

На правах рукописи

РГБ ОА

- 5 МАЯ 2003

ШМАКОВ Дмитрий Николаевич

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ ПШЕНИЦЫ В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ  
ONCORHYNCHUS MYKISS (WALB.)

Специальность: 03.00.10 - ихтиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук



МОСКВА - 2000

Работа выполнена в Научно-техническом центре "Аквакорм"  
Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного  
рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)

**Научный руководитель:**

Доктор биологических наук,  
старший научный сотрудник

Гамыгин Е.А.

**Официальные оппоненты:**

Доктор биологических наук, профессор

Касумян А.О.

Кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник

Киселев А.Ю.

Ведущая организация: Ассоциация "Государственно-кооперативное  
объединение рыбного хозяйства (Росрыбхоз)"

Защита состоится "1" апреля 2000г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 117.04.01. при Всероссийском научно-исследовательском институте пресноводного рыбного хозяйства (ВНИИПРХ) по адресу: 141821, Московская обл., Дмитровский район, пос. Рыбное

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИПРХ

Автореферат разослан "3" марта 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Трямкина С.П.

П 729.32-45,0

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Создание биологически полноценных и экономичных комбикормов для лососевых рыб с начала промышленного рыбоводства и по настоящее время остаётся одной из главных проблем, особенно с внедрением в последние десятилетия методов индустриального рыбоводства и, форелеводства, в частности. К настоящему времени разработаны и широко используются гранулированные и экструдированные комбикорма, основанные на рыбной муке, шротах и цельном зерне пшеницы (Канидьеv, Герасимчук, 1971; Остроумова, Шабалина, 1972; Гамыгин, 1987; Гамыгин, Щербина, 1997; Остроумова и др., 1998). Однако задача совершенствования состава и снижения стоимости кормов остаётся актуальной. Их высокая цена обусловлена повышенным уровнем потребности лососевых рыб в кормах животного происхождения. Снижение запасов рыб в мировом океане обостряет проблему аквакультуры и побуждает ученых искать альтернативные заменители животного белка. Хорошие результаты были получены при использовании в форелевых кормах таких ценных продуктов микробиосинтеза, как эприн, паприн и гаприн, однако они сняты с производства (Скляров и др., 1984). Традиционные источники растительного протеина в значительной степени уступают животному протеину, прежде всего по качественному составу и количественному содержанию незаменимых аминокислот. В конечном итоге такая сколь-либо значимая замена становится неравноценной и невыгодной, поскольку при использовании традиционных комбикормов на основе растительного белка в 1,5-2 раза и более увеличиваются кормовые затраты, значительно снижается прирост, возрастает отход, ухудшается общее физиологическое состояние рыб, особенно молоди. Очевидно, необходим поиск новых экономичных и доступных видов кормового сырья, сопоставимых по питательной ценности с известными эффективными продуктами.

Цель и задачи исследований. Исходная цель работы - оценить эффективность продуктов комплексной переработки пшеницы и установить возможность максимальной замены ими дорогостоящих и дефицитных компонентов форелевых комбикормов. Конечная цель - создание новых рецептов стартовых и производственных комбикормов, принципиально отличающихся от традиционных отечественных и зарубежных аналогов, прежде всего предельно малым количеством компонентов и пониженным уровнем животного протеина, при сохранении высоких продуктивных свойств. Для этого были поставлены следующие задачи:

- исследовать физические и химические свойства продуктов комплексной переработки пшеницы, сырьевую базу, технологию промышленно-

го производства, условия и сроки хранения;

- дать всестороннюю оценку качества новых кормовых компонентов: биологическую и экономическую эффективность, физиологические и биохимические показатели выращенной рыбы, экологический аспект применения;

- экспериментальным путем установить оптимальные и предельно допустимые нормы ввода этих компонентов в комбикорма в качестве заменителей дорогостоящих компонентов, прежде всего рыбной муки;

- оценить реальные возможности внедрения результатов данной работы в практику форелеводства методом производственной проверки разработанных рецептов комбикормов.

Научная новизна. Впервые изучена питательная ценность продуктов комплексной переработки пшеницы - ПЗХ и витазара в кормлении радужной форели. Установлена возможность замены в стандартных гранулированных форелевых комбикормах до 40-50 % рыбной муки и до 100 % остальной кормосмеси на ПЗХ или витазар, при сохранении высоких продукционных свойств и хорошего физиолого-биохимического состояния рыб. Экспериментальным путем впервые показана возможность длительного (до 1 года и более) выращивания радужной форели только на гранулах из ПЗХ или витазара, то есть в монодиете. Найдено, что увеличение уровня углеводов в форелевых кормах на базе ПЗХ и витазара до 40-50 %, что в 1,5-2 раза больше, чем в стандартных комбикормах, не оказывает отрицательного влияния на физиолого-биохимические показатели выращенной рыбы. Впервые проведены комплексные исследования физико-химических, технологических и экологических свойств продуктов комплексной переработки пшеницы в аспекте кормопроизводства для рыб. Обоснована возможность и эффективность применения малокомпонентных (4-5 наименований) рецептур стартовых и продукционных комбикормов для радужной форели на базе ПЗХ и витазара.

Практическое значение. Результаты исследований, выполненных по теме диссертации, позволили разработать и передать промышленности рецепты стартового (АК-1ФС) и продукционных (АК-1ФП, АК-2ФП) комбикормов, основанных на ПЗХ и витазаре, предназначенных для выращивания форели от личинки до товарной рыбы и производителей. Продукционный комбикорм АК-2ФП прошел производственную проверку в рыбхозе "Смоленский" Смоленской обл. и подтвердил его высокую эффективность. Высокое содержание питательных и биологически активных соединений, особенно токоферолов, позволяет рекомендовать продукты промышленной переработки пшеницы в качестве эффективной добавки ко всем видам рыбных комбикормов. Малое содержание компонентов в новых кормах (4-5 вместо традиционных 10-12) значительно упрощает работу комбикормовых заво-

дов по приобретению и транспортировке сырья, а также контролю его качества.

Апробация работы. Материалы диссертации послужили основой для защиты дипломного проекта (г. Москва, ТСХА, 1996), представлялись и обсуждались в виде научных отчетов НТЦ "Аквакорм" ВНИИПРХ (п. Рыбное, 1992-1999 гг.), научного доклада на семинаре по комплексному использованию зародыша зерновых культур и продуктов его переработки (г. Москва, 1997). Материалы диссертации также были доложены на I и II Международных симпозиумах "Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре" (Адлер, 1996, 1999) и Первом конгрессе ихтиологов России (Астрахань, 1997). Корма для рыб на основе пшеничного зародыша экспонировались на II Международной выставке "Инновации-99. Технологии живых систем" (Москва, Всероссийский выставочный центр, 1999 г.) и удостоены Диплома II степени.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 167 страницах машинописного текста, включает 58 таблиц и 7 рисунков; состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и приложения. Список литературы включает 227 источников, из них 155 отечественных и 72 зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изложены данные отечественных и зарубежных авторов по вопросам биотехники содержания радужной форели в условиях промышленного разведения. Показано, что решающая роль в индустриальном форелеводстве принадлежит кормам и кормлению рыб. Обобщены и проанализированы сведения о потребности рыб в основных питательных веществах - протеине, жире, углеводах, минеральных элементах, витаминах и других биологически активных соединениях. Сообщается, что в отличие от протеина и жира, по вопросу оптимального содержания углеводов в корме для лососевых рыб единое мнение отсутствует. Так, по данным разных авторов, допустимое содержание легкоусвояемых углеводов в форелевых кормах составляет от 9-12 до 40 % от общей массы комбикорма (Галасун, Канидьев, 1974; Гамыгин, 1984; Остроумова, 1998). Отсюда следует вывод, что углеводное питание лососевых рыб является слабоизученным звеном и, вместе с тем, резервом для оптимизации рационов. Далее приводятся общие сведения о продуктах комплексной переработки пшеницы - пшеничных зародышевых хлопьев и жмыха из них - вита-

зара, совершенно новых, нетрадиционных кормовых средств, практически неизвестных в отечественном и зарубежном рыбоводстве. Исходя из высокого содержания в них питательных веществ, экологической безопасности, наличия отечественной стабильной сырьевой базы и технологии промышленного получения в любом регионе страны, имеющем мелькомбинаты, экономической целесообразности, обосновывается возможность и необходимость их исследования в качестве одного из ведущих компонентов комбикормов для лососевых и других видов рыб.

## ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Опытные работы по теме диссертации выполнены в 1992-1999 гг. на центральной экспериментальной базе ВНИИПРХ. Часть дополнительных исследований по другим видам рыб проведена на базе промышленных хозяйств Астраханской, Тверской и Ростовской областей, Краснодарского края. Теоретический раздел исследований и аналитическая обработка материалов выполнены в лаборатории форелеводства и секторе разработки рецептов комбикормов НТЦ "Аквакорм" ВНИИПРХ. В опытных бассейнах рыбу содержали на родниковой воде с температурой от 0,3-3°C в зимний период до 9-15°C летом. При необходимости воду подогревали с помощью электротэнов и бойлера. Содержание кислорода в воде на входе в бассейны круглый год составляло 100 % насыщения. Для измерения уровня кислорода использовали 2 типа оксиметров: отечественный "ОКЦ-30" и японский "Хориба-7". В опытах по кормлению радужной форели использовали проточные бассейны из стекловолокна, емкостью по 30 л. Для оценки качества воды использовали общепринятые в рыбоводстве гидрохимические методики анализа. Состав тяжелых металлов в воде определяли в лаборатории экотоксикологии ВНИИПРХ на атомно-абсорбционном спектрофотометре "Хитачи-180-50". Основная часть опытов была проведена на радужной форели средней массой от 0,1 г до 150-200 г. Попадание естественных (живых) кормов исключали установкой на водоподводящих кранах сетчатых фильтров из мельничного газа № 40.

Корма для опытов изготавливали вручную, используя электропривод МП-1,1 и электросушилку, а также на японской пилотной установке. Экструзию компонентов проводили на экструдерах "EP-50" (Япония) и "Венгер" (США). Комбикорма для производственной проверки изготавливали на Белгородском экспериментальном заводе рыбных комбикормов. В зависимости от цели и задач опытов рыбу кормили до насыщения, либо по таблицам суточных норм (Канидьеv, Гамыгин, 1986), как вручную так и с использованием ленточных кормушек с часовым механизмом. Продолжительность основ-

ных опытов по кормлению составляла 2-4 месяца, в зависимости от температуры воды и средней массы рыб, повторность каждого опыта - не менее двухкратной. Ихтиопатологический контроль проводили согласно общепринятых рекомендаций. Анализы периферической крови форели проведены совместно с сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ВНИИПРХ по единым методикам (Головина, 1979). В качестве основного лечебно-профилактического средства использовали хлорамин Б и гипохлорит натрия (Бауер и др., 1977; Головина, 1996; Bullock, Herman, 1991).

Качество опытных кормов оценивали по химическому составу (протеин, жир, углеводы, зола, энергия), перекисному и кислотному числу, содержанию незаменимых аминокислот и жирных кислот. Влагу, жир, золу и протеин определяли стандартными методами в специализированной лаборатории ВНИИПРХ (ГОСТы 13496:3-92, 13496. 15-85, 26226-95, 13496.4-93). Для оценки показателей степени окислительной порчи использовали унифицированную методику выделения липидов из сырья и комбикормов (Картавцева, 1986). Углеводы оценивали по разности между общим содержанием органических веществ и суммой протеина и жира. Для полноты оценки состава жирных кислот, аминокислот, углеводов, витаминов и минеральных элементов в ПЗХ и витазаре привлекали также литературные данные (Плешков, 1975; Сандакова, 1987; Вишняков, 1996). Аминокислотный состав витазара и ПЗХ исследовали путем ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе LC 5001. Жирнокислотный состав масла ПЗХ и витазара определяли на газовых хроматографах "Хром-3", "Цвет-106" и "Shimadzu - 9 A/M" (анализы выполнены кафедрой химии Калининградского государственного технического университета).

В качестве контроля использовали известные отечественные и зарубежные комбикорма: РГМ-6М, РГМ-5В, РГМ-8В (Россия), "Провими" (Голландия), "Рехурацио" (Финляндия), "Биомар" (Дания). ПЗХ и витазар получали из ВНИИзерна и ЦНИИХМ (г. Москва).

Результаты выращивания рыб оценивали по их приросту, жизнестойкости, биохимическому составу тела, гематологическим показателям, гепатосоматическому индексу (соотношение массы печени и тела), внешнему виду и поведению, а также кормовому коэффициенту.

Всего испытано свыше 200 рецептов комбикормов, выполнено 160 анализов химического состава кормов, кормосмесей и комбикормов, 40 анализов тела форели, обработано 165 гематологических проб, более 1000 общерывоводных и биологических анализов, свыше 30 проб воды. Использовано около 15 тыс. шт. разновозрастных рыб. Материалы обработаны вариационно-статистическими методами (Плохинский, 1970; Лакин, 1973).

### ГЛАВА III. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПШЕНИЧНЫХ ЗАРОДЫШЕВЫХ ХЛОПЬЕВ И ВИТАЗАРА.

1. Физические свойства. Пшеничные зародышевые хлопья являются продуктом отхода мукомольной промышленности и представляют собой лепестки золотисто-желтого цвета, объемной массой около  $350 \text{ кг/м}^3$ , после измельчения - около  $480 \text{ кг/м}^3$ . Витазар (жмых ПЗХ) после прессования при 150-200 атм. и  $65-70^\circ\text{C}$  и последующего измельчения имеет вид порошка желтовато-серого цвета, плотностью около  $600-650 \text{ кг/м}^3$  в зависимости от тонины помола. ПЗХ и витазар имеют сладковатый вкус, по запаху напоминают жареные орехи арахиса. На данные продукты разработана и утверждена соответствующая нормативно-техническая документация (технические условия, технологические инструкции, гигиенические сертификаты и др.).

#### 2. Химический состав

а). Общий. Согласно ТУ-8-22-64-89 содержание чистых зародышей в ПЗХ должно быть не менее 85 %, остальное приходится на примеси зерна. Как ПЗХ, так и витазар имеют благоприятный состав основных питательных веществ (табл. 1).

Исходная форма зародыша содержит около 15 % влаги, и срок его хранения составляет не более 1-2 мес.. После термостабилизации, то есть сушки при  $60-70^\circ\text{C}$ , влажность снижается до 4-7 %, а срок хранения ПЗХ и витазара, по нашим данным, увеличивается до 8-12 мес..

Таблица 1  
Основной химический состав ПЗХ и витазара, %

Корм	Влага	Сухое вещество	В том числе				Перекисное число, % йода	Кислотное число, мг КОН
			Протеин	Жир	Углеводы	Зола		
ПЗХ	6,8	93,2	33,1	10,8	51,6	4,5	0,12	20
Витазар	4,3	95,7	34,1	6,3	55,0	4,6	0,18	21

б). Аминокислотный. Состав и содержание незаменимых аминокислот в витазаре и ПЗХ, в основном удовлетворяет потребности радужной форели, за исключением фенилаланина и метионина (табл.2).



Таблица 2

## Аминокислотный состав ПЗХ и витазара

Аминокислоты	Потребность радужной форели, г/кг корма <sup>x</sup>	Содержание в компонентах			
		ПЗХ		Витазар	
		г/кг корма	% к потребности	г/кг корма	% к потребности
Аргинин	25	30,0	120	34,5	138
Гистидин	7	13,8	197	13,3	190
Изолейцин	10	8,6	86	11,1	110
Лейцин	16	18,1	113	21,1	132
Лизин	21	25,2	120	22,5	107
Метионин	5	4,1	82	4,2	84
Фенилаланин	21	14,5	69	15,4	73
Треонин	8	16,0	200	14,4	180
Триптофан	2	3,3	165	3,4	170
Валин	16	17,0	106	17,8	111

x Ogino, 1957, Halver, 1961; Shanks et al., 1962

в). Жирно-кислотный. Липиды ПЗХ и витазара содержат 65-70 % полиненасыщенных жирных кислот, в основном, линолевую и линоленовую и 10-15 % мононенасыщенных (до 95 %- олеиновой кислоты). Доля насыщенных жирных кислот составляет всего 15-17 %, из них 90 % приходится на пальмитиновую кислоту. Качественный состав жирных кислот витазара и ПЗХ не различается.

г). Витаминный. Наряду с полным набором в ПЗХ и витазаре витаминов группы В и других их отличительной особенностью является уникальное содержание витамина Е - до 600 мг и более в 1 кг продукта, что в несколько раз выше чем в льняном жмыхе и травяной муке (компоненты, наиболее богатые токоферолами). По уровню каротиноидов липиды ПЗХ превосходят натуральный рыбий жир (150 и 115 мг/кг, соответственно).

д). Углеводный. В ПЗХ и витазаре углеводы составляют 45-55 % общей массы и представлены, в основном, в виде сахаров: глюкозы, фруктозы, арабинозы, ксилозы, рибозы, маннозы, галактозы, аминсахаров. Обычно при использовании растительных компонентов в комбикормах для лососевых рыб возникает необходимость повышения степени усвоения углеводов, для чего

используются нагрев, варка, экструзия, экспандирование с целью декстринизации, желатинизации, клейстеризации крахмала. В случае с пшеничными зародышами этого не требуется, поскольку сахара перевариваются и усваиваются на 95-100 %.

е). Минеральный. Состав биологически важных минеральных элементов ПЗХ и витазара вполне благоприятен для рыб. Содержание зольных элементов не превышает 4-5 %, причем уровень их сбалансированности и доступности отвечает потребности форели.

### 3. Сырьевая база, технология производства ПЗХ и витазара, экологический аспект применения в рыбоводстве

Сырьевая база для производства ПЗХ и витазара выгодно отличается от большинства других компонентов кормов своей стабильностью и ритмичностью, отсутствием сезонных колебаний. В принципе, производство ПЗХ возможно на любом мелькомбинате, в том числе на оснащенных швейцарскими мельницами "Бюлер" (таких заводов в России свыше 40) - без каких-либо затрат на установку дополнительного оборудования. Технология производства ПЗХ отработана (Вишняков и др., 1996; Пикус и др., 1998) и не представляет больших трудностей при освоении. При изготовлении рыбных кормов на основе ПЗХ и витазара также не требуется каких-либо изменений технологического регламента: корма одинаково хорошо измельчаются, гранулируются, экструдированы, экспандируются. Готовые гранулы имеют высокую водостойкость (не менее 20-30 мин.) и очень низкую крошимость (не более 3-4 %) в силу карамелизации сахаров при нагреве в процессе прохождения через прессовое оборудование. Содержание тяжелых металлов находится в пределах ПДК и ниже, как для рыб, так и для человека. Микотоксины, пестициды и патогенные микроорганизмы по техническим условиям не допускаются, поэтому в свежесырьевых ПЗХ отсутствуют.

Благоприятный общий химический состав ПЗХ и витазара, баланс незаменимых аминокислот и жирных кислот, высокий уровень витамина Е, наличие углеводов в легкоусвояемой форме, низкое содержание клетчатки и золи при высокой степени доступности минеральных элементов, а также отсутствие токсикантов позволяет формировать с их использованием высокопитательные, экологически чистые комбикорма с пониженным содержанием балластных соединений (Шмаков, 1997; Шмаков и др., 1997).

## ГЛАВА IV. ПЗХ И ВИТАЗАР В КОРМЛЕНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

### 1. Эффективность ПЗХ

#### а). ПЗХ в сбалансированных комбикормах для радужной форели.

В результате экспериментов установлено, что оптимальная норма замены рыбной муки на ПЗХ (и витазар) в стандартных комбикормах на её основе (например, РГМ-6М, РГМ-5В) составляет около 40-50 %. При этом темп роста форели остается на уровне контроля при практически одинаковом расходе корма на единицу прироста. Для кормов с пониженным содержанием рыбной муки- 15-25 % (РГМ-8В, РГМ-1ФЭ, РГМ-2ФЭ) уровень её замены следует ограничить до 20-30 %.

б). Питательная ценность ПЗХ в результате экструзии. Найдено, что экструзия ПЗХ повышает их эффективность незначительно (максимум на 5-7 %), поскольку содержание крахмала невелико (не более 10-15 %), сахара же не нуждаются в термообработке. По этой же причине не происходит увеличения объема экструдата ПЗХ. Поэтому, с учетом существенного увеличения затрат энергии при гидробаротермической обработке по сравнению с гранулированием экструзию ПЗХ следует признать нецелесообразной, прежде всего из экономических соображений.

в). Антиоксидантные свойства и срок хранения ПЗХ. Выявлено, что при длительном хранении ПЗХ (1-2 года) степень окисления их липидов остаётся низкой. Так, за 12 мес. хранения ПЗХ и витазара в мешкотаре в неоттапливаемом складе перекисное число изменилось от 0,03-0,06 до 0,14 % йода, кислотное число увеличилось с 15-20 до 27-46 мг КОН. За 25 мес. хранения перекисное число повысилось лишь до 0,16-0,23 % йода, кислотное число - до 70 мг КОН. Достаточно низкие значения перекисного и кислотного чисел в процессе длительного хранения ПЗХ и витазара связаны с наличием в них большого количества природного антиокислителя - витамина Е, присутствующего в основном в виде наиболее активных форм- α-токоферолов. В то же время рыбоводными исследованиями установлено, что гарантийный срок хранения термостабилизированных ПЗХ, в течение которого не наблюдается снижения результативности выращивания, составляет до 12 мес. с момента их изготовления. При использовании же в кормах ПЗХ со сроком хранения свыше 12 мес. рыбоводные показатели, прежде всего прирост рыб, несколько ухудшаются. Это свидетельствует о том, что в процессе хранения ПЗХ, как впрочем и любого другого компонента, портятся не только липиды, но и другие составляющие корма, которые и оказывают негативное влияние при вы-

ращивании рыб на комбикормах с длительным сроком хранения.

