

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЛКОВО- ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ФОРЕЛИ

**Резюме.** Изучена эффективность использования разного уровня белково-витаминно-минерального концентрата (БВМК) при выращивании товарной радужной форели. Согласно результатам рыбоводно-биологических испытаний ввод 12% БВМК в состав производственных комбикормов оказал положительное влияние на темпы роста рыбы, привел к снижению кормовых затрат и не отразился на физиологическом состоянии и гематологических показателях форели.

**Ключевые слова:** белково-витаминно-минеральный концентрат, производственные комбикорма, радужная форель, динамика роста.

## EFFICIENCY OF THE PROTEIN-VITAMIN-MINERAL CONCENTRATE IN COMPOUND FEEDS FOR TROUT

**Abstract.** The effect of different levels of protein-vitamin-mineral concentrate (PVMC) in the diet of rainbow trout has been studied. According to the results of fish-breeding and biological tests, 12% of PVMC in the composition of compound feeds had a positive effect on growth rates, decrease feed costs and did not affect the physiological state and hematological parameters of fish.

**Key words:** protein-vitamin-mineral concentrate, production compound feeds, rainbow trout, growth rate.

### ВВЕДЕНИЕ

Форелеводство входит в число наиболее перспективных направлений товарного рыбоводства. С 2015 по 2023 гг. объемы производства лососевых в аквакультуре РФ выросли почти в четыре раза и достигли 158 тыс. т [9]. Эффективность выращивания радужной форели зависит от ряда факторов, влияющих на ее здоровье, физиологическое состояние и продуктивность. Среди них сбалансированные экструдированные комбикорма. Однако в настоящее время главным препятствием для увеличения объемов их производства является дефицит качественной рыбной муки. Как альтернативу рыбной муке традиционно рассматривают продукты на основе сои, но цена на нее в последние годы повышается, тем самым снижается привлекательность использования данного компонента.

Перспективными источниками, способными восполнить в ближайшем будущем недостаток белка в кормах для объектов аквакультуры, становятся: протеин из насекомых, продукты микробиологического синтеза, концентраты белков растительного происхождения [1, 4, 5, 7]. К подобным компонентам относят-

УДК 639.3.043

**Научная статья**

DOI 10.69539/2413-287X-2024-09-3-227

**РОМАН ВИКТОРОВИЧ АРТЕМОВ<sup>1</sup>**,  
кандидат технических наук, доцент, директор  
департамента прикладных исследований  
комбикормов и научного сопровождения  
производств  
ORCID: 0000-0003-0428-0225  
E-mail: artemov@vniro.ru

**МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ АРНАУТОВ<sup>1</sup>**,  
кандидат технических наук, начальник отдела  
кормов и кормовых компонентов  
ORCID: 0000-0003-3699-1451  
E-mail: arnautov@vniro.ru

**НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА РОМАНОВА<sup>2</sup>**,  
кандидат биологических наук, доцент,  
заведующая лабораторией ихтиопатологии  
ORCID: 0000-0003-3154-7132  
E-mail: romanova@vniiprh.vniro.ru

**АЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ ЛУШНИКОВ<sup>3</sup>**,  
генеральный директор  
E-mail: a.lushnikov@prombiotech.ru

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский  
институт рыбного хозяйства  
и океанографии  
105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19

<sup>2</sup>Филиал по пресноводному рыбному  
хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)  
141821, Московская область,  
поселок Рыбное, д. 40А

<sup>3</sup>ООО «ПромБиТ»  
301840, Тульская область,  
г. Ефремов, здание 1

Поступила в редакцию: 30.08.2024  
Одобрена после рецензирования: 03.09.2024  
Принята в публикацию: 04.09.2024

UDC 639.3.043

**Research article**

DOI 10.69539/2413-287X-2024-09-3-227

**ROMAN V. ARTEMOV<sup>1</sup>**,  
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,  
Director of the Department of Applied Research  
of Feed and Scientific Support of Production  
ORCID: 0000-0003-0428-0225  
E-mail: artemov@vniro.ru

