рыб.

В настоящее время в Республике Беларусь развито только производство гранулированных комбикормов для карпа, причем выпускается в течение сезона в основном один комбикорм К-111, что связано с невысокой его стоимостью, в том числе из-за невысокого содержания протеина.

Процесс гранулирования является сложным процессом, наиболее энергоемким (до 70 % затрат электроэнергии при производстве комбикормов). При плохо подобранных режимах технологического процесса гранулирования все затраты электроэнергии включаются в стоимость готового комбикорма и приводят к удорожанию, что особенно часто происходит при выпуске небольших партий комбикормов.

При гранулировании происходят глубокие биохимические процессы в комбикорме, что приводит к изменению его биологической полноценности. На качество гранулированного комбикорма и удельную энергоемкость процесса существенно влияет состав комбикорма. В состав полнорационного комбикорма для рыб могут входить компоненты, которые плохо гранулируются (рыбная мука, соль, мел, молочная сыворотка), что существенно скажется не только на удельной энергоемкости процесса гранулирования, но и на структурно-механических свойствах гранул, в первую очередь на крошимости. Повышенная крошимость гранул снижает водостойкость гранул комбикорма, это повышает расход комбикорма при кормлении и как результат конечную стоимость товарной рыбы. Снизить крошимость гранул комбикорма можно только за счет оптимизации режимов гранулирования, не изменяя рецептуру. Для этого необходимо подобрать оптимальную температуру влаготепловой обработки комбикорма в смесителе-кондиционере пресс-гранулятора. Экспериментально было получено, что при изменении температуры в смесителе-кондиционере на 6 °С, влажность комбикорма возрастает на 4,2 %, при этом крошимость гранул снижается на 60 % для комбикорма К-111. Гранулы получаются прочные, биологическая ценность комбикорма возрастает за счет более глубокой денатурации белка, клейстеризации крахмала, однако при этом происходит некоторое снижение содержания биологически активных веществ (витаминов), что необходимо учитывать при составлении рецептур [22]. Денатурация белка и клейстеризация крахмала приводит к повышению усвояемости и питательной ценности

комбикорма при гранулировании за счет распада биополимеров (крахмал и протеин) до более простых соединений (декстрины и пептиды), которые легче усваиваются организмом рыбы [23].

Графические зависимости изменения влажности комбикорма перед прессованием и крошимости гранул комбикорма от температуры в смесителе-кондиционере представлены на рис. 2.