г). Монодиета. Учитывая высокие питательные свойства ПЗХ, благоприятный аминокислотный, жирнокислотный, углеводный, минеральный и витаминный состав, представлялось интересным оценить данный корм в качестве монодиеты. Результаты опытов с форелью разного возраста при различной температуре воды показали возможность её длительного (до 1 года и более) выращивания от массы 10 г только на сухих гранулах из ПЗХ или витазара с добавлением 1 % витаминного премикса. При этом отхода рыб не наблюдалось, кормовой коэффициент составлял около 1,5 ед.. Однако прирост форели снизился в 1,5-2 раза по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными сбалансированными комбикормами, что связано, главным образом, с уменьшенным на 30% содержанием протеина и недостатком некоторых аминокислот в ПЗХ по сравнению со стандартными комбикормами.

Индекс печени у форели конечной массой 200 г (исходная масса 40 г), потреблявшей в течение 7 мес. только сухие гранулы из ПЗХ и витазара, был весьма низким - 1,4 %, причем цвет печени оставался темно-красным, без отенков и пятен, её структура соответствовала здоровому организму.

## 2. Эффективность витазара

а). Витазар в комбикормах и монодиете. Сравнительные испытания ПЗХ и витазара как в составе комбикормов, так и в монодиете, позволили сделать заключение, что рыбоводно-биологическая эффективность этих продуктов достаточно близка (Шмаков и др., 1999). В ПЗХ содержится на 20-40 % больше липидов, зато витазар имеет повышенную степень усвоения питательных веществ за счет механической деструкции при частичном изъятии пшеничного масла в процессе прессования зародышей при давлении 150-200 атм. и температуре 65-70°C.

б). Влияние температуры воды на эффективность витазара и ПЗХ. Установлено, что с повышением температуры воды (в диапазоне 9-13°C) эффективность продуктов комплексной переработки пшеницы возрастает. Так, если прирост форели на опытном корме, состоящем из смеси 80 % ПЗХ и 20 % стандартного рациона РГМ-6М по сравнению с контролем РГМ-6М при температуре воды 9°C был на 10 % ниже, то при 13°C - на 24 % выше (табл. 3).

Кормовой коэффициент опытного корма в "холодной" воде составил 87 % от контроля, тогда как в "теплой" - 82 %. На основании данных экспериментов можно предположить, что наиболее целесообразно использовать комбикорма с ПЗХ и витазаром для кормления форели и других видов рыб в тепловодных хозяйствах (ТЭС, ГРЭС, АЭС, южные регионы страны).

Таблица 3

Влияние температуры воды на эффективность витазара (ПЗХ)

Показатели	Температура воды			
	9°C		13°C	
Средняя масса форели, г:				
Начальная	20,7	17,5	19,2	20,2
конечная	50,7	45,6	61,2	55,5
Прирост рыб, %	145	161	218	175
по отношению к контролю, %	90	100	124	100
Кормовой коэффициент, ед.	1,3	1,5	1,4	1,7
по отношению к контролю, %	87	100	82	100

Низкий уровень фекалий при содержании рыб на кормах с ПЗХ (10 % против 14,6-14,9 % для РГМ-6М и РГМ-5В) за счет высокой переваримости и усвоения питательных веществ позволяет рекомендовать также применение кормов с зародышами в условиях с высокими технологическими и экологическими требованиями к сбросным водам рыбоводных хозяйств (водоемы питьевого назначения, установки с замкнутым водоснабжением и др.).

в). Значение рыбьего жира в продукционных кормах с витазаром. В соответствии с конечной целью работы – созданием малокомпонентных высокоэффективных комбикормов для форели, основанных на продуктах комплексной переработки пшеницы, существенный интерес представляло определение оптимальной нормы введения рыбьего жира в комбикорма. В кормосмесь, состоящую всего из 2-х компонентов (50 % витазара и 50 % рыбной муки) дополнительно вводили 5, 10 и 15 % рыбьего жира. Опыт длительностью 120 суток при температуре воды 8,5°C показал, что для форели исходной массой 20 г оптимальной является добавка в корм 10 % рыбьего жира. По сравнению с остальными вариантами, прирост рыбы был на 10-15 % выше, затраты корма на 20 % ниже.

г). Витазар и ПЗХ как основные компоненты стартовых и продукционных комбикормов для радужной форели. С учетом анализа полученных данных были разработаны рецепты малокомпонентных форелевых комбикормов, основанных на рыбной муке и изученных продуктах переработки пшеницы (табл.4).

По результатам сравнительного выращивания личинок и мальков форели, с момента перехода на внешнее питание до массы 0,9-1,0 г, на корме АК-1ФС и "Провими" (Голландия) было установлено, что по рыбоводным показателям (прирост форели, затраты корма) данный корм на 25-30 % усту-

пает импортному, хотя по экономической эффективности превосходит его, что прежде всего связано с меньшим уровнем протеина, особенно протеина животного происхождения, и энергии в корме АК-1ФС.

Таблица 4  
Рецепты малокомпонентных кормов для радужной форели с ПЗХ и витазаром, %

Компоненты	Стартовый	Производственные	
	АК-1ФС	АК-1ФП	АК-2ФП
Мука рыбная (протеин не менее 70 %)	44	-	-
Мука рыбная (протеин не менее 65 %)	-	40	25
Витазар (ПЗХ)	44	52	67
Жир рыбий	10	7	7
Витаминный премикс ПФ-2В	2	1	1
Протеин	46	43	38
Жир	15	14	14
Углеводы	22	28	33
в т.ч. клетчатка	2	2	3
Зола	9	8	7
Энергия, ккал/кг			
полная	4700	4700	4640
обменная	3390 <sup>x</sup>	3300 <sup>x</sup>	3200 <sup>x</sup>
	3650 <sup>xx</sup>	3640 <sup>xx</sup>	3590 <sup>xx</sup>

x - на основе переваримости крахмала - 1,8 ккал/г

xx - на основе переваримости сахаров - 3,0 ккал/г

При дальнейшем выращивании молоди форели массой свыше 1 г результативность обоих кормов оказалась близкой (табл. 5). Характерно, что выживаемость молоди на корме АК-1ФС была очень высокой - 99 %. Оценка сравнительной эффективности производственных кормов АК-2ФП с витазаром и "Провими" позволила установить сходство показателей выращивания форели в обоих вариантах (табл. 6). По результатам серии дальнейших опытных и производственных экспериментов по выращиванию форели на производственных кормах АК-1ФП, АК-2ФП и "Провими" найдено, что затраты кормов на прирост рыб в среднем составляют, соответственно, 1,0-1,3, 1,1-1,4 и 0,9-1,2 при приросте рыб на новых отечественных комбикормах равном, либо значительно ниже, чем на импортном.

Таблица 5

Эффективность стартового малокомпонентного комбикорма АК-1ФС  
на основе ПЗХ и витазара для молоди форели

Показатели	АК-1ФС (опыт)	"Провими" (контроль)
Длительность опыта, сут.	49	49
Температура воды, °С	6,6	6,6
Плотность посадки молоди, шт/м <sup>2</sup>	700	700
Средняя масса рыб, г		
исходная	0,89	0,89
конечная	2,83	3,28
Прирост, %	218	268
по отношению к контролю, %	81	100
Кормовой коэффициент, ед.	1,29	1,42
по отношению к контролю, %	91	100
Отход рыб, %	1	0

Таблица 6

Результаты испытания малокомпонентного комбикорма АК-2ФП  
для форели на основе витазара

Показатели	АК-2ФП (опыт)	"Провими" (контроль)
Длительность опыта, сут.	75	75
Температура воды, °С	9,4	9,4
Плотность посадки молоди, шт/м <sup>2</sup>	130	130
Средняя масса рыб, г		
исходная	45,2	46,9
конечная	84,6	86,1
Прирост, %	87	84
по отношению к контролю, %	103	100
Кормовой коэффициент, ед.	1,33	1,14
по отношению к контролю, %	117	100
Отход рыб, %	2	2
Стоимость 1 кг. прироста рыб, % к контролю	75	100

По общезкономической оценке комбикорма с зародышами имеют явное преимущество. Так, обеспечивая практически равный темп роста рыб, опытный корм АК-2ФП несколько уступает импортному по величине кормового коэффициента, однако за счет его меньшей цены стоимость единицы прироста форели оказалась на 25 % ниже.

## ГЛАВА V. КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЫБЫ И КОРМОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЗХ И ВИТАЗАРА

1. Состав тела радужной форели. Молодь форели, выращенная на опытном комбикорме АК-1ФС по биохимическому составу тела не отличалась от молоди, получавшей контрольный комбикорм "Провими" (табл. 7). Количество сухого вещества в теле молоди изменялось от 22,1 % в контроле "Провими" до 22,7 % в опыте с АК-1ФС, протеина - от 12,2 до 11,6 %, жира - от 6,0 до 6,1 %, соответственно, содержание золы было одинаковым - 1,8 %. Различия показателей химического состава тела рыб в разных вариантах было недостоверным.

Состав тела двухлетков форели, выращенных на производственных комбикормах с зародышем, также был практически таким же, как и в контроле на импортных комбикормах (см. табл. 7). Так, содержание сухого вещества в теле рыб, потреблявших корм АК-1ФП с 52 % витазара, составило 27,5 %. При увеличении уровня витазара в корме АК-2ФП до 67 %, эта величина несколько возросла - до 28,2 %. Количество протеина в теле опытных групп форели изменялось от 15,2 до 15,7 % и практически соответствовало контрольному варианту. Обнаружены существенные (в 1,5 раза) различия жирности товарной форели в опыте и контроле, что связано с уровнем липидов в комбикормах (Остроумова и др., 1998). На наш взгляд, количество жира (в основном, полостного) в теле форели, потреблявшей импортный комбикорм, чрезмерно велико.

Таким образом, не выявлено отрицательного влияния пшеничных зародышей на биохимический состав тела форели разного возраста.

2. Состав периферической крови. При гематологической оценке сеголетков форели, выращенных на малокомпонентном стартовом комбикорме АК-1ФС и голландском комбикорме "Провими", достоверных различий в составе крови не установлено (табл. 8). Как у опытных, так и контрольных рыб наблюдался активный эритропоэз, то есть в кровяном русле находилось большое количество незрелых форм эритроцитов, представленных базофильными и полихроматофильными клетками.



Таблица 7

Состав тела сеголетков и двухлетков форели, выращенных на отечественных малокомпонентных кормах с витазаром и импортных, %

Показатели	Сеголетки		Двухлетки			
	АК-1ФС	“Провими	АК-1ФП	АК-2ФП	Витазар (монодиета)	“Рехурасно”
Влага	77,3	77,9	72,5	71,8	71,9	71,0
Сухое вещество	22,7	22,1	27,5	28,2	28,1	29,0
Протеин	11,6	12,2	15,2	15,7	15,8	16,0
Жир	6,1	6,0	7,3	7,5	8,2	11,0
Зола	1,8	1,8	2,0	2,4	2,7	2,0
Полная энергия, ккал/кг	1180	1200	1480	1520	1590	1960

Высокое содержание ювенильных форм эритроцитов связано с интенсивным уровнем обмена, стимулирующим кроветворение (Канидьев, 1970). Лейкоцитарный состав крови сеголетков из разных групп был близким. Так, содержание лейкоцитов у рыб изменялось в пределах 17-23 тыс./мкл., из них нейтрофилов - 1,2-1,7 %, моноцитов - 0,9-1,2 %, лимфоцитов - 97,0-97,6 %. На наш взгляд схожесть лейкоцитарной формулы у форели в опыте и контроле связана с равной пищевой ценностью кормов, отсутствием патологии, идентичностью условий содержания и благополучным физиологическим состоянием молоди в целом.

При физиологической оценке двухлеток форели, выращенных на витазаре в монодиете, малокомпонентных опытных комбикормах АК-1ФП, АК-2ФП и финском комбикорме "Рехурасио" установлено, что показатели содержания гемоглобина и эритроцитов достаточно близки и не выходят за пределы нормы (Попов, 1986; Головина, 1987, 1996).

Лейкоцитарный состав крови рыб (моноциты, лимфоциты, нейтрофилы), также соответствовал нормативным значениям. Во всех опытах примерно 90% нейтрофилов были представлены зрелыми формами (палочкоядерные и сегментоядерные).

В крови рыб, получавших только витазар в виде монодиеты количество фагоцитирующих нейтрофилов, а также моноцитов, было наименьшим (соответственно, 1374 и 182 шт./мкл.). В целом, содержание нейтрофилов у двухлеток во всех вариантах, включая контрольную группу, в 5-7 раз выше, чем у сеголетков, что согласуется с литературными данными о повышенной способности нейтрофилов взрослых рыб к фагоцитозу при различных заболеваниях (Watson et al., 1966; Siwicki et al., 1985).

Таким образом, проведенный нами гематологический анализ подтвердил отсутствие нарушений физиологических процессов у форели при использовании витазара и ПЗХ в составе комбикормов.

3. Гепатосоматический индекс. Печень рыб, как орган регуляции обмена веществ, четко реагирует на качество корма. Увеличение размеров печени, изменение её структуры и цвета говорит о некачественном питании. В этой связи в качестве одного из показателей физиологического состояния организма рыбы используется индекс печени (гепатосоматический индекс), представляющий собой отношение массы печени к массе тела в процентах. В естественных условиях индекс печени радужной форели колеблется от 0,67 до 4,21 % (Яржомбек и др., 1986). При кормлении форели сухими гранулированными комбикормами можно считать нормой индекс печени до 2-2,5 % (Остроумова и др., 1998).

Таблица 8

Состав периферической крови форели, выращенной на стартовом и продукционном комбикорме с использованием витазара и импортных комбикормах

Показатели	Сеголетки		Двухлетки			
	АК-1ФС	"Провими"	АК-1ФП	1. АК-2ФП	Витазар (монодиета)	"Рехурасио"
Белок сыворотки крови, %	-	-	$4,7 \pm 0,2$	$4,4 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,4$	$5,9 \pm 0,6$
Гемоглобин, г/л	$80,3 \pm 2,5$	$79,9 \pm 3,8$	$81,5 \pm 3,0$	$74,2 \pm 2,5$	$70,8 \pm 3,2$	$81,4 \pm 1,5$
Эритроциты, млн/мкл	$1,0 \pm 0,03$	$0,96 \pm 0,04$	$0,96 \pm 0,05$	$0,88 \pm 0,02$	$0,96 \pm 0,05$	$0,85 \pm 0,03$
Лейкоциты, тыс/мкл в том числе, %	$23,0 \pm 2,5$	$17,0 \pm 1,6$	$25,6 \pm 4,1$	$23,5 \pm 1,9$	$20,2 \pm 2,3$	$28,3 \pm 4,5$
нейтрофилы	$1,7 \pm 0,5$	$1,2 \pm 0,4$	$6,3 \pm 1,2$	$8,4 \pm 0,9$	$6,8 \pm 1,5$	$6,1 \pm 1,3$
моноциты	$1,2 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,4$	$3,8 \pm 0,9$	$0,9 \pm 0,4$	$1,1 \pm 0,2$
лимфоциты	$97,0 \pm 0,5$	$97,6 \pm 0,6$	$92,7 \pm 1,5$	$88,2 \pm 1,2$	$92,3 \pm 1,7$	$93,3 \pm 1,2$

Обычно увеличение этого показателя до 3 % и более свидетельствует о некачественности и дисбалансированности комбикормов, прежде всего их чрезмерной углеводистой перегрузке (Гамыгин, 1987). Форель и другие лососевые рыбы имеют ограниченную способность к усвоению углеводов. При перенасыщении корма углеводами, особенно прошедшими термообработку (например, экструдированным крахмалом), возникает симптом перегрузки печени гликогеном, её жировое перерождение, далее развивается цирроз (дегенерация) органа. Этот процесс на поздних стадиях необратимый и рыба погибает. Цвет печени при этом из темно-красного изменяется на красный, светло-красный и наконец желто-песочный.

Нашими исследованиями обнаружена определенная зависимость индекса печени форели от вида корма и температуры воды (табл.9).

Таблица 9

Индекс печени форели в зависимости от состава корма и температуры воды

Корм	Температура воды, °С			
	5,6		13	
	Масса рыбы, г	Индекс печени, %	Масса рыбы, г	Индекс печени, %
АК-2ФП (рыбная мука свежая)	121	1,40	147	1,23
АК-1ФС	-	-	151	1,33
"Провими" (Голландия)	121	1,40	158	1,37
АК-2ФП (рыбная мука старая)	-	-	159	1,38
ПЗХ	88	1,45	103	1,38
Витазар	77	1,45	93	1,42

Было проанализировано по 10 шт. из каждой группы. Установлено, что рыба во всех вариантах имела нормальный индекс печени – от 1,23 на производственном комбикорме АК-2ФП до 1,45 % на монодиете из витазара. Печень большинства рыб имела ровный темно-красный цвет, без пятен. Рассматривая варианты в порядке возрастания индекса печени, наилучшими следует признать корма АК-2ФП и АК-1ФС, далее следует "Провими" и ПЗХ. Заканчивает перечень витазар как наиболее мощный поставщик легкоусвояемых углеводов.

Была также обнаружена тенденция положительного влияния температуры воды на эффективность утилизации углеводов кормов. Найдено, что на одинаковых кормах индекс печени рыб, содержащихся в "теплой" воде (13°С), был в среднем на 5% ниже, чем у рыб в "холодной" (5,6°С) воде. Как видно, с увеличением температуры воды использование кормов растительно-

го происхождения улучшается.

В одном из опытов мы проследили влияние качества исходного сырья на гепатосоматический индекс форели. В результате его проведения было показано, что индекс печени форели, выращенной на корме АК-2ФП, изготовленном на основе старой рыбной муки (срок хранения более 6 мес.) и свежей (1 мес. хранения), составил, соответственно 1,38 и 1,31 %. Характерно, что у всех особей, получавших корм на основе свежей рыбной муки, печень была темно-красного цвета, тогда как у 30% рыб, содержащихся на корме со старой рыбной мукой, цвет печени был более светлый, красный.

Таким образом, эффект возможной перегрузки печени опытных рыб углеводами (которых в ПЗХ и витазаре содержится около 50 %) не проявился. Очевидно, на углеводный обмен у рыб большое влияние оказывает не только количество, но и качество углеводов, их тесная связь с количественным и качественным составом остальных составляющих корма. Проведенный нами гепатосоматический анализ подтвердил отсутствие нарушений метаболических процессов у форели при выращивании на кормах с высоким содержанием пшеничных зародышей.

4. Жизнестойкость рыб. Необходимо особо остановиться на благоприятном воздействии ПЗХ и витазара на жизнестойкость форели и других видов рыб. Ранее мы привели сведения о высоком выходе форели при содержании на кормах с зародышами. Другими исследованиями было показано, что введение в состав стартовых кормов для личинок американского веслоноса 15-30 % ПЗХ способствовало повышению выживаемости рыб на 52-107 %, причем конечная масса по сравнению с контрольными вариантами возросла на 18-29 % (Виноградов, Канидьева, 1990). За 30 дней кормления годовиков белуги опытным комбикормом ОТ-2 на основе некачественной рыбной муки с добавлением 10% ПЗХ отход рыб отсутствовал, тогда как в контроле (без ПЗХ) составил 33% (Пономарев и др., 1996). Схожий эффект был получен на молоди енисейского осетра исходной массой 13 г. После зимовки физиологическое состояние этих рыб было крайне неблагоприятным, содержание гемоглобина в крови составляло всего 38 г/л. После 40 дней кормления молоди опытным кормом ОСТ-5, в котором 3,5 % пшеничной муки и 10% соевого шрота заменили на 13,5 % ПЗХ, выживаемость енисейского осетра составила 100 %, прирост массы удвоился и составил 119 %, содержание гемоглобина в крови увеличилось с  $38 \pm 3$  до  $73,5 \pm 4$  г/л, количество эритроцитов возросло с 636 до 716 тыс. шт./мкл. (Судакова, 1998). Выход молоди угря исходной массой 6,3 г при выращивании в УЗВ ВНИИПРХ, которой в течение 3 мес. задавали комбикорм, основу которого составлял витазар (43 %), при температуре воды 18-25°C, составил 95%. В 1999 г. (с июля по ноябрь) в условиях про-

мышленного содержания в бассейнах ЦЭБ ВНИИПРХ было выращено 6 тыс. шт. сеголетков радужной форели (исходная масса - 5 г, конечная - 31 г. температура воды -5-15°C). За 5 мес. выращивания выход молоди составил 100 %. Очевидно, ПЗХ и витазар являются не только источником высокоценных питательных веществ (протеин, жир, углеводы), но и поставщиком комплекса биологически активных соединений, которые, по-видимому, и являются решающим фактором повышения жизнестойкости рыб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая высокие пищевые свойства некоторых продуктов комплексной переработки пшеницы, нами изучена эффективность их использования в качестве кормового средства для культивируемых рыб. В результате исследований разработаны рецепты комбикормов для форели, основанные на пшеничных зародышевых хлопьях (ПЗХ) и жмыхе из них - витазаре, которые по рыбоводно-биологической эффективности сопоставимы с комбикормами известных отечественных и зарубежных фирм, а по экономическим показателям превышают их. Новые производственные комбикорма обеспечивают кормовой коэффициент 1,1-1,3 ед., при несколько более низкой - на 10-15 % - скорости роста по сравнению с лучшими импортными комбикормами. Рекомендуемые комбикорма имеют значительные преимущества. В России, как и в большинстве стран мира имеется устойчивая сырьевая база. Технология промышленной выработки ПЗХ в нашей стране разработана ВНИИ зерна и комбикормовой промышленности и внедрена в практику. Производство ПЗХ возможно в любом регионе страны, имеющей мелькомбинаты. Малый набор компонентов (рыбная мука, ПЗХ, витазар, рыбий жир, витаминный премикс) существенно облегчает заводам поставку сырья, контроль его качества при изготовлении кормов.

Качество ПЗХ и витазара гарантируется технологическими нормами их получения на мелькомбинатах, снабженными соответствующей документацией (гигиенические сертификаты, технические условия). Поэтому по экологической оценке зародыши абсолютно безвредны для употребления в пищу как человеку, так и рыбе. Количество вредных примесей (тяжелые элементы, металлы, пестициды, микотоксины и др.) жестко регламентировано государственным и медицинскими стандартами, и не превышает ПДК для человека.

Технология получения витазара разработана учеными ЦНИИХМ (г. Москва) несколько лет назад. Суть ее в том, что на серийно выпускаемых проходных прессах типа ПШМ-250, в щадящем температурном режиме (60-70° С), из ПЗХ извлекается около 30-40 % пшеничного зародышевого масла,

являющегося лечебным средством. В результате образуется вторичный продукт отхода комплексной переработки пшеницы - жмых - витазар, содержащий до 35 % протеина, 6-8 % жира, до 50 % углеводов, 4-5 % золы. По составу незаменимых аминокислот белок этих продуктов близок к потребности лососевых рыб.

Полиненасыщенные жирные кислоты в ПЗХ составляют около 70 % от общих липидов. Углеводы, в основном, представлены сахарами, усвояемость которых составляет 95-100 %. В липидах ПЗХ и витазара содержится 1500-3000 мг/кг природных  $\alpha$ -токоферолов (витамин E), которые являются эффективными антиоксидантами, обеспечивающими сохранность ПЗХ до 1 г. и более. Несмотря на пониженный уровень жира в витазаре по сравнению с ПЗХ (6 и 10 % соответственно), продукционные свойства витазара на уровне, либо выше ПЗХ. По-видимому, это обусловлено повышением усвоения питательных веществ витазара вследствие механической деструкции ПЗХ в процессе отжатия масла. При экструзии ПЗХ такого эффекта повышения усвоения достичь не удается.

Исследования показали, что физиологическое состояние радужной форели, выращенной на новых кормах с ПЗХ и витазаром (состав тела, жизнестойкость, гематологические показатели, индекс печени), не имеет отклонений от нормы.

Поскольку белок ПЗХ и витазара растительного происхождения, коэффициент полезного действия его в комбикормах, используемых в теплой (15-18°С) воде примерно на 20 % выше, чем в холодной (5-8°С) воде.

За прошедшие годы ПЗХ и витазар были успешно испытаны в составе комбикормов для других видов рыб - молоди веслоноса, белуги, сибирского осетра, угря, карпа. Была отмечена хорошая скорость роста, низкие затраты корма и, что особенно важно, повышенная жизнестойкость. Очевидно, это связано не только с общим высоким уровнем содержания питательных веществ, заложенных в зародыши самой природой, но и их действием как биологически активных продуктов, проявляющих себя также как детоксиканты, антиоксиданты, иммуностимуляторы и др..

В заключение следует отметить, что в 1998-1999 гг. на Белгородском заводе рыбных комбикормов были изготовлены первые 8 т гранулированных продукционных форелевых комбикормов на основе витазара, содержащих 20-40 % рыбной муки, 50-75 % витазара, 5-7 % рыбьего жира, 1 % витаминного премикса ПФ-2В (АК-1ФП, АК-2ФП). Гранулы отличались высокой водостойкостью и чрезвычайно низкой крошкостью. Это обусловлено процессом карамелизации сахаров ПЗХ и витазара под действием температуры в грануляторе (80-90°С), в результате чего гранула по консистенции напоминает

структуру воска из расплавленного витазара с включениями частиц рыбной муки. Технология гранулирования не требует каких-либо изменений и дополнений, то есть процесс идет в обычном баротермическом режиме. Корма с ПЗХ и витазаром хорошо поддаются экструдированию и экспандированию.

Изготовленные комбикорма испытаны в производственных условиях при выращивании форели в садках и бассейнах. Получены положительные результаты, подтвердившие данные экспериментальных работ.

## ВЫВОДЫ

1. Исследованы физико-химические и рыбоводно-биологические свойства нетрадиционных видов кормового сырья растительного происхождения - пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ) и жмыха из них - витазара, что позволило установить возможность их эффективного использования в кормлении разновозрастных групп радужной форели и некоторых других видов культивируемых рыб.

2. ПЗХ и витазар содержат 30-35 % протеина, 6-10 % липидов, 40-50 % углеводов, представленных в основном сахарами, 4-5 % золы. По качественному и количественному составу незаменимых аминокислот (до 35 %), полиненасыщенных жирных кислот (до 80 %), витаминно-минеральному составу эти компоненты отвечают потребности лососевых рыб.

3. Продуктивные качества ПЗХ и витазара примерно одинаковы. ПЗХ содержат на 20-40 % больше липидов, у витазара в результате механической деструкции в процессе прессования повышается усвоение питательных веществ.

4. В форельских комбикормах индекса РГМ возможна замена без снижения продукционных свойств до 40-50 % рыбной муки ПЗХ и витазаром.

5. Установлено влияние температуры воды на продуктивное действие новых компонентов. Так, с повышением температуры воды от 5-10°С до 15-18°С эффективность использования питательных веществ ПЗХ и витазара в составе корма повышается, что, по-видимому связано с активизацией углеводного обмена у рыб.

6. Срок хранения сырых ПЗХ составляет 1-2 мес.. После термообработки их срок хранения возрастает до 8-12 мес.. Стабилизации качества при хранении способствует также наличие в липидах ПЗХ и витазара большого количества природных  $\alpha$ -токоферолов (1500-6000 мг/кг). В процессе хранения до 1 г. и более перекисное число не превышает 0,1-0,15 %, кислотное число - 20-30 мг КОН.



7. Состояние здоровья радужной форели, выращенной на кормах с ПЗХ и витазаром, отклонений от нормы не имеет. Содержание гемоглобина составляет 70-80 г/л, эритроцитов - 0,9-1 млн/мкл крови, прочие гематологические показатели соответствуют норме, выживаемость молоди - 80-90 %, взрослых рыб - 100 %. Печень здоровая, темно-красного цвета. Ее индекс - 1,3-1,4 %, что свидетельствует об отсутствии нарушений обменных процессов. Анализ биохимического состава тела форели, выращенной на кормах с ПЗХ и витазаром, также показал хорошее состояние рыбы.

8. Показана возможность использования ПЗХ и витазара даже в виде монодиеты. При этом не отмечено нарушений жизнедеятельности радужной форели, хотя скорость роста снижается в 1,5-2 раза по сравнению с рыбой, потреблявшей стандартные комбикорма. На 1 кг прироста массы тела форели расходуется 420-450 г протеина ПЗХ и витазара, что соответствует уровню сбалансированных комбикормов.

9. По результатам исследований разработаны, прошли производственные испытания и предложены для промышленного освоения новые рецепты малокомпонентных комбикормов для выращивания молоди и товарной форели на основе ПЗХ и витазара. Они содержат около 40-45 % протеина, 10-16 % жира, 25-30 % углеводов, 3300-3500 ккал/кг обменной энергии, обеспечивают достаточно высокую скорость роста рыб при кормовом коэффициенте 1,1-1,3, что соответствует лучшим отечественным и зарубежным аналогам, однако дешевле их и проще в изготовлении.

10. Комбикорма с введением ПЗХ и витазара отличаются низкой крошимостью (не более 2-3 %) и высокой водостойкостью (не менее 20-30 мин.) за счет карамелизации сахаров при термообработке в грануляторе, экструдере или экспандере.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты исследований, выполненных по теме диссертации, позволяют рекомендовать ПЗХ и витазар в качестве основных и вспомогательных кормовых компонентов для лососевых и других видов рыб.

1. Производство ПЗХ и витазара возможно в любом регионе страны, где имеются мелькомбинаты и мукомольные заводы. Для кормления рыб следует применять ПЗХ, прошедшие термостабилизацию, что увеличивает их срок хранения до 1 г.

2. Для практического использования рекомендуются следующие рецепты малокомпонентных комбикормов для радужной форели на основе ПЗХ и витазара:

а) стартовый корм АК-1ФС для личинок, мальков и сеголетков массой до 5-10 г, %: мука рыбная (протеин не менее 70 %) - 44, ПЗХ или витазар - 44, жир рыбий - 10, витаминный премикс - 2,0;

б) продукционный корм АК-1ФП для форели массой от 5-10 г до 50 г (или до товарного размера), %: мука рыбная - 40, ПЗХ или витазар - 49-52, жир рыбий - 7-10, витаминный премикс - 1,0;

в) продукционный корм АК-2ФП для форели массой более 50 г, %: мука рыбная - 25, ПЗХ или витазар - 64-67, жир рыбий - 7-10, витаминный премикс - 1,0.

3. При временном отсутствии полноценных комбикормов в качестве вынужденной меры допустимо применение ПЗХ и витазара в виде монодиеты, что не оказывает отрицательного влияния на здоровье рыб, хотя приводит к снижению их темпа роста в 1,5-2 раза по сравнению со стандартными комбикормами, при кормовом коэффициенте - 1,5-1,7.

4. ПЗХ и витазар могут быть использованы в качестве адгезионной, биологически активной и антиоксидантной добавки ко всем видам рыбных комбикормов. Целесообразно также вводить эти продукты в пастообразные корма в количестве 10-20 % для связывания кормосмеси, предотвращения ее быстрой размываемости и обогащения протеином, жиром, легкоусвояемыми углеводами и витаминами.

5. ПЗХ и витазар не нуждаются в гидробаротермической обработке (экструзии, экспандировании), поэтому комбикорма для рыб на их основе можно успешно изготавливать по обычной технологии сухого прессования, распространенной в отечественном кормопроизводстве. Тем самым снижаются затраты на выпуск продукции.

6. Комбикорма с ПЗХ и витазаром обеспечивают высокую выживаемость рыб. Практика показала, что при отсутствии болезней и хорошем качестве воды, выход форели при выращивании от 3-5 г до 400-500 г составляет 95-100 %. Очевидно, использование новых кормов для лососевых и других видов рыб будет особенно полезным в рыбоводных питомниках, нерестово-выростных и селекционно-племенных хозяйствах и других рыбоводных предприятиях, заинтересованных в повышении жизнестойкости и качества рыбопосадочного материала.

7. Разработанные нами комбикорма на основе ПЗХ и витазара рекомендуется использовать в условиях оптимальной или повышенной температуры воды (теплые воды ТЭС, ГРЭС, АЭС). В холодной воде их эффективность снижается на 15-20 %.

8. ПЗХ и витазар целесообразно применять в условиях жестких экологических требований к составу комбикорма и воды (рыбоводные установки с

замкнутым водоснабжением, водоемы рыбохозяйственного и питьевого назначения и др.), поскольку эти компоненты отличаются высокой усвояемостью питательных веществ, отсутствием или предельно низким содержанием токсинов, пестицидов, тяжелых металлов и других соединений, вредных для рыбы и человека и обеспечивают низкую степень загрязнения воды.

9. Экономически выгодно использовать малокомпонентные комбикорма на основе ПЗХ и витазара, включающие также рыбную муку, рыбий жир, витаминный премикс. Во-первых, упрощается работа комбикормовых заводов, производящих 3-4-компонентные комбикорма вместо традиционных 10-12 компонентных. Во-вторых, при почти равных с многокомпонентными комбикормами производственных свойствах (скорость роста, затраты корма), стоимость малокомпонентных комбикормов индекса АК на 30-40 % ниже.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Шмаков Н.Ф., Гамыгин Е.А., Шмаков Д.Н. Зародышевые хлопья - ценный заменитель дефицитных компонентов кормов для рыб// Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: Тез. докл. I Междунар. симпозиума, Адлер, 21-24 окт.1996г.-Краснодар, 1996. с. 32.

2. Шмаков Д.Н. Об эффективности экструзии пшеничных зародышевых хлопьев// Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл., Астрахань, сентябрь 1997г.- М.: Изд-во ВНИРО, 1997. с.340.

3. Шмаков Д.Н., Гамыгин Е.А., Шмаков Н.Ф., Канидьев А.Н. Свойства и биологическая роль зародышей пшеницы в питании рыб// Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл., Астрахань, сентябрь 1997 г.- М.: Изд-во ВНИРО, 1997. с.341.

4. Шмаков Д.Н., Пономарев С.В., Шмаков Н.Ф., Гамыгин Е.А. Пшеничные зародышевые хлопья как антиокислители, детоксиканты и источники БАВ в кормлении рыб// Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл., Астрахань, сентябрь 1997г.-М.: Изд-во ВНИРО, 1997. с.341.

5. Шмаков Н.Ф., Гамыгин Е.А., Шмаков Д.Н., Канидьев А.Н. Результаты использования пшеничных зародышевых хлопьев и жмыха в комбикормах для радужной форели// Современные проблемы аквакультуры: Сб. науч. тр. ВНИИПРХ, М., 1997. вып.73, с.128-133.

6. Пикус Б.Н., Спесивцев А.С., Жалнин В.Н., Плешко В.И. Плешко Е.К., Вишняков А.Б., Власов В.Н., Шмаков Н.Ф., Шмаков Д.Н., Гамыгин Е.А., Новицкий О.В. Пшеничные зародыши в качестве кормового продукта // Ж. Комбикормовая пром-сть, - М., 1998. № 4. с.34-35.

7. Шмаков Н.Ф., Гамыгин Е.А., Шмаков Д.Н. Малокомпонентные комбикорма для рыб на основе продуктов комплексной переработки пшени-

цы// Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре: Тез. докл. II Междунар. симпозиума, Адлер, 4-7 окт. 1999г. -Краснодар, 1999. С. 225-226.

8. Шмаков Н.Ф., Шмаков Д.Н., Пятаков И.В. Эффективность добавки мидийного гидролизата в корм радужной форели // Вопросы физиологии и кормления рыб: Сб. научн. тр. ВНИИПРХ (НТЦ "Аквакорм"), М., 1999, вып. 74, С. 112-119.

9. Шмаков Н.Ф., Шмаков Д.Н. Выяснение причин массовой гибели форели при выращивании в бассейнах форелевого цеха ЦЭБ ВНИИПРХ // Вопросы физиологии и кормления рыб: Сб. научн. тр. ВНИИПРХ (НТЦ "Аквакорм"), М., 1999, вып. 74, С. 176-185.