

Научная статья

УДК 639.312; 639.3.043.2

<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-4-52-60>

EDN BVGGFW

Возможность использования гаприна (белка микробиологического синтеза) в качестве источника белка в составе комбикормов для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*)

Ю. А. Кучихин¹, Я. В. Бреев², А. А. Бахарева^{3✉},
Н. И. Кочетков⁴, С. В. Смородинская⁵, М. В. Беляева⁶, В. Ф. Зайцев⁷

^{1, 3-5}Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского
(Первый казачий университет),
Москва, Россия, bahareva.anya@yandex.ru✉

¹ГК «МЕЛКОМ», Тверь, Россия

^{2, 6}ООО «Биопрактика», Москва, Россия

⁷Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия

Аннотация. Исследовалась эффективность применения гаприна (белка микробиологического синтеза, торговая марка «Инноприн») в качестве частичной замены рыбной муки в составе комбикормов для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Замена производилась в количестве 4 и 7 % от полной массы корма. Сравнение производилось по отношению к рецептурам без биосинтетических белков, в том числе без спиртовых или пивных дрожжей. Введение 4 % гаприна позволило снизить стоимость комбикормов и улучшить рыбопродуктивные показатели, при этом ввод 7 % гаприна привел к большему снижению стоимости, но ухудшил рыбопродуктивные показатели и оказал негативное влияние на состояние внутренних органов и крови исследуемых особей. В гистологических препаратах тканей кишечника и печени контрольной группы и группы с вводом 4 % гаприна не было обнаружено значимых морфологических изменений. В группе с вводом 7 % гаприна выявлены значительные нарушения структуры тканей кишечника и печени. Введение 4 % гаприна в состав комбикормов для радужной форели не приводит к повышенной смертности и не имеет токсикологических эффектов. Негативное влияние повышенных концентраций гаприна на радужную форель, вероятно, обусловлено высоким содержанием в нем меди и цинка, что может приводить к нарушениям структуры органов пищеварения.

Ключевые слова: аквакультура, гаприн, белок микробиологического синтеза, белок микробного происхождения, садковое выращивание, гематология

Для цитирования: Кучихин Ю. А., Бреев Я. В., Бахарева А. А., Кочетков Н. И., Смородинская С. В., Беляева М. В., Зайцев В. Ф. Возможность использования гаприна (белка микробиологического синтеза) в качестве источника белка в составе комбикормов для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2025. № 4. С. 52–60. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-4-52-60>. EDN BVGGFW.

Original article

The possibility of using gaperin (protein of microbiological synthesis) as a protein source in compound feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Yu. A. Kuchikhin¹, Ia. V. Breev², A. A. Bakhareva^{3✉},
N. I. Kochetkov⁴, S. V. Smorodinskaya⁵, M. V. Beliaeva⁶, V. F. Zaitsev⁷

^{1, 3-5}K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University),
Moscow, Russia, bahareva.anya@yandex.ru✉

¹MELKOM Group of Companies, Tver, Russia

^{2, 6}Biopraktika, LLC, Moscow, Russia

⁷Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia

Abstract. This study investigated the effectiveness of using gaprin (a microbiologically synthesised protein trademarked as Innoprin) to partially replace fish meal in compound feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Replacement amounts of 4% and 7% of the total feed weight were used. Comparisons were made with recipes that did not contain biosynthetic proteins, including those that did not contain alcohol or brewer's yeast. Introducing 4% gaprin reduced the cost of compound feed and improved fish farming and biological indicators. However, introducing 7% gaprin led to a greater reduction in cost, but also worsened fish farming and biological indicators, as well as having a negative effect on the condition of the internal organs and blood of the studied individuals. No significant morphological changes were observed in the histological preparations of the intestinal and liver tissues of the control group or the group administered 4% gaprin. However, significant disturbances in the structure of intestinal and liver tissues were detected in the group administered 7% gaprin. Adding 4% gaprin to the compound feed of rainbow trout does not increase mortality or have any toxicological effects, and reduces the cost of the feed. The negative effects of elevated gaprin concentrations on rainbow trout are probably due to its high copper and zinc content, which can lead to disturbances in the structure of the digestive organs.

Keywords: aquaculture, gaprin, protein of microbiological synthesis, protein of microbial origin, cage cultivation, hematology

For citation: Kuchikhin Yu. A., Breev Ia. V., Bakhareva A. A., Kochetkov N. I., Smorodinskaya S. V., Beliaeva M. V., Zaitsev V. F. The possibility of using gaprin (protein of microbiological synthesis) as a protein source in compound feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. 2025;4:52-60. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2025-4-52-60>. EDN BVGGFW.

Введение

Садковое выращивание радужной форели в пресноводных водоемах РФ требует значительных затрат на кормление рыбы. В некоторых случаях доля расходов на приобретение кормов составляет 50–60 % от себестоимости выращивания рыбы [1]. Качественные гранулированные корма содержат в своем составе рыбную муку, обеспечивающую полноценный нутриентный состав и высокую скорость роста форели [2]. Существенным недостатком рыбной муки является ее высокая стоимость и нестабильное качество, которое зависит от вида сырья [3]. В связи с этим комбикормовые предприятия вынуждены осуществлять поиск доступных высокоэффективных компонентов для производства комбикормов, позволяющих обеспечить организм рыбы необходимыми питательными и биологически активными веществами, а также белками высокого качества [4, 5]. Для обеспечения организма рыб белками в состав комбикормов вводят различные продукты животного, растительного, а также микробного и химического происхождения [6]. Одним из таких продуктов является гаприн.

Гаприн представляет собой биомассу метано-кисляющих бактерий *Methylococcus capsulatus* [7]. Этим бактериям свойственна очень высокая скорость размножения и синтеза белка, что делает их ценным объектом для производства кормового белка. Основным углеродным субстратом для этих бактерий является природный газ, состоящий преимущественно из метана. Комплексные исследования, проведенные в различных институтах и производственных площадках, позволили доказать эффективность гаприна как высокоценного белкового сырья [8]. Аминокислотный профиль гаприна близок к потребностям радужной форели, при этом он может варьироваться в соответствии с различными технологиями производств [9].

Целью исследований является оценка эффективности использования гаприна в составе комбикормов на годовиках радужной форели в условиях сад-

кового выращивания в акватории Ладожского озера.

Материалы и методы

Исследования выполнялись в условиях рыбного предприятия ООО «Ладожская форель» (Республика Карелия) осенью 2023 г. В качестве объекта исследований использовали годовиков радужной форели породы Дональдсона, выведенных из икры Aquasearch Fresh (Дания), средней массой 300 г. Выращивание рыбы производили в садках диаметром 12,7 м, установленных в акватории Ладожского озера.

Для эксперимента было использовано 45 000 особей радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*), которые были разделены на 3 группы: 2 опыта и контроль. Кормление рыб осуществляли вручную дважды в день, при этом рацион в равных долях делился на вечернее и утреннее кормление. Суточный рацион рассчитывали в зависимости от биомассы и температуры воды по специальным кормовым таблицам. Измерения проводились с использованием оксиметра Milwaukee MW605 MAX и электронного термометра ТП700 с погрешностью измерений в 1 °C. Средний вес определялся на платформенных весах ВСП-5КС с погрешностью измерений ±10 г. Средний вес определяли по завешиванию 100 особей в 5 повторах. В качестве погрешности на воду и слизь брали 2 %.

Кормление рыб осуществляли с применением комбикорма торговой марки Аквагех производства ОАО «Мелькомбинат» (г. Тверь). Нормы внесения гаприна в состав кормов для радужной форели были определены исходя из исследований, проведенных на других видах рыб, и составили 4 % (опыт 1) и 7 % (опыт 2) от массы корма.

Перед началом эксперимента обе группы рыб кормили кормом группы контроля. Для максимальной достоверности полученных данных комбикорма группы опыта произведены на основе кормов группы контроля. Показатели корма для групп опыта и контроля приведены в табл. 1.

Kuchikhin Yu. A., Breev Ia. V., Bakhareva A. A., Kochetkov N. I., Smorodinskaya S. V., Beliaeva M. V., Zaitsev V. F. The possibility of using gaprin (protein of microbiological synthesis) as a protein source in compound feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Таблица 1

Table 1

Показатели контрольного корма для радужной форели
и корма с внесением гаприна в количестве 4 и 7 % от массы корма

Indicators of the control feed for rainbow trout
and feed with the addition of gaprin in the amount of 4 and 7 % by weight of the feed

Показатель качества	Единицы измерения	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Влажность	%	6,44	6,2	6,3
Сырой протеин		44,00	44,11	
Сырой жир		23,00	23,08	23,05
Сырая клетчатка		1,29	1,32	1,42
Сырая зола		5,6	5,8	4,9
Лизин	% СВ	3,23	3,29	3,4
Метионин		0,83	0,81	0,84
Треонин		1,80		1,72
Аргинин		2,2	2,15	2,1
Изолейцин		1,50	1,48	1,54
Валин		2,29	2,19	2,08
Гистидин		1,27	1,32	1,34
Са	мг/кг	1,3	1,28	
Р		1,1	1,2	
Гаприн	% от массы корма	0	4	7

В качестве гаприна (белка микробиологического синтеза) выступал продукт под торговым наименованием «Инноприн» производства ООО «Биопрак-

тика» (2023 г.). Количественные показатели белкового продукта представлены в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Количественные показатели и аминокислотный состав гаприна

Quantitative indicators and amino acid composition of gaprin

Показатель	Единицы измерения	Значение
Влажность	%	7,2
Сырой протеин		69,8
Сырой жир		8,4
Сырая зола		6,3
Си	мг/кг	203,3
Зп		95
Мо		4,8
Аспаргиновая кислота + аспаргин	% СВ	5,5
Треонин		2,8
Серин		2,1
Глутаминовая кислота + глутамин		7
Глицин		3,5
Аланин		4,6
Цистеин		0,6
Валин		3,9
Метионин		1,8
Изолейцин		3
Лейцин		5
Тирозин		2,5
Фенилаланин		2,9
Гистидин		1,8
Лизин		3,7
Аргинин		4
Пролин		2,6

Перед отбором биологического материала рыба анестезировалась в растворе MS-222 в дозировке

10 мг/л. Отбор крови производился из задней полой вены у 10 особей из каждой эксперименталь-

ной группы. Изготовление и окрашивание мазков по Романовскому – Гимзе производилось согласно стандартным методикам [10]. На полученных препаратах производился подсчет относительного числа лимфоцитов, моноцитов, нейтрофилов, базофилов и тромбоцитов.

Ткань среднего отдела кишечника и печени для гистологических исследований отбиралась сразу после вскрытия рыб и оценки ихтиопатологического состояния. Образцы ткани фиксировались в 4 %-м нейтральном формалине в течение 24 ч. Ткани дегидратировались в ряду градуированных спиртов и заливались в парафин согласно стандартной методике [11]. Срезы (4 мкм) окрашивались гематоксилином и эозином и исследовались на световом микроскопе Olympus BX53 (Olympus Corporation, Япония, Токио) с окулярными насадками CarlZeiss ERc 5s (Zeiss, Германия, Оберкохен) и ToupCam 16.0 MP (ToupTek Photonics, Китай) с использованием программного обеспечения ZEN lite (Zeiss, Германия) и ToupCam view 16.0 (ToupTek Photonics, Китай).

Данные сравнения анализируемых переменных представлены в виде средних $\pm$ SD. Статистическая

достоверность определялась с использованием непараметрических тестов (тест Краскела – Уоллиса, U-тест Манна – Уитни). Значение $p < 0,05$ было принято как статистически достоверное. Экономическая эффективность выращивания радужной форели рассчитана по методике, предложенной МСХ СССР и ВАСХНИЛ [12].

Результаты и обсуждение

В течение всего срока эксперимента гидрохимические параметры воды находились на оптимальном для роста радужной форели уровне. Мониторинг поведения и клинического состояния рыбы в контрольных и опытных садках показал отсутствие существенных нарушений. По результатам 90-суточного кормления производилось измерение рыбоводно-биологических показателей. В результате исследования было установлено, что группа рыб, получавшая в составе корма белок микробиологического происхождения в количестве 4 %, не демонстрировала достоверных различий по сравнению с контролем по показателям относительного прироста и кормового коэффициента (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

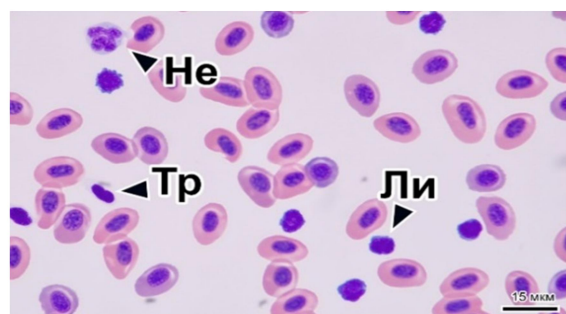
Рыбоводно-биологические показатели радужной форели групп контроля и опыта
Fish-breeding and biological indicators of rainbow trout of control and experimental groups

Показатель	Контