ISSN 1817-7204(print)
УДК 639.3.043.2(476)

Поступила в редакцию 20.12.2016
Received 20.12.2016

В. Ю. Агеец[1], Ж. В. Кошак[1], А. Э. Кошак[2]

[1]Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь
[2]Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, Республика Беларусь

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

Развитие аквакультуры в последние десятилетия демонстрирует стремительный рост. В ряде стран объемы выращиваемой рыбы уже превышают объемы выловленной рабы из естественных водоемов. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных кормовых продуктов, а также развития технологий производства рыбных комбикормов. В Республике Беларусь уже разработаны рецептуры и технологии производства кормов для карпа разных возрастов, сеголеток лососевых и осетровых рыб и технические условия на эти комбикорма. В настоящее время ведутся разработки лечебно-профилактических комбикормов против бактериальных инфекций карповых рыб, исследование и разработка новых сырьевых компонентов. Дальнейшее развитие рыбной отрасли республики зависит от качественных и биологически полноценных комбикормов. В статье рассмотрены особенности питания пресноводной рыбы. 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. Предложены рекомендации по развитию безотходных технологий переработки пищевого сырья с получением высокотехнологичных кормовых продуктов отечественного производства, а именно мальковых комбикормов методом микрогранулирования и микроэкстудирования, что позволит снизить зависимость страны от импортных комбикормов.

Ключевые слова: аквакультура, рыбные комбикорма, экструдированные и гранулированные комбикорма, микрогранулирование, микроэкструдирование, ресурсосберегающая технология

V. U. Ageyets[1], Z. V. Koshak[1], A. E. Koshak[2]

[1]The Institute for Fish Industry, the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, the Republic of Belarus
[2]The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs, Minsk, the Republic of Belarus

PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF PRODUCTION OF BIOLOGICALLY COMPLETE COMPOUND FEEDS FOR FISH IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Development of aquaculture in recent decades demonstrates rapid growth. In a number of countries the volume of bred fish already exceeds the volume of caught fish from natural reservoirs. In this regard there is a need to develop efficient feed products, as well as develop technologies for fish feed production. In the Republic of Belarus, the formulations and technologies are already developed for production of feeds for carp of different ages, young salmon and sturgeon fish, as well as requirement specifications for these feeds. At present, developments are in progress for therapeutic and preventive compound feeds against bacterial infections of carp fish, researches and development of new raw materials components. The further development of the fish industry of the republic depends on high-quality and biologically complete compound feeds. The article considers peculiarities of freshwater fish feeding. The main directions of research in the field of development and improvement of compound feeds for fish are outlined, the main of which are the development of new types of modern raw materials and improvement of production technology thereof. Recommendations are proposed for development of waste free technologies for processing raw food products with obtaining high-tech feed products of domestic production, namely fry compound feeds by microgranulation and microextruding methods, which will allow to reduce the country's dependence on imported compound feeds.

Keywords: aquaculture, fish compound feeds, extruded and granulated compound feeds, microgranulation, microextruding, resource-saving technology

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

© Агеец В. Ю., Кошак Ж. В., Кошак А. Э., 2017

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].



Рис. 1. Рост продукции аквакультуры и производства комбикормов в мире

Fig. 1. Growth of aquaculture production and production of compound feeds in the world

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

Российская Федерация также приняла программу «Государственная стратегия развития аквакультуры до 2020 года». 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. В аналитических материалах Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [6–8] указано, что на комбикормовых заводах распространены несоблюдение рецептуры, фальсификация компонентов, высокая крошимость и низкая водостойкость гранул.

Российские комбикормовые заводы ориентируются на продукцию для теплокровных сельскохозяйственных животных, так как она 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 г. 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. [11–13].

В Республике Беларусь на сегодняшний день складывается похожая с Российской Федерацией ситуация. В рамках Государственной программы развития аграрного бизнеса на 2016–2020 годы предусматривается доведение объемов производства товарной рыбы в республике до 18 158 т, в том числе прудовой рыбы – 15 771 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 замена 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, всегда имеют комбикорм из одних и тех же компонентов одного и того же качества, поэтому и отдают ему предпочтение [15].

Цель работы – разработка современных рецептур комбикормов для пресноводных рыб, разработка новых современных и эффективных кормовых продуктов, а также развитие технологий производства рыбных комбикормов.

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 г. было выпущено на комбикормовом заводе ОАО «Березовский комбикормовый завод» 5400 т комбикорма для разновозрастного карпа по ТУ BY 100 035 627.018–2015 «Комбикорма гранулированные для сеголеток, двух- и трехлеток карпа», разработанные лабораторий кормов института. Комбикорм поставлялся в рыбхоз «Селец». Кроме этого, институтом разработаны и в 2016 г. выпускались ОАО «Экомол» комбикорма для карпа, обогащенные липидами и позволяющие повысить выживаемость сеголеток карпа в процессе зимовки для рыбхоза

«Новинки» и малокомпонентный комбикорм для двух- и трехлетков карпа [16]. Институт рыбного хозяйства также разработал рецептуры комбикормов для сеголеток 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, поэтому 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, следовательно, 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 то, 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 – находится часто в избытке из-за антропогенного загрязнения водоемов. Это обычно не учитывается при расчете содержания минеральных веществ в комбикормах [21].

Таким образом, 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.

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

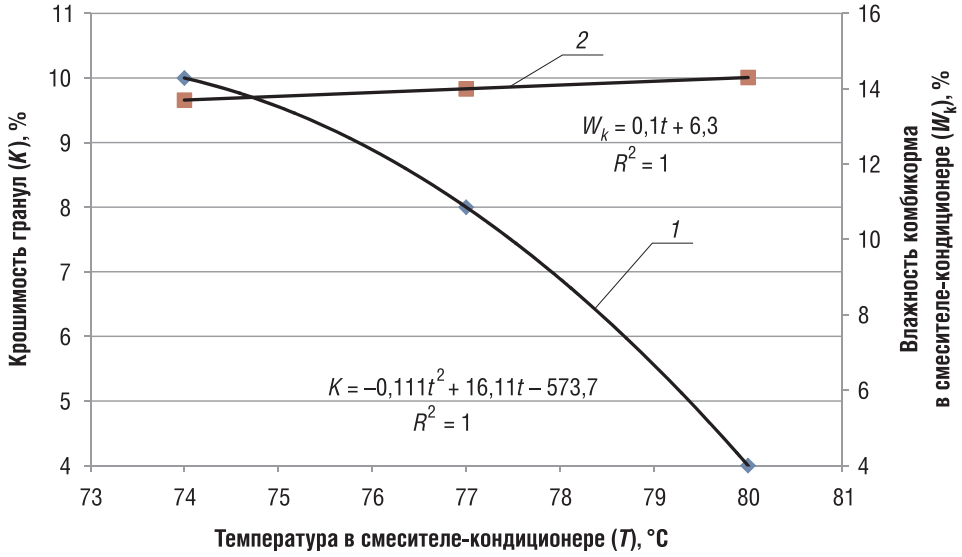


Рис. 2. Зависимость влажности комбикорма (*1*) и крошимости гранул (*2*) от температуры в смесителе-кондиционере пресс-гранулятора

Fig. 2. Dependence of compound feed moisture content (*1*) and pellets granularity (*2*) on the temperature in the conditioner mixer of pelleting press

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 [23]. 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 [24]. 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 (лососевых, осетровых), однако выпуск отечественных экструдированных комбикормов для ценных видов рыб в 2016 г. 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 руб.) 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, срок хранения составляет до 5 лет при комнатной температуре, а 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 в настоящее время ведущие производители комбикормов для рыбы ее широко используют [25]. Однако в республике 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 «Научно-практический центр 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 рецептур, учитывающий физиологические потребности рыбы. Необходимо развивать безотходные технологии переработки пищевого сырья с получением высокотехнологичных кормовых продуктов отечественного производства, что позволит уменьшить 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 qutlook in the next decades: analysis of national aquaculture production forecasts to 2030 / C. Burg, N. Ridler. – Rome : FAO, 2004. – 47 p. – (FAO Fisheries Circular ; № 1001).

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

3. *Глубоковский, М.К.* Россия в системе мирового рыболовства: смена вектора / М.К. Глубоковский, А.И. Глубоков, В.В. Лукин // Рыб. хоз-во. – 2014. – № 1. – С. 3–9.

4. FEFAC анализирует производство комбикормов в ЕС // Комбикорма. – 2014. – № 9. – С. 43–44.

5. Чего ждут комбикормщики, рыбоводы и население России // Комбикорма. – 2011. – № 7. – С. 13–14.

6. *Остроумова, И.Н.* Проблема качества рыбной муки и других компонентов в кормах для рыб / И.Н. Остроумова, А.К. Шумилина, А.В. Козьмина // Актуальные проблемы аквакультуры в современный период : материалы междунар. науч. конф., г. Ростов-на-Дону, 28 сент. – 2 окт. 2015 г. / Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. – Ростов н/Д, 2015. – С. 127–129.

7. *Рыжков, Л.П.* Некоторые результаты и проблемы разработки комбикормов для лососевых рыб / Л.П. Рыжков // Биологические основы рационального кормления рыб : сб. науч. тр. / ВНИИ прудового рыб. хоз-ва. – М., 1986. – Вып. 49. – С. 99–105.

8. *Мамонтов, Ю.П.* Прудовое рыбоводство. Современное состояние и перспективы развития рыбоводства в Российской Федерации : произв.-практ. изд. / Ю.П. Мамонтов, В.Я. Скляров, Н.В. Стецко. – М. : Росинформагротех, 2010. – 216 с.

9. *Гамыгин, Е.А.* Проблемы разработки и качества комбикормов для рыб / Е.А. Гамыгин, А.Н. Канидьев, В.И. Турецкий // Вопросы разработки и качества комбикормов : сб. науч. тр. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т прудового рыб. хоз-ва. – М., 1989. – Вып. 57. – С. 3–8.

10. *Алексеев, А.П.* Аквакультура – вызов времени / А.П. Алексеев // Рыбоводство и рыб. хоз-во. – 2011. – № 7. – С. 3–9.

11. *Абросимова, Н.А.* Кормовое сырье для объектов аквакультуры / Н.А. Абросимова, С.С. Абросимов, Е.М. Саенко ; Азов. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. – Ростов н/Д : 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 // Актуальные проблемы кормления рыб в индустриальном рыбоводстве : сб. науч. тр. / ГосНИОРХ. – Л., 1981. – Вып. 176. – С. 3–28.

13. *Дацун, В.М.* Кормовые продукты / В.М. Дацун // Технология продуктов из гидробионтов / С.А. Артюхова [и др.] ; под ред. Т.М. Сафроновой, В.И. Шендерюка.– М., 2001. – Гл. 8. – С. 403–432.

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. / Ин-т рыб. хоз-ва НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2016. – Вып. 32. – 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. / Ин-т рыб. хоз-ва НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2015. – Вып. 31. – С. 14–24.

16. Влияние содержания уровня липидов в кормах на зимостойкость и физиологическое состояние сеголетков карпа / Н.Н. Гадлевская [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2016. – Вып. 32. – С. 86–96.

17. Оценка физиологического состояния сеголетков форели при использовании отечественного экструдированного комбикорма / Н.Н. Гадлевская [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2013. – Вып. 29. – С. 123–128.

18. *Желтов, Ю. А.* Рецепты комбикормов для выращивания рыб разных видов и возрастов в промышленном рыбоводстве / Ю. А. Желтов ; Укр. акад. аграр. наук, Ин-т рыб. хоз-ва. – Киев : ИНКОС, 2006. – 154 с.

19. Влияние комбикормов различного состава на ростовые процессы радужной форели Parasalmo Mykiss (Walbaum 1792) / О. Б. Васильева [и др.] // Тр. Карел. науч. центра Рос. акад. наук. – 2015. – № 11. – С. 99–108.

20. Процессы перекисного окисления липидов у осетровых рыб при кормлении различными кормами / Ш. К. Бахтиярова [и др.] // Междунар. журн. приклад. и фундам. исслед. – 2016. – № 5. – С. 595–598.

21. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов : в 2 т. / под ред. В. А. Афанасьева. – Воронеж, 2008. – Т. 1. – 196 с.

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

23. *Рудой, Д. В.* Исследование процесса экструдирования комбикормов для рыб / Д. В. Рудой // Вестн. Казан. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 3 (33). – С. 95–97.

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

25. Технологии инкапсуляции // Фармацевт. технологии и упаковка. – 2014. – № 6 (244). – С. 44–47.

References

1. Brug C., Ridler N. Global aquaculture outlook in the next decades: analysis of national aquaculture production forecasts to 2030. Rome, FAO, 2004. 47 p.

2. Shcherbina M.A., Gamygin E.A. *Kormlenie ryb v presnovodnoy akvakul'ture* [Fish feeding in freshwater aquaculture]. Moscow, VNIRO Publishing House, 2006. 360 p. (In Russian).

3. Glubokovskiy M.K., Glubokov A.I., Lukin V.V. *Rossiya v sisteme mirovogo rybolovstva: smena vektora* [Russia in the system of world fisheries: change of the vector]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2014, no. 1, pp. 3–9. (In Russian).

4. *FEFAC analiziruet proizvodstvo kombikormov v ES* [FEFAC's analysis of compound fish production in the EU]. *Kombikorma* [Compound feeds], 2014, no. 9, pp. 43–44. (In Russian).