**MAKSIM V. ARNAUTOV<sup>1</sup>**,  
PhD in Technical Sciences, Head of Feed  
and Feed Components Department  
ORCID: 0000-0003-3699-1451  
E-mail: arnautov@vniro.ru

**NATALIA N. ROMANOVA<sup>2</sup>**,  
PhD in Biological Sciences, Associate Professor,  
Head of Ichthyopathology Laboratory  
ORCID: 0000-0003-3154-7132  
E-mail: romanova@vniiprh.vniro.ru

**ALEKSANDR O. LUSHNIKOV<sup>3</sup>**,  
General Manager  
E-mail: a.lushnikov@prombiotech.ru

<sup>1</sup>Russian Federal Research Institute  
of Fisheries and Oceanography  
105187, Moscow, Okruzhnoy proezd, 19

<sup>2</sup>Branch of the freshwater fisheries  
of VNIRO (VNIIPRKH)  
141821, Moscow area, Rybnoe poselok, 40A

<sup>3</sup>LLC «PromBIT»  
301840, Tula area, Efremov, 1

Received by editor office: 08.30.2024  
Approved in revised: 09.03.2024  
Accepted for publication: 09.04.2024

ся белково-витаминно-минеральный концентрат (БВМК), представляющий собой высушенную биомассу с высоким содержанием протеина, продуцентом которого является штамм дрожжей *Hansenula polymorpha*. Оценка рыбоводно-биологической эффективности применения и установление нормы ввода данного БВМК в производственные комбикорма для форели были целью исследования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытывались образцы комбикормов с белково-витаминно-минеральным концентратом при выращивании радужной форели. Их вырабатывали на опытно-производственной линии Amandus Kahl в условиях цеха по производству экструдированных кормов Филиала по пресноводному рыбному хозяйству (ВНИИПРХ). В рецепты опытных кормов (КРФР 1-6, КРФР 2-12, КРФР 3-18) вводили БВМК в количестве 6, 12 и 18%, заменяя им рыбную муку на 20, 40 и 60%, соответственно. В качестве контроля использовался корм аналогичного рецепта, но без замещения рыбной муки (КРФР 0-контроль), и коммерческий комбикорм отечественного производства. Технологический процесс состоял из следующих этапов: смешивание компонентов в смесителе; измельчение кормовой смеси в молотковой дробилке на сите с отверстиями диаметром 2 мм; кондиционирование смеси (обработка водой и паром) с последующим экструдированием на матрице с отверстиями диаметром 5 мм при температуре 115–120°C; сушка гранул; просеивание их на вибрационных ситах; вакуумная пропитка гранул жировыми компонентами; охлаждение и упаковка корма.

Химический состав комбикормов анализировали стандартными методами. Аминокислотный состав белков определяли с помощью автоматического аминокислотного анализатора Agasus (Membrapure) методом постколоночной дериватизации с фотометрическим детектированием.

Форель со средней начальной массой 550 г выращивали в круглых бассейнах объемом 2 м<sup>3</sup>. В период исследования температура воды и содержание кислорода в рыбоводных емкостях колебались в диапазоне соответственно 16,2–19,2°C и 6,2–10,4 мг О<sub>2</sub>/л, уровень нитритов не превышал 0,5–1 мг/л. Расход воды составлял в среднем 48 л/мин при полном водообмене 45 мин. Плотность посадки рыбы — 48 шт/бассейн. Испытания

проводили в течение 60 суток в двух повторностях (по два бассейна на каждый рецепт корма). Корм задавали вручную с периодичностью четыре раза в сутки. Темп роста форели устанавливали на основании результатов контрольных обловов. Эффективность применения экспериментальных комбикормов оценивали по выживаемости, абсолютному, относительному и среднесуточному приросту, кормовому коэффициенту и коэффициенту упитанности [10]. Ихтиопатологические исследования, включавшие клинический осмотр и патологоанатомическое вскрытие 10 экземпляров рыб из каждой группы, выполняли в соответствии с общепринятыми в ихтиопатологии методами [8] в лаборатории ихтиопатологии «ВНИИПРХ». Гематологический анализ проводили там же в соответствии с Методическими указаниями по гематологическим исследованиям рыб [6]. Кровь для анализа отбирали из хвостовой вены у 10 рыб из каждой группы. Форменные элементы крови идентифицировали согласно классификации Н.Т. Ивановой [3].

Статистическая обработка материала осуществлялась с помощью программы Microsoft Excel. Данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок среднего, они были подвергнуты однофакторному дисперсионному анализу (ANOVA), минимальный уровень значимости  $P < 0,05$  использовался во всех тестах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

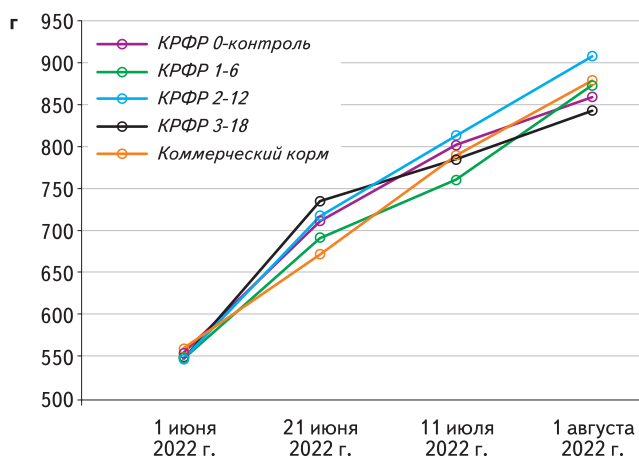
БВМК содержал 48,3% сырого протеина, менее 1,0% сырого жира, 31,2% углеводов, 2,9% клетчатки. Аминокислотный состав белков концентрата отличался от такового в растительных компонентах бóльшим количеством лизина (3,6%), метионина (0,7%), треонина (3,1%) и способствовал вкусовой привлекательности корма за счет высокого уровня глутаминовой кислоты. Благодаря наличию всех незаменимых аминокислот, БВМК был использован в качестве частичной замены рыбной муки в рецептах комбикормов для форели.

Питательность контрольного и опытных вариантов кормов представлена в таблице 1. Опытные корма почти не различались по количеству протеина (43,8–44,3%), жира (19,6–20,4%) и по составу были близки к коммерческому корму. В корме КРФР 3-18 отмечался повышенный уровень клетчатки, что связано с ее присутствием (около 3%) в БВМК.

Таблица 1. Питательность комбикормов

Шифр комбикорма	Содержание, %						Валовая энергия, МДж/кг
	сырого протеина	сырого жира	БЭВ	золы	клетчатки	влаги	
КРФР 0-контроль	44,34 ± 0,19	20,14 ± 0,14	22,48 ± 0,53	6,10 ± 0,01	1,54 ± 0,06	5,35 ± 0,05	22,6
КРФР 1-6	43,87 ± 0,35	20,44 ± 0,09	23,22 ± 0,57	5,39 ± 0,05	1,62 ± 0,04	5,40 ± 0,40	22,6
КРФР 2-12	44,37 ± 0,12	19,61 ± 0,35	23,35 ± 0,56	5,63 ± 0,08	1,77 ± 0,03	5,15 ± 0,15	22,5
КРФР 3-18	44,34 ± 0,10	20,22 ± 0,25	22,24 ± 0,78	5,54 ± 0,04	1,95 ± 0,06	5,94 ± 0,13	22,4
Коммерческий комбикорм	44,00 ± 0,07	19,27 ± 0,08	22,55 ± 0,44	6,44 ± 0,01	2,25 ± 0,20	5,50 ± 0,10	22,1

На рисунке отображена динамика ростовых показателей форели. Через 20 суток с начала опыта наибольшая средняя масса наблюдалась у рыб опытных (комбикорм с БВМК) и контрольной групп. В конце эксперимента у рыбы, выращенной на кормах КРФР 0-контроль и КРФР 3-18, темп роста снизился. У форели, которая получала коммерческий комбикорм и экспериментальный корм (с добавлением 6 и 12% БВМК), отмечалась планомерная положительная динамика изменения средней массы.



