

УДК 633.367:639.3.043.2

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮПИНА В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ В ТОВАРНОМ РЫБОВОДСТВЕ: ОБЗОР

РУЦКАЯ В. И., кандидат биологических наук

ТИМОШЕНКО Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук

*ВНИИ люпина — филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»**241524, Россия, Брянская обл., Брянский р-н, пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2*

E-mail: rvi15@mail.ru

В статье приведён анализ научных данных по изучению и оценке путей укрепления кормовой базы рыбководства. В последнее время в связи с проблемой импортозамещения возникла необходимость вернуться к организации производства отечественных кормов для рыб. В нашей стране в рыбководном хозяйстве основным объектом является радужная форель, при интенсивном выращивании которой основную статью затрат (45–55% всех возможных расходов) составляют затраты на корм. Одним из доступных путей снижения стоимости комбикорма и укрепления кормовой базы рыбководства является использование нетрадиционного растительного сырья. Наиболее важным компонентом в комбикормах для всех видов рыб считается белок, основным источником которого в настоящее время является дорогостоящая рыбная мука. В качестве альтернативы белку рыбной муки может быть использован растительный белок зерна люпина, содержание которого составляет 32–46%, что в 3 раза больше, чем в зерне злаковых культур. Люпин является также источником жира, макро-, микроэлементов, каротина. Включение люпина в корма для рыб положительно влияет на показатели их физиологического состояния. По литературным данным, с включением 35% люпиновой муки с частичной заменой ею рыбной муки (на 15%), соевого шрота и пшеничной муки (по 10%) снижается общая стоимость сырья на 2,95 руб. на 1 кг приростов. Денежные затраты на сырьё уменьшаются на 19,1%. Полученные данные позволяют рассматривать люпин как один из перспективных источников полноценного белка для рыбы в аквакультуре.

**Ключевые слова:** аквакультура, растительный белок, люпин, рыбная мука, импортозамещение, радужная форель, русский осётр, уровень рентабельности.

**М**ировая аквакультура относится к динамично развивающимся направлениям производства продовольствия. Рыба — один из важнейших продуктов в питании человека. Повышение продуктивности рыбководных предприятий является одной из главных задач дальнейшего развития рыбководства в стране. В настоящее время наблюдается активное стремление к развитию индустриальных форм аквакультуры — выращиванию рыбы и других гидробионтов в управляемых условиях. Производители изучают лучшие разработки российских и зарубежных учёных и специалистов по выращиванию рыб в аквакультуре, составлению рецептур, приготовлению, использованию высококачественных и сбалансированных кормов, изучению их питательности. Сделан анализ научных исследований о роли питательных веществ и условий содержания в жизнедеятельности рыб и о потребности корма для их нормального роста (Понамарёв, Понамарёва, 2003; Щербина, Гамыгин, 2006; Скляр, 2008; Остроумова, 2012; Есавкин, Панов и др., 2011). Использование нетрадиционных кормовых средств в рыбководстве является новым перспективным направлением, способным решить проблему дефицита кормов для рыб.

Кроме того, в течение ряда лет аквакультура и воспроизводство рыбы попали в полную зависимость от зарубежной кормопроизводства. В последнее время в связи с проблемой

импортозамещения возникла необходимость вернуться к организации производства отечественных кормов для рыб. Так, в лаборатории аквакультуры и воспроизводства ценных видов рыб ГосНИОРХ были разработаны отечественные гранулированные корма для форели, а также корма и режимы кормления для карпа — от личинок до производителей — в тёплых водах, созданы корма для молоди сиговых (Остроумова, Костюничев, 2016). На примере разработанного в лаборатории корма КСМ-4 для молоди сиговых, а именно молоди муксуна, в экспериментальных бассейнах были получены сопоставимые данные по скорости роста рыб, выживаемости, кормовым коэффициентам, вариабельности их размеров в сравнении с широко применяемым на тот момент в России кормом известной фирмы «БиоМар» (Дания). Корм КСМ-4 не уступает по питательной ценности импортному и даёт сходные рыбководно-биологические результаты.

При интенсивном выращивании рыбы первостепенное значение приобретает полноценное и сбалансированное кормление. В РФ занимаются разработкой научно обоснованных рецептур комбикормов практически для всех видов рыб (Остроумова, 2012; Гамыгин, 2012; Костюничев, Богданова и др., 2015; Остроумова, Костюничев, 2016). Однако остаётся открытой проблема повышения полноценности кормов с учётом новейших достижений в области питания рыб,

улучшения качества, расширения ассортимента, повышения конкурентоспособности.

В настоящее время остаётся актуальным вопрос о сокращении затрат на приобретение корма, изучении новых видов кормового сырья с оценкой его питательной ценности, доступности и экономической эффективности, поэтому поиск возможных путей оптимизации наиболее востребован. Потребляемый рыбой комбикорм, влияющий на рост и регуляцию обмена веществ, должен содержать определённое количество белка, жира, углеводов и минеральных веществ (Рыжков, Дзюбук и др., 2013, Скляр, 2003).

Белок является структурной основой тканей живого организма, обеспечивая их рост и обновление, выполняет широкий диапазон других функций. Основным источником белка и наиболее важным компонентом в комбикормах для всех видов рыб считается рыбная мука, на мировом и российском рынках наблюдается её дефицит и стоимость сравнительно высока. А рыбы отличаются высокой потребностью в белке, значительно большей, чем высшие позвоночные. Эта особенность является характерной чертой большинства видов рыб, она была учтена исследователями при составлении кормовых рецептов для содержания рыбы в искусственных условиях (Скляр, 2008). В связи с этим перед учёными и производственниками стоит задача найти равнозначные по питательности и менее затратные белоксодержащие компоненты комбикормов для объектов аквакультуры, способные частично или полностью заменить рыбную муку.

В качестве источника растительного белка наиболее подходящими являются бобовые культуры. В настоящее время активно продолжают изучение и оценку органолептических, физических, физико-химических и химических показателей качества бобовых культур как сырья для включения в комбикорма для рыб (Кошак, Рукшан и др., 2017; Ветошкина, Кохович и др., 2020). Зерно бобовых культур характеризуется высоким содержанием сырого протеина — до 38–40%. Жирокислотный состав зерна отличается преобладанием физиологически важных для рыб видов кислот, таких как линолевая, олеиновая. По сравнению с зерновыми культурами в зерне бобовых в 1,5–3 раза больше содержание лизина (Щербина, Гамыгин, 2006).

Среди бобовых культур наиболее перспективным источником растительного белка признан люпин, который является относительно новым компонентом в кормах для рыб, ввод его в комбикорма позволит частично или полностью заменить им дорогостоящие белковые составляющие, такие как рыбная мука, соевый шрот и др. Так, среднее содержание белка в зерне люпина колеблется от 32 до 46%, что в 3 раза больше, чем в зерне злаковых культур, и в 1,5 раза больше, чем у гороха и вики. Люпин является источником не только растительного белка, но и макро- и микроэлементов. Включение люпина в корма для рыб положительно влияет на показатели их физиологического состояния. Зерно белого люпина также выделяется и по содержанию жира — в отдельных сортах его количество достигает 8–10% (Агеева, Почутина, 2007; Артюхов, Лукашевич и др., 2016). По содержанию каротиноидов (9,29 мг/кг), в частности β-каротина, важного элемента в питании рыб, зерно люпина значительно превосходит другие зернобобовые культуры (Яговенко, Афонина, 2018).

О пищевой ценности белков судят по их аминокислотному составу и отсутствию ингибиторов пищеварительных ферментов. Люпин занимает лидирующее положение среди

бобовых культур по содержанию самых ценных аминокислот: лизина, цистина, метионина, триптофана (Купцов, Такунов, 2006). Белок люпина, в отличие от сои, содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, в частности трипсина, что способствует его высокой переваримости (Новик, 2017). Лёгкая растворимость белков люпина способствует высокой степени усвоения их аминокислот рыбами. При дисбалансе аминокислот, который зачастую наблюдается при использовании животного сырья, рекомендуется в корм добавлять белкосмеси (Скляр, 2003; Щербина, Гамыгин, 2006). Эти показатели дают возможность рассматривать люпин как один из перспективных источников полноценного белка в рационах рыб.

Сдерживающим фактором для широкого применения зерна люпина в кормлении животных являются содержащиеся в нем алкалоиды, такие как люпанин, гидроксилупанин, спартеин и др. Их количество в зерне варьируется от 0,02 до 2% и более в зависимости от вида и сорта люпина. Для снижения содержания алкалоидов в кормах, включающих люпин, необходимо снизить их концентрацию в зерне. Это возможно или селекционным путём через выведение безалкалоидных или низкоалкалоидных сортов, или технологическим — через удаление или их инактивацию (Зверев, Ставцев и др., 2019).

По стандартам, принятым в некоторых европейских странах и в Австралии, содержание алкалоидов в семенах, предназначенных для пищевого и кормового назначения (сладких), не должно превышать 0,02% сухой массы (Frick, Kamphuis, 2017). В РФ, по рекомендациям ряда исследователей и литературным данным, допускается включение в корм люпина с алкалоидностью не более 0,1% (Купцов, Такунов, 2006; ГОСТ Р 54632-2011). В связи с этим существует необходимость определения содержания алкалоидов в каждой партии люпина и разработки методов их снижения при промышленной переработке зерна на кормовые цели. Однако в нашей стране такие требования в промышленных масштабах не выполняются.

По мнению ряда авторов (Щербина, Гамыгин, 2006; Агеев, Ловкис и др., 2020), очистка зерна люпина от оболочки и применение тепловой обработки зерна (предварительный нагрев до температуры более 70°C, экструдирование) позволяют получить продукт переработки люпина, пригодный для использования в комбикормах для рыбы. Рекомендовано вводить продукт переработки люпина в комбикорм для рыбы в количестве до 15–20%, заменяя им соевый шрот или обогащая белком зерновые смеси.

В Западной Австралии в комбикормах для рыбы используется узколистный кормовой люпин. Установлено, что белок муки из шелушёного зерна люпина гораздо лучше усваивается рыбой по сравнению с мукой из нативного зерна (Купцов, Такунов, 2006).

Современное товарное рыбоводство, в том числе и прудовые хозяйства, подразделяется на тепловодные, где объектом выращивания являются карп, белый амур, белый и пёстрый толстолобик и др., и холодноводные, где выращивают лососевых, сиговых и пелядь (Козлов, Никифоров-Никишин и др., 2006). Все виды рыб различаются по требованиям к условиям содержания, наличию свежей воды и рецептуре корма. Используемые комбикорма должны обеспечивать все потребности рыбы в питательных веществах в зависимости от вида, возраста и условий выращивания.

В нашей стране в холодноводном рыболовном хозяйстве основным объектом рыболовства является радужная форель. Форелеводство — одно из перспективных направлений рыболовства, которое даёт возможность получать продукцию высоких вкусовых и диетических качеств. Мясо форели вкусное и питательное: содержит белка более 18 г/100 г (один из наиболее высоких показателей среди рыб) и богатый набор аминокислот (глутаминовая, аспартаговая, аргинин, лизин и др.) (Пономарёв, Пономарёва, 2003).

Как в России, так и за рубежом расходы, направленные на кормление радужной форели при интенсивном выращивании, составляют около 45–55% от всех расходов (Скляр, 2008). Поэтому вопрос о сокращении затрат на производство корма остаётся актуальным, а поиск возможных путей их оптимизации для производителей является насущной задачей. В последнее время ряд исследовательских организаций занимается разработкой научно обоснованных рецептур комбикормов для ценных видов рыб, в том числе с использованием в комбикормах продуктов переработки люпина.

Скляр (2003) изучал эффективность люпина в качестве компонента рациона с частичной заменой рыбной муки и соевого шрота в комбикормах для молоди осетровых. Лучшим по экономическим и рыбопродуктивным показателям оказался вариант с включением 35% люпиновой муки с частичной заменой ею рыбной муки (на 15%), соевого шрота и пшеничной муки (по 10%), что позволило снизить общую стоимость сырья на 2,95 руб. на 1 кг прироста. При этом основные физиолого-биохимические показатели молоди русского осетра находились в норме. Исследования показали, что включение люпина в комбикорма для осетровых рыб позволяет снизить денежные затраты на сырьё на 19,1%.

При производстве полнорационных комбикормов для осетровых рыб рекомендуется включение в их состав до 35% продукта люпина за счёт снижения ввода рыбной муки и соевого шрота до 25% (Скляр, 2003; Жиенбаева, Ермуканова, 2019). Полученные данные позволяют рассматривать люпин как один из перспективных источников полноценного белка для рыбы.

На основе данного научного материала был разработан рецепт комбикорма для русского осетра с включением продукта люпина как компонента в экструдированный корм (Патент RU 2 733 136, 2020). В качестве продукта белого люпина использовали белковый концентрат «Агро-Матик» в количестве 15%. Эксперимент, проведённый на особях сибирского осетра возрастом 4 месяца, показал, что разработанный концентрат для осетровых обеспечивает повышение абсолютного, среднесуточного и месячного прироста, а также коэффициента упитанности.

На осетровых рыбах также проводили изучение питательных свойств комбикорма с заменой 25% рыбной муки на белковый концентрат из белого люпина в комплексе с мясокостной мукой. В опытной группе наблюдалось незначительное снижение интенсивности роста молоди сибирского осетра. Однако в связи с более низкой стоимостью потребляемого рыбой корма уровень рентабельности производства ихтиомассы в опытной группе был выше на 2,8%, чем в контрольной, а себестоимость производства была ниже на 7,0 руб. (Николаев, Ранделин и др., 2019).

В более поздних своих исследованиях авторы продолжили изучение на молоди сибирского осетра питательных характеристик и эффективности замены 25, 50 и 70% рыбной

муки на белковый концентрат, содержащий растительный белок из белого люпина и мясокостную муку (Ранделин, Сложенкина, 2021). После 6 месяцев наблюдений исследователи пришли к заключению, что введение в комбикорм для молоди сибирского осетра белкового концентрата из белого люпина и мясокостной муки во всех трёх изучаемых вариантах снизило рыбопродуктивные биологические показатели, а именно живую массу, среднесуточный прирост, упитанность, а также оплату корма продукцией. При этом все гематологические показатели в контрольной и опытных группах варьировались в пределах физиологических норм.

Изучается опыт использования люпина и в кормах для выращивания карпа. Принципиальным отличием карповых кормов от кормов для лососёвых и осетровых рыб является более низкое содержание протеина и жира, а также повышенная доля в рецептах компонентов растительного происхождения. При включении люпина в состав основного корма в количестве 10–15% биологические показатели подопытных рыб находились в пределах нормы (Жиенбаева, Ермуканова, 2019).

Учёными Республики Беларусь изучаются возможности производства комбикормов для ценных видов рыб, таких как радужная форель, стерлядь, осётр, европейский и африканский сом (Агеев, Ловкис и др., 2020). Усилия учёных направлены на разработку перспективных, эффективных новых видов современного сырья, рецептур, изучение процессов производства комбикормов, что в конечном итоге позволит развить импортозамещающие технологии и оборудование. По их мнению, в современном мире все комбикорма для ценных видов рыб должны быть экструдированными, с гранулами высокой плотности и пористой структурой. Рассматривается возможность использования люпина в составе комбикорма как источника растительного белка. Изучается рецептура комбикорма с долей люпиновой муки от 10 до 20%, что в конечном итоге позволит получить отечественный качественный конкурентоспособный комбикорм.

В настоящее время на базе АО «Племенной форелеводческий завод «Адлер» на особях радужной форели сотрудниками института проводятся испытания трёх опытных рецептур полнорационных экструдированных комбикормов с включением в них разного количества белого люпина: нативного — 10% и без оболочки — 22 и 25%. Результаты исследований будут представлены в последующих публикациях.

В Саратовском ГАУ изучали влияние гидролизата соевого белка на рост и физиологическое состояние радужной форели (Максимова, Гусева, 2017; Максимова, 2017). Анализ полученных данных показал, что несмотря на повышение себестоимости выращенной рыбы полученный прирост способствовал получению дополнительной прибыли. Использование кормовой добавки на основе гидролизата соевого белка в рационе радужной форели повысило рентабельность на 8,9%.

Исследователи Могилёвского ГУП показали, что дезодорированную необезжиренную соевую муку можно использовать в составе комбикормов для сеголеток лососевых рыб в количестве 5–13%, что позволяет увеличить кормовой коэффициент по сравнению с контролем на 6,5% (Кошак, Кошак, 2019). Привесы, удельная скорость роста, физиологическое состояние форели в опытной группе были в норме.

Таким образом, основной задачей товарного рыболовства является выращивание рыбы в наиболее короткий срок и с минимальными затратами. При интенсивном выращива-

нии первостепенное значение приобретает полноценное сбалансированное кормление рыбы. Экономически выгодным альтернативным животному источником белка служат продукты растительного происхождения, в частности высо-

кобелковая культура люпин. Рецептура комбикорма с долей люпиновой муки от 10 до 35% взамен дорогостоящей рыбной муки позволяет получать качественный конкурентоспособный отечественный комбикорм для аквакультуры.

## Литература

1. Агеева П. А. Люпин узколистный — результаты и перспективы селекционной работы / П. А. Агеева, Н. А. Почутина // 20 лет Всероссийскому научно-исследовательскому институту люпина. — Брянск, 2007. — С.110–122.
2. Сырьё и технология производства комбикормов для ценных видов рыб в Республике Беларусь / В. Ю. Агеев, З. В. Ловкис, Ж. В. Кошак, А. Э. Кошак // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2020. — Т. 58. — № 1. — С.79–89.
3. Люпин — селекция и адаптация в агроландшафты России / А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич, П. А. Агеева, Н. В. Новик // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2016. — № 2 (59). — С.51–60.
4. Ветошкина А. А. Влияние углеводов в сырье на качество комбикормов для прудовых рыб / А. А. Ветошкина, А. Г. Кохович, Л. В. Рукшан // Материалы XIII Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств». — Могилёв, 2020. — С.117–118.
5. Гамыгин Е. А. Корма и кормление рыб: учебно-методический комплекс дисциплины по специальности (направлению) 110901.65 «Водные биоресурсы и аквакультура» / Е. А. Гамыгин. — М.: МГУТУ, 2012. — 175 с.
6. ГОСТ Р 54632-2011. Люпин кормовой. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2013.
7. Рост радужной форели в зависимости от температуры воды и концентрации кислорода / Ю. И. Есавкин, В. П. Панов, А. В. Золотова, А. П. Завьялов // Доклады Международной научно-технической конференции «Развитие аквакультуры в регионах: проблемы и возможности». — Москва, 2011. — С.84–90.
8. Жиенбаева С. Т. Использование нетрадиционного сырья в комбикормах для прудовых рыб [Электронный ресурс] / С. Т. Жиенбаева, А. М. Ермаканова // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные научные исследования и разработки» (Modern Research and Development). — Нефтекамск, 2019. — 1-й оптический компакт-диск (CD-ROM). — С.30–37.
9. Зверев С. В. Белый люпин: обрушение и термообработка зерна / С. В. Зверев, А. Э. Ставцев, А. С. Цыгуткин. — М.: ООО «Сам Полиграфист», 2019. — 128 с.
10. Козлов В. И. Аквакультура / В. И. Козлов, А. Л. Никифоров-Никишин, А. Л. Бородин. — М.: Колос, 2006. — 445 с.
11. Искусственное воспроизводство рыб на Северо-Западе России / В. В. Костюничев, В. А. Богданова, А. К. Шумилина, И. Н. Остроумова // Аквакультура: труды ВНИРО. — СПб, 2015. — Т. 153. — С.26–41.
12. Исследование технологических свойств бобовых культур как сырья для производства комбикормов для рыб / Ж. В. Кошак, Л. В. Рукшан, А. Н. Русина, Н. В. Зенович // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. — 2017. — № 33. — С.156–166.
13. Комбикорма для радужной форели с различными видами протеина / Ж. Кошак, А. Кошак, Д. Долгая, А. Кохович и др. // Комбикорма. — 2019. — № 7–8. — С.32–36.
14. Пономарёв С. В. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в промышленных условиях: монография / С. В. Пономарёв, Е. Н. Пономарёва. — Астрахань: АГТУ, 2003. — 188 с.
15. Купцов Н. С. Люпин — генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. — Брянск, Клинцы: ГУП «КГТ», 2006. — 576 с.
16. Максимова О. С. Оценка темпа роста радужной форели, выращенной с использованием в рационах кормления гидролизата соевого белка / О. С. Максимова, Ю. А. Гусева // Аграрный научный журнал. — 2017. — № 3. — С.14–17.
17. Максимова О. С. Эффективность использования кормовой добавки «Абионентид» в кормлении радужной форели: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08. — Саранск, 2017. — 17 с.
18. Эффективность использования белкового концентрата из белого люпина в комплексе с мясокостной мукой в комбикормах при выращивании молоди сибирского осетра / С. И. Николаев, Д. А. Ранделин, А. М. Мохсен, О. Н. Кониёва и др. // Известия Нижневолжского АУК: наука и высшее профессиональное образование. — 2019. — № 4. — С.146–152. Doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-18.
19. Новик Н. В. Люпин жёлтый: перспективы использования и задачи селекции / Н. В. Новик // Новые сорта люпина, технология их выращивания и переработки, адаптация в системы земледелия и животноводство. — Брянск, 2017. — С.66–75.
20. Остроумова И. Н. Биологические основы кормления рыб / И. Н. Остроумова. — 2-е изд. — СПб: Издательство ФГБНУ ГосНИОРХ, 2012. — 564 с.
21. Остроумова И. Н. Отечественные корма для рыб могут быть не хуже импортных / И. Н. Остроумова, В. В. Костюничев // Вестник рыбохозяйственной науки. — 2016. — Т. 3. — № 4 (12). — С.4–11.
22. Патент RU 2 733 136. Продукционный корм для осетровых / Ранделин Д. А., Новокщёнова А. И., Ставцев А. Э. и др. Патент на изобретение № 2 733 136 С1, 29.09.2020. Бюл. № 28. Заявка № 2020108589 от 26.02.2020. — ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020.
23. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина / Д. А. Ранделин, М. И. Сложенкина, А. М. Я. Эльбьяри Мохсен, Е. С. Воронцова и др. // Известия НВ АУК. — 2021. — № 3 (63). — С.218–226.
24. Рыжков Л. П. Ихтиологические исследования на водоёмах: учебное пособие / Л. П. Рыжков, И. М. Дзюбук, Т. Ю. Кучко. — Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2013. — 72 с.
25. Скляр В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре: учебное пособие / В. Я. Скляр. — М.: Издательство ВНИРО, 2008. — 152 с.
26. Скляр Ф. В. Эффективность использования люпина и сорго в комбикормах для молоди осетровых и карпа: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. — М., 2003. — 23 с.
27. Щербина М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — М.: Издательство ВНИИРО, 2006. — 361 с.
28. Яговенко Т. В. Биохимические свойства зерна белого люпина / Т. В. Яговенко, Е. В. Афонина // Комбикорма. — 2018. — № 3. — С.66–68.
29. Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement / K. M. Frick, L. G. Kamphuis, K. H. M. Siddique, K. B. Singh et al. // Front. Plant Sci. — 2017. — Vol. 8. — P.1–12.

## References

1. Ageeva P. A. Lyupin uzkolistnyy — rezultaty i perspektivy selektsionnoy raboty / P. A. Ageeva, N. A. Pochutina // 20 let Vserossiyskomu nauchno-issledovatelskomu institutu lyupina. — Bryansk, 2007. — P.110–122.
2. Syre i tekhnologiya proizvodstva kombikormov dlya tsennykh vidov ryb v Respublike Belarus / V. Yu. Ageets, Z. V. Lovkis, Zh. V. Koshak, A. E. Koshak // Vestsi Natsyyanalnay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk. — 2020. — Vol. 58. — No. 1. — P.79–89.
3. Lyupin — selektsiya i adaptatsiya v agrolandshafy Rossii / A. I. Artyukhov, M. I. Lukashevich, P. A. Ageeva, N. V. Novik // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. — 2016. — No. 2 (59). — P.51–60.

4. Vetoshkina A.A. Vliyaniye uglevodov v syre na kachestvo kombikormov dlya prudovykh ryb / A.A. Vetoshkina, A.G. Kokhovich, L.V. Rukshan // Materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv". — Mogilev, 2020. — P.117–118.
5. Gamygin E.A. Korma i kormlenie ryb: uchebno-metodicheskiy kompleks distsipliny po spetsialnosti (napravleniyu) 110901.65 "Vodnye bioresursy i akvakultura" / E.A. Gamygin. — Moscow: MGUTU, 2012. — 175 p.
6. GOST R 54632-2011. Lyupin kormovoy. Tekhnicheskie usloviya. — Moscow: Standartinform, 2013.
7. Rost raduzhnoy foreli v zavisimosti ot temperatury vody i kontsentratsii kisloroda / Yu.I. Esavkin, V.P. Panov, A.V. Zolotova, A.P. Zavyalov // Doklady Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Razvitie akvakultury v regionakh: problemy i vozmozhnosti". — Moscow, 2011. — P.84–90.
8. Zhiembraeva S.T. Ispolzovanie netraditsionnogo syrya v kombikormakh dlya prudovykh ryb [Elektronnyy resurs] / S.T. Zhiembraeva, A.M. Ermukanova // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i razrabotki" (Modern Research and Development). — Neftekamsk, 2019. — 1-y opticheskiy kompakt-disk (CD-ROM). — P.30–37.
9. Zverev S.V. Belyy lyupin: obrusheniye i termoobrabotka zerna / S.V. Zverev, A.E. Stavtsev, A.S. Tsygutkin. — Moscow: OOO "Sam Poligrafist", 2019. — 128 p.
10. Kozlov V.I. Akvakultura / V.I. Kozlov, A.L. Nikiforov-Nikishin, A.L. Borodin. — Moscow: Kolos, 2006. — 445 p.
11. Iskustvennoye vosproizvodstvo ryb na Severo-Zapade Rossii / V.V. Kostyunichev, V.A. Bogdanova, A.K. Shumilina, I.N. Ostroumova // Akvakultura: trudy VNIRO. — St. Petersburg, 2015. — Vol. 153. — P.26–41.
12. Issledovaniye tekhnologicheskikh svoystv bobovykh kultur kak syrya dlya proizvodstva kombikormov dlya ryb / Zh.V. Koshak, L.V. Rukshan, A.N. Rusina, N.V. Zenovich // Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi. — 2017. — No. 33. — P.156–166.
13. Kombikorma dlya raduzhnoy foreli s razlichnymi vidami proteina / Zh. Koshak, A. Koshak, D. Dolgaya, A. Kokhovich et al. // Kombikorma. — 2019. — No. 7–8. — P.32–36.
14. Ponomarev S.V. Tekhnologicheskie osnovy razvedeniya i kormleniya lososevykh ryb v industrialnykh usloviyakh: monografiya / S.V. Ponomarev, E.N. Ponomareva. — Astrakhan: AGTU, 2003. — 188 p.
15. Kuptsov N.S. Lyupin — genetika, selektsiya, geterogennyye posevy / N.S. Kuptsov, I.P. Takunov. — Bryansk, Klintsy: GUP "KGT", 2006. — 576 p.
16. Maksimova O.S. Otsenka tempa rosta raduzhnoy foreli, vyrashchennoy s ispolzovaniem v ratsionakh kormleniya gidrolizata soevogo belka / O.S. Maksimova, Yu.A. Guseva // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. — 2017. — No. 3. — P.14–17.
17. Maksimova O.S. Effektivnost ispolzovaniya kormovoy dobavki "Abionetid" v kormlenii raduzhnoy foreli: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.02.08. — Saransk, 2017. — 17 p.
18. Effektivnost ispolzovaniya belkovogo kontsentrata iz belogo lyupina v komplekse s myasokostnoy mukoy v kombikormakh pri vyrashchivani molodi sibirskogo osetra / S.I. Nikolaev, D.A. Randelin, A.M. Mokhsen, O.N. Konieva et al. // Izvestiya Nizhnevolskogo AUK: nauka i vysshee professionalnoye obrazovaniye. — 2019. — No. 4. — P.146–152. Doi: 10.32786/2071-9485-2019-04-18.
19. Novik N.V. Lyupin zheltyy: perspektivy ispolzovaniya i zadachi selektsii / N.V. Novik // Novyye sorta lyupina, tekhnologiya ikh vyrashchivaniya i pererabotki, adaptatsiya v sistemy zemledeliya i zhivotnovodstvo. — Bryansk, 2017. — P.66–75.
20. Ostroumova I.N. Biologicheskie osnovy kormleniya ryb / I.N. Ostroumova. — 2<sup>nd</sup> Ed. — St. Petersburg: Izdatelstvo FGBNU GosNIORKh, 2012. — 564 p.
21. Ostroumova I.N. Otechestvennyye korma dlya ryb mogut byt ne khuzhe importnykh / I.N. Ostroumova, V.V. Kostyunichev // Vestnik rybokhozyaystvennoy nauki. — 2016. — Vol. 3. — No. 4 (12). — P.4–11.
22. Patent RU 2 733 136. Produktsionnyy korm dlya osetrovykh / Randelin D.A., Novokshchenova A.I., Stavtsev A.E. et al. Patent na izobreteniye No. 2 733 136 51, 29.09.2020. Byul. No. 28. Zayavka No. 2020108589 ot 26.02.2020. — FGBOU VO Volgogradskiy GAU, 2020.
23. Rybovodno-biologicheskaya kharakteristika sibirskogo osetra pri vyrashchivani na osnove kombikormov s belkovym kontsentratom iz belogo lyupina / D.A. Randelin, M.I. Slozhenkina, A.M. Ya. Elebyari Mokhsen, E.S. Vorontsova et al. // Izvestiya NV AUK. — 2021. — No. 3 (63). — P.218–226.
24. Ryzhkov L.P. Ikhtologicheskie issledovaniya na vodoemakh: uchebnoye posobie / L.P. Ryzhkov, I.M. Dzyubuk, T.Yu. Kuchko. — Petrozavodsk: Izdatelstvo PetrGU, 2013. — 72 p.
25. Sklyarov V.Ya. Korma i kormlenie ryb v akvakulture: uchebnoye posobie / V.Ya. Sklyarov. — Moscow: Izdatelstvo VNIRO, 2008. — 152 p.
26. Sklyarov F.V. Effektivnost ispolzovaniya lyupina i sorgo v kombikormakh dlya molodi osetrovykh i karpa: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.10. — Moscow, 2003. — 23 p.
27. Shcherbina M.A. Kormlenie ryb v presnovodnoy akvakulture / M.A. Shcherbina, E.A. Gamygin. — Moscow: Izdatelstvo VNIRO, 2006. — 361 p.
28. Yagovenko T.V. Biokhimicheskie svoystva zerna belogo lyupina / T.V. Yagovenko, E.V. Afonina // Kombikorma. — 2018. — No. 3. — P.66–68.
29. Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement / K.M. Frick, L.G. Kamphuis, K.H. M. Siddique, K.B. Singh et al. // Front. Plant Sci. — 2017. — Vol. 8. — P.1–12.

## LUPINE FEEDSTUFF IN CULTURE-BASED FISHERY: A REVIEW

RUTSKAYA V. I., PhD Biol. Sc.

TIMOSHENKO E. S., PhD Agr. Sc.

*The All-Russian Research Institute of Lupine — branch of the Federal*

*Williams Research Center of Fodder Production and Agroecology*

*241524, Russia, the Bryansk region, poselok Michurinskiy (village), Berezovaya str., 2*

E-mail: rvi15@mail.ru

This article reports on the optimization of forage resources in fish farming. Due to import substitution, the demand for domestic fish forage became stronger. In Russia, one of the most valuable fish is rainbow trout, and 45–55% of all costs for trout production are costs for feed. To reduce feedstuff costs and improve fish forage resources, non-conventional plant feed has high potential. Protein is the most important component in fish feedstuff. Currently its main source is expensive fish flour. Protein from lupine grain can be used as an alternative to fish flour protein. Lupine grain contains 32–46% of protein, which is three times more than gramineous grain has. Lupine is also a good source of fat, macro-, microelements, and carotene. Introduction of lupine in fish feed positively affects their physiology. 35% of lupine flour substituting 15% of fish flour, 10% of soybean meal and 10% of wheat flour reduce total costs for raw materials by 2.95 rubles per 1 kg of weight gain. Costs for raw materials drop down by 19.1%. These findings make lupine as one of the promising sources of complete protein for fish in aquaculture.

**Keywords:** aquaculture, plant protein, lupine, fish flour, import substitution, rainbow trout, Russian sturgeon, profitability.