5. *Chego zhdut kombikormshchiki, rybovody i naselenie Rossii* [What feed millers, fish farmers and the population of Russia are waiting for]. *Kombikorma* [Compound feeds], 2011, no. 7, pp. 13–14. (In Russian).

6. Ostroumova I.N., Shumilina A.K., Koz'mina A.V. *Problema kachestva rybnoy muki i drugikh komponentov v kormakh dlya ryb: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Rostov-na-Donu, 28 sentyabrya – 2 oktyabrya 2015 g.* [Problem of the quality of fishmeal and other components in fish feeds: materials of the International scientific conference, Rostov-on-Don, September 28 – October 2, 2015]. Rostov on Don, 2015, pp. 127–129. (In Russian).

7. Ryzhkov L.P. *Nekotorye rezul'taty i problemy razrabotki kombikormov dlya lososevykh ryb* [Some results and problems of the development of mixed fodders for salmonid fishes]. *Biologicheskie osnovy ratsional'nogo kormleniya ryb: sbornik nauchnykh trudov* [Biological fundamentals of rational fish feeding: a collection of scientific papers]. Moscow, 1986, no. 49, pp. 99–105. (In Russian).

8. Mamontov Yu.P., Sklyarov V.Ya., Stetsko N.V. *Prudovoe rybovodstvo. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya rybovodstva v Rossiyskoy Federatsii* [Pond fish farming. Current state and prospects for the development of fish farming in the Russian Federation]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2010. 216 p. (In Russian).

9. Gamygin E.A., Kanid'ev A.N., Turetskiy V.I. *Problemy razrabotki i kachestva kombikormov dlya ryb* [Problems of the development and quality of mixed fodders for fish]. *Voprosy razrabotki i kachestva kombikormov: sbornik nauchnykh trudov* [Problems of the development and quality of mixed fodders: a collection of scientific papers]. Moscow, 1989, no. 57, pp. 3–8. (In Russian).

10. Alekseev A.P. *Akvakul'tura – vyzov vremeni* [Aquaculture – time call]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo* [Pisciculture and Fisheries], 2011, no. 7, pp. 3–9. (In Russian).

11. Abrosimova N.A., Abrosimov S.S., Saenko E.M. *Kormovoe syr'e dlya ob'ektov akvakul'tury* [Fodder raw materials for aquaculture objects]. Rostov on Don, Everest Publ., 2005. 144 p. (In Russian).

12. Ostroumova I.N., Abrosimova T.I. *Teoreticheskie osnovy ispol'zovaniya vysokobelkovykh i vysokoproteinovykh produktov mikrobiosinteza dlya zameny rybnoy muki v kormakh dlya ryb* [Theoretical bases for the use of high-protein microbiosynthesis products for the replacement of fishmeal in fish feeds]. *Aktual'nye problemy kormleniya ryb v industrial'nom rybovodstve: sbornik nauchnykh trudov* [Actual problems of fish feeding in industrial fish farming: a collection of scientific papers]. Leningrad, 1981, no. 176, pp. 3–28. (In Russian).

13. Datsun V.M. *Kormovye produkty* [Fodder products]. *Tekhnologiya produktov iz gidrobiontov* [Technology of products from hydrobionts]. Moscow, 2001, pp. 403–432. (In Russian).

14. Ageets V.Yu., Koshak Zh.V. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya kombikormov dlya presnovodnykh ryb* [Modern status and compound feeds development prospects for freshwater fish]. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Belarus Fish Industry Problems: collection of scientific papers]. Minsk, 2016, no. 32, pp. 75–86. (In Russian).

15. Ageets V.Yu. *Sostoyanie akvakul'tury v Respublike Belarus': vozmozhnosti innovatsionnogo razvitiya i nauchnoe obespechenie* [State of aquaculture in the Republic of Belarus: potential for innovation development and scientific support]. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Belarus Fish Industry Problems: collection of scientific papers]. Minsk, 2015, no. 31, pp. 14–24. (In Russian).

16. Gadlevskaya N.N., Tyutyunova M.N., Degtyarik S.M., Selivonchik I.N., Orlov I.A. *Vliyanie soderzhaniya urovnya lipidov v kormakh na zimostoykost' i fiziologicheskoe sostoyanie segoletkov karpa* [Influence of lipid content in feed on win-

ter hardiness and physiological state of carp underyearlings]. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Belarus Fish Industry Problems: collection of scientific papers]. Minsk, 2016, no. 32, pp. 86–96. (In Russian).

17. Gadlevskaya N.N., Degtyarik S.M., Selivonchik I.N., Tyutyunova M.N., Orlov I.A. *Otsenka fiziologicheskogo sostoyaniya segoletkov foreli pri ispol'zovanii otechestvennogo ekstrudirovannogo kombikorma* [Evaluation of the physiological state of trout fingerlings while using extruded combined feedstuff of domestic production]. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov* [Belarus Fish Industry Problems: a collection of scientific papers]. Minsk, 2013, no. 29, pp. 123–128. (In Russian).

18. Zheltov Yu.A. *Retsepty kombikormov dlya vyrashchivaniya ryb raznykh vidov i vozrastov v promyshlennom rybovodstve* [Recipes of mixed fodders for raising fish of different species and ages in industrial fish farming]. Kiev, INKOS Publ., 2006. 154 p.

19. Vasil'eva O.B., Nazarova M.A., Ripatti R.O., Nemova N.N. *Vliyanie kombikormov razlichnogo sostava na rostovye protsessy raduzhnoy foreli Parasalmo Mykiss (Walbaum 1792)* [Influence of mixed fodders of various composition on the growth processes of rainbow trout Parasalmo Mykiss (Walbaum 1792)]. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences], 2015, no. 11, pp. 99–108. (In Russian).

20. Bakhtiyarova Sh.K., Dzhusipbekova B.A., Zhaksymov B.I., Makashev E.K., Erlan A.E., Alpysbaeva K.K., Khasenova Kh.Kh. *Protsessy perekisnogo okisleniya lipidov u osetrovykh ryb pri kormlenii razlichnymi kormami* [Processes of lipid peroxidation in sturgeons when fed with various feeds]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2016, no. 5, pp. 595–598. (In Russian).

21. Afanas'ev V.A. (ed.) *Rukovodstvo po tekhnologii kombikormov, belkovo-vitaminno-mineral'nykh kontsentratov i premiksov* [Guidance on the technology of mixed fodders, protein-vitamin-mineral concentrates and premixes]. Voronezh, 2008, vol. 1. 196 p. (In Russian).

22. Koshak Zh.V., Koshak A.E. *Vliyanie sostava kombikormov na udel'nuyu energoemkost' protsessa granulirovaniya* [The compound feed composition effect on specific power consumption during granulation]. *Kombikorma* [Compound feeds], 2012, no. 2, pp. 63–64. (In Russian).

23. Rudoy D.V. *Issledovanie protsessa ekstrudirovaniya kombikormov dlya ryb* [Research of the process of extruding of feed-stuffs for fish]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Kazan State Agrarian University], 2014, no. 3 (33), pp. 95–97.

24. Ostrikov A., Vasilenko V. *Ekstrudirovanie kombikormov: novye podkhody i perspektivy* [Compound feeds extruding: new approaches and prospects]. *Kombikorma* [Compound feeds], 2011, no. 8, pp. 39–42.

25. *Tekhnologii inkapsulyatsii* [Encapsulation technologies]. *Farmatsevticheskie tekhnologii i upakovka* [Pharmaceutical technologies and packaging], 2014, no. 6 (244), pp. 44–47.

Информация об авторах

Агеец Владимир Юлианович – доктор с.-х. наук, профессор, директор, Институт рыбного хозяйства (ул. Стебнева, 22, 220024 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ageyets@tut.by

Кошак Жанна Викторовна – кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов, Институт рыбного хозяйства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Стебнева, 22, 220024 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: koshak.zn@gmail.com

Кошак Артур Эдуардович – кандидат технических наук, доцент, и. о. начальника отдела новых технологий и техники, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Information about the author

Ageyets Vladimir Yu. – D. Sc. (Agricultural), Professor. The Fish Industry Institute, the National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva Str., Minsk, 220024, Republic of Belarus). E-mail: ageyets@tut.by

Koshak Zhanna V. – Ph. D. (Engineering), Associate Professor. The Fish Industry Institute, the National Academy of Sciences of Belarus (22 Stebeneva Str., Minsk, 220024, Republic of Belarus). E-mail: koshak.zn@gmail.com

Koshak Artur E. – Ph. D. (Engineering), Associate Professor. The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlov Str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Для цитирования

Агеец, В. Ю. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь / В. Ю. Агеец, Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 2. – С. 91–99.

For citation

Ageyets V.Y., Koshak Z.V., Koshak A.E. Problems and perspectives of production of biologically complete compound feeds for fish in the Republic of Belarus *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series], 2017, no 2, pp. 91–99.