Динамика изменения ростовых показателей форели

Результаты рыбоводно-биологических испытаний свидетельствуют о том, что уровень ввода белково-витаминно-минерального концентрата в комбикорма оказал влияние на ростовые показатели радужной форели (табл. 2). Значения средней массы форели, выращенной на опытных и контрольных комбикормах, в конце опыта достоверно различались между собой ( $P > 0,05$ ). Выживаемость рыб во всех группах была высокой (94,6–98,8%). Самыми низкими ростовыми показателями отличалась форель, которая получала комбикорм с 18% БВМК (КРФР 3-18). Контрольная группа (корма без БВМК) по приросту массы незначительно опережала эту группу. У форели на коммерческом корме показатели абсолютного (317,16 г) и среднесуточного (5,3 г) прироста были незначительно ниже, чем у аналогов на корме КРФР 1-6 (323,3 г и 5,4 г,

соответственно). При этом и затраты коммерческого корма на прирост были меньше.

Наибольшая средняя конечная масса (свыше 900 г), абсолютный, относительный и среднесуточный прирост отмечены в группе рыб, которым скармливали комбикорм КРФР 2-12 с содержанием БВМК 12%. Также для форели этой группы характерны наименьшие по сравнению с остальными экспериментальными группами кормовые затраты — 1,08, которые соответствовали кормовым затратам группы, выращенной на промышленном комбикорме.

При клиническом осмотре не обнаружено выраженных различий между экспериментальными и контрольными группами: рыба во всех вариантах была без признаков какого-либо заболевания и повреждений тела; покрыта тонким прозрачным слоем слизи; пигментация тела характерна для радужной форели; жабры естественного красного цвета; катаракты (помутнения хрусталиков глаз) не выявлено.

Данные гематологического анализа радужной форели по завершении эксперимента представлены в таблице 3.

В целом гематологические показатели рыб во всех группах соответствовали нормативным референсным значениям для крови товарной форели [2], что характеризует хороший уровень физиологического состояния организма рыб. Средние значения уровня гемоглобина, эритроцитов, гемоглобина в одном эритроците и общего белка в сыворотке крови рыб опытных групп КРФР 2-12 и КРФР 3-18 были близки между собой и к контрольной группе КРФР 0-контроль, но несколько ниже, чем у рыб группы КРФР 1-6 и группы рыб, получавших промышленный корм. Достоверных различий ( $P < 0,05$ ) между экспериментальными и контрольными группами не выявлено.

## Выводы

Согласно результатам рыбоводно-биологических испытаний на товарной радужной форели средней массой 500 г, выращенной в УЗВ, частичная замена в комбикормах рыбной муки на БВМК не оказала отрицательного влияния на ростовые показатели. Максимальный абсолютный, относительный и среднесуточный прирост массы, низкие кормовые затраты и высокая выживаемость рыб были достигнуты

Таблица 2. Результаты опыта на форели

Показатель	Шифр комбикорма				
	КРФР 0-контроль	КРФР 1-6	КРФР 2-12	КРФР 3-18	Коммерческий комбикорм
Начальная масса, г	554,4 ± 3,5	550,1 ± 7,1	552,1 ± 6,8	554,1 ± 4,9	561,1 ± 6,0
Конечная масса, г	859,2 ± 16,9	873,4 ± 20,1	906,1 ± 15,8	842,2 ± 17,8	878,3 ± 16,5
Абсолютный прирост массы, г	304,8	323,3	354,0	288,1	317,2
Относительный прирост массы, %	54,84	58,77	64,11	52,00	56,50
Среднесуточный прирост массы, г	5,1	5,4	5,9	4,8	5,3
Кормовые затраты	1,19	1,21	1,08	1,19	1,07
Выживаемость, %	96,8	95,7	94,6	98,8	95,7

Таблица 3. Результаты гематологического анализа крови радужной форели

Показатель	Шифр комбикорма				
	КРФР 0-контроль	КРФР 1-6	КРФР 2-12	КРФР 3-18	Коммерческий комбикорм
Общий белок в сыворотке крови, г/л	52,90 ± 9,60	64,40 ± 8,30	56,10 ± 6,10	58,60 ± 7,10	57,90 ± 8,60
Гемоглобин, г/л	93,30 ± 18,22	113,87 ± 8,69	102,00 ± 8,52	101,50 ± 16,58	114,25 ± 14,40
Эритроциты, тыс/мкл	799,00 ± 113,08	871,25 ± 51,94	845,00 ± 91,07	817,00 ± 141,97	892,00 ± 134,39
Содержание гемоглобина в эритроците (СГЭ), пг	114,69 ± 14,56	127,72 ± 8,21	121,89 ± 14,14	124,81 ± 16,58	127,11 ± 8,57
Эритропоэз (всего молодых эритроцитов), %	9,05 ± 1,18	8,92 ± 3,43	9,53 ± 1,96	12,65 ± 2,75	13,55 ± 2,45
Лейкоциты, тыс/мкл	32,03 ± 8,25	27,30 ± 7,57	34,53 ± 8,56	32,70 ± 15,13	37,18 ± 10,83

при вводе 12% БВМК в комбикорма. При ихтиопатологическом исследовании и по результатам гематологического анализа не выявлено различий между экспериментальными группами рыб, выращенной на комбикормах с добавлением

БВМК, и контрольной группой. Использование БВМК позволило заместить 40% рыбной муки в рецепте, сохранив при этом хороший уровень физиологического состояния организма рыб.

#### Литература

1. Артемов, Р. Белковый концентрат черной львинки в стартовых комбикормах для форели / Р. Артемов, М. Арнаутов, В. Гершунская, Ю. Новоселова // Комбикорма. — 2023. — № 9. — С. 44–46.
2. Головина, Н. А. Гематологические исследования и их использование для оценки здоровья рыб / Н. А. Головина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2018. — № 5 (148). — С. 72–74.
3. Иванова, Н. Т. Атлас клеток крови рыб. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 184 с.
4. Максим, Е. А. Изучение эффективности применения гаприна при выращивании стерляди / Е. А. Максим, Д. А. Юрин, Н. В. Агаркова [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2024. — Т. 54, 4. — С. 69–75.
5. Кошак, Ж. Комбикорма для радужной форели с различными видами протеина / Ж. Кошак, А. Кошак, Д. Долгая [и др.] // Комбикорма. — 2019. — № 7–8. — С. 32–36.
6. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. — Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. — Ч. 2. — М.: Отдел маркетинга АМБ-агро, 1999. — С. 69–97.
7. Толмачев, В. А. Перспективы использования горохового протеина в комбикормах для радужной форели / В. А. Толмачев, М. В. Арнаутов, Т. Н. Усков, В. В. Гершунская. — Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 27–28 марта 2024 года. — Москва: ФГБНУ «ВНИРО», 2024. — С. 570–574.
8. Практикум по ихтиопатологии под ред. Н. А. Головиной, Е. В. Авдеева, Е. Б. Евдокимова, О. В. Казимирченко, М. Ю. Котлярчук. — М.: Моркнига, 2016. — 417 с.
9. Росрыболовство: ориентир развития аквакультуры в стране — потребительские предпочтения. — <https://fish.gov.ru/news/2024/03/12/rosrybolovstvo-orientir-razvitiya-akvakultury-v-strane-potrebitelskie-predpochteniya/> (дата обращения: 26.03.2024).
10. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. — Изд. ВНИРО, 2006. — 360 с. ■