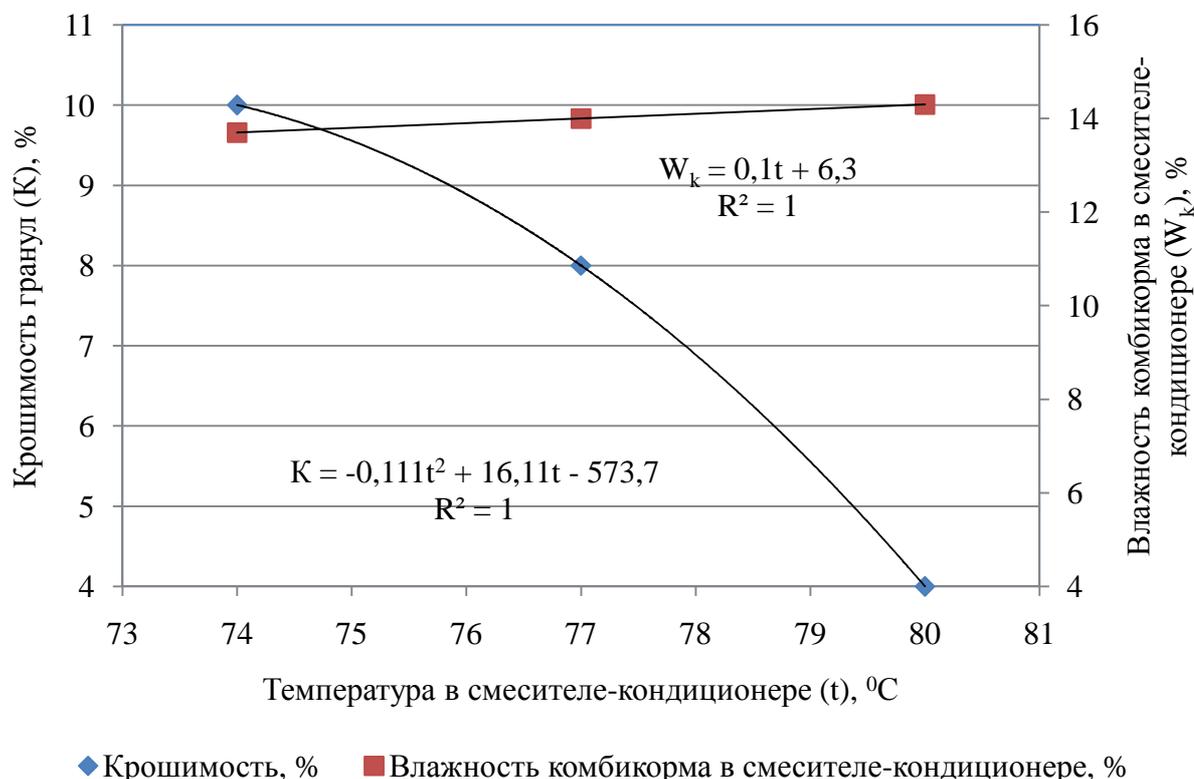


Рис.2 Зависимость влажности комбикорма и крошимости гранул от температуры в смесителе-кондиционере пресс-гранулятора

При производстве комбикормов для рыб необходимо оптимизировать технологические режимы гранулирования в зависимости от состава комбикорма для повышения его качества и биологической ценности. Изготовленные гранулы имеют высокую плотность, поэтому они, попадая в воду, быстро тонут, опускаются на дно, где при низкой водостойкости размокают и распадаются на мелкие частицы. Такой корм рыба поедает не полностью. Гранулы теряются в придонном иле, загнивают и существенно ухудшают экологию водоема. Очевидно, что увеличение водостойкости и обеспечение плавучести гранул снижает потери, значительно повышает эффективность кормления и улучшает экологическую обстановку водоема.

В настоящее время за рубежом в основном используются в кормлении рыб комбикорма, которые изготовлены по технологии экструдирования. Для экструдирования кормов используют специальные прессы-экструдеры, принцип работы которых

базируются на следующих технологических процессах: рассыпной комбикорм подается в экструдер с влажностью от 12 до 17 %. Процесс экструдирования проходит при давлении 3-5 МПа и температуре +120-200 °С. [24]. В основе экструзии кормов лежат три процесса: температурная обработка кормов под давлением, механохимическое деформирование и взрыв продукта во фронте ударного разряжения. При этом происходят глубокие деструктивные изменения в питательных веществах: крахмал расщепляется до декстринов и сахаров, протеины подвергаются денатурации. Так, в пшенице содержится: крахмала - 46,5 %, декстринов - 4,9 % и сахаров 5,3 %, а в экструдированной пшенице - 18,2 %; 21,9 % и 10,9 % соответственно. В ячмене крахмала 50,5 %; декстринов - 6,4 % и сахаров - 5,6 %, а в экструдированном - 11,8 %; 39,9 % и 9,6 % соответственно; в горохе крахмала - 25,8 %; декстринов - 5,5 % и сахаров - 3,0 %, а в экструдированном - 18,8 %; 8,1 % и 3,5 % соответственно. Видно, что после экструдирования уменьшается количество крахмала и увеличивается количество декстринов и сахаров. Питательные вещества при этом становятся более доступными для переваривания их рыбой, особенно для хищных видов. Также отмечено, что после экструдирования улучшаются вкусовые качества кормов, проходит инактивация ингибиторов ферментов, нейтрализация некоторых токсинов и уничтожение их продуцентов, что важно в кормлении рыб [25]. Протеин при экструдировании за счет кратковременного воздействия высокой температуры (100-130 °С) и давления распадается до элементарных аминокислот, что способствует хорошему усвоению комбикормов рыбой. Потери аминокислот при экструдировании наблюдаются, однако они не носят критический характер.

Экструдированные комбикорма для рыб в мире приобретают все большую популярность, однако для выпуска качественного экструдированного комбикорма для рыб необходимо глубокое изучение всех биохимических, физико-механических, структурных процессов, происходящих в процессе экструдирования для оптимизации технологических параметров. В республике только два комбикормовых завода, которые могут выпускать экструдированные комбикорма для рыб – ОАО «Жабинковский комбикормовый завод» и ОАО «Барановичхлебопродукт». Экструдированные комбикорма на этих предприятиях выпускают для ценных видов рыб (лососевые, осетровые). Однако, выпуск отечественных экструдированных комбикормов для ценных видов рыб в 2016 году не осуществлялся. Главная причина этого заключается в отсутствии стабильного качества отечественного экструдированного комбикорма для ценных видов рыб, высокая цена (разница с импортными кормами составляет 2 рубля) и, как результат, отсутствие спроса со стороны форелевых и осетровых хозяйств республики. Для того чтобы сместить приоритеты рыбоводов в сторону отечественных комбикормов, необходимо:

1) определить оптимальные режимы подготовки сырья, экструдирования, охлаждения, нанесение жира. При стабильных параметрах процессов качество комбикорма будет постоянным и будет зависеть только от качества сырья и рецептуры. Производство комбикормов для рыб должно быть организовано на отдельных низкопроизводительных линиях, не задействованных для производства кормов для других видов животных и птицы, как это организовано за рубежом;

2) повысить качество сырья, которое является залогом биологически полноценных и эффективных комбикормов для рыб. В настоящее время (особенно для ценных видов рыб) в рецептуре используется до 60 % импортного сырья (рыбная мука, подсолнечный шрот, соевый шрот и т.д.), по этой причине снизить стоимость отечественных комбикормов не представляется возможным. Для решения обеспеченности комбикормовой промышленности отечественным сырьем РУП «Институт рыбного хозяйства» начинает развивать современные безотходные технологии переработки в рамках ГПНИ «Агропромышленный комплекс и продовольственная безопасность» на 2016 - 2020 годы, в частности получение, изучение химического состава и свойств рыбного гидролизата из отходов переработки пресноводной рыбы в аквакультуре, который представляет собой чистый протеин, имеет стоимость сравнимую со стоимостью рыбной муки, имеет срок хранения до 5 лет при комнатной температуре и производство его экологически безвредно для окружающей среды;

3) наладить выпуск всей гаммы комбикормов для рыб. В Республике Беларусь актуален вопрос производства мальковых комбикормов, на данный момент у нас нет современных технологий и оборудования для их производства. Мальковые комбикорма за рубежом производят, используя технологию микрогранулирования или микроэкструдирования. Получают маленькие гранулы 1,0 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. Технология микрогранулирования и микроэкструдирования позаимствована из фармацевтической промышленности и ведущие производители комбикормов для рыбы ее широко используют [26]. Однако у нас 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 РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию» в рамках ГПНИ «Агропромышленный комплекс и продовольственная безопасность» разработал проект по

изучению и разработке собственного оборудования и технологии производства микрогранул комбикорма для мальков.

Заключение. Таким образом, анализ состояния производства комбикормов для рыб в нашей республике показывает необходимость разработки современных рецептов, учитывающий физиологические потребности рыбы. Необходимо развивать безотходные технологии переработки пищевого сырья с получением высокотехнологичных кормовых продуктов отечественного производства, что позволит снизить долю импортных компонентов в комбикормах для рыб и снизить их стоимость. Необходимо совершенствовать и оптимизировать технологии производства рыбных комбикормов, делая их ресурсосберегающими, что приведет к стабилизации их качества, снижению стоимости и повышению конкурентоспособности комбикормов на рынке. Также необходимо развивать новые современные технологии производства комбикормов для рыб, а именно мальковые комбикорма методом микрогранулирования и микроэкструдирования, что позволит снизить зависимость страны от импортных комбикормов.

Список использованных источников

1. Brug, C Global aquaculture outlook in the next decades: analysis of national aquaculture production forecasts to 2030 / C. Burg, N. Ridler // FAO Fisheries Circular. – 2004. - № 1001, Rome, FAO. – 47 p.
2. Щербина, М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. - М: издательство ВНИПРО, 2006. – 360 с.
3. Глубоковский, М.К. Россия в системе мирового рыболовства: смена вектора / М.К. Глубоковский, А.И. Глубоков, В.В. Лукин // Рыбное хозяйство. – 2014. – Москва, № 1. – С. 3-9.
4. FEFAС анализирует производство комбикормов в ЕС // Комбикорма. – 2014. – Москва, № 9. – С. 43-44.
5. Чего ждут комбикормщики, рыбоводы и население России // Комбикорма. – 2011. – Москва, № 7. – С. 13-14.
6. Остроумова, И.Н. Проблема качества рыбной муки и других компонентов кормов рыб / И.Н. Остроумова, А.К. Шумилина, А.В. Козьмина // Материалы междунар. науч. конф. Актуальные проблемы аквакультуры в современный период, г. Санкт-петербург. – СПб., 2012. – С. 127-129.

7. Рыжков, Л.П. Некоторые результаты и проблемы разработки комбикормов для лососевых рыб / Л.П. Рыжков // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Биологические основы рационального кормления рыб. - 1986. - Вып. 49.- С.99-105.
8. Мамонтов, Ю. П. Прудовое рыбоводство. Современное состояние и перспективы развития рыбоводства в Российской Федерации: производственно-практич. издание / Ю. П. Мамонтов, В. Я. Складов, Н. В. Стецко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 216 с.
9. Гамыгин, Е. А. Проблемы разработки и качества комбикормов для рыб / Е. А. Гамыгин, А. Н. Канидьева, В. И. Турецкий // Труды ВНИИПРХ. Вопросы разработки и качества комбикормов. – 1989. – Вып. 57. – С. 3 – 8.
10. Алексеев, А. П. Аквакультура – вызов времени / А. П. Алексеев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2011. – Москва, №7. – С. 3 – 9.
11. Абросимова, Н. А. Кормовое сырье для объектов аквакультуры / Н. А. Абросимова, С. С. Абросимов, Е. М. Саенко. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. – 144 с.
12. Остроумова, И. Н. Теоретические основы использования высокобелковых и высокопротеиновых продуктов микробиосинтеза для замены рыбной муки в кормах для рыб / И. Н. Остроумова, Т. И. Абросимова // Сб. науч. трудов ГосНИОРХ. Актуальные проблемы кормления рыб индустриального рыбоводства. – 1981. – Вып. 176. – С. 3 – 28.
13. Дацун, В.М. Кормовые продукты. Рыбная мука / В.М. Дацун // Технология продуктов и гидробионтов.- М: Колос, 2001.- С.403-417.
14. Агеец, В.Ю. Современное состояние и перспективы развития комбикормов для пресноводных рыб / В.Ю. Агеец, Ж.В. Кошак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 32 / Под общ. Ред. В.Ю. Агееца. – Минск, 2016. – С. 75-86.
15. Агеец, В.Ю. Состояние аквакультуры в Республике Беларусь: возможности инновационного развития и научное обеспечение / В.Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 31 / Под общ. Ред. В.Ю. Агееца. – Минск, 2015. – С. 14-24.
16. Гадлевская, Н.Н. Влияние содержания уровня липидов в кормах зимостойкость и физиологическое состояние сеголетков карпа / Н.Н. Гадлевская, М. Н. Тютюнова, С. М. Дегтярик, И. Н. Селивончик, И. А. Орлов// Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 32 / Под общ. Ред. В.Ю. Агееца. – Минск, 2016. – С. 86-96.
17. Гадлевская, Н.Н. Оценка физиологического состояния сеголетков форели при использовании отечественного экструдированного комбикорма / Н.Н. Гадлевская, С. М. Дегтярик, И. Н. Селивончик, М. Н. Тютюнова, И. А. Орлов// Вопросы рыбного

хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. Вып. 29/ Под общ. Ред. В.Ю. Агееца. – Минск, 2013. – С. 123-128.

18. Желтов, Ю.А. Рецепты комбикормов для выращивания рыб разных видов и возрастов в промышленном рыбоводстве / Ю.А. Желтов. – Киев: Фирма «ИНКОС», 2006. – 154 с.

19. Васильева, О.Б. Влияние комбикормов различного состава на ростовые процессы радужной форели *Parasalmo Mykiss* (Walbaum 1792) / О.Б. Васильева, М.А. Назарова, Р.О. Рипатти, Н.Н. Немова // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. - № 11. – С. 99-108.

20. Бахтиярова, Ш.К. Процессы перекисного окисления липидов у осетровых рыб при кормлении различными кормами / Ш.К. Бахтиярова, Б.А. Джусипбекова, Б.И. Жаксымов, Е.К. Макашев и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. - №5. – С. 595-598.

21. Афанасьев, В.А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов / В.А. Афанасьев. – Воронеж, 2008. – 196 с.

22. Кошак, Ж.В. Влияние состава комбикормов на удельную энергоёмкость процесса гранулирования / Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак // Комбикорма. – 2012. - Москва, № 2 – С. 63-64.

23. Дарманьян, П.М. Проблемы регулирования качества гранулированных комбикормов и их компонентов / П.М. Дарманьян// ЦНИИТЭИ хлебопродуктов. – Сер. Комбикормовая промышленность.–1993.–52 с.

24. Рудой, Д.В. Исследование процесса экструдирования комбикормов для рыб / Д.В. Рудой // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. - № 3(33). – С. 95-97.

25. Остриков, А. Экструдирование комбикормов: новые подходы и перспективы / А. Остриков, В. Василенко // Комбикорма. – 2011. – Москва, № 8 – С. 39-42.

26. Технологии инкапсуляции / Фармацевтические технологии и упаковка. – 2014. - № 6 (244). – С. 44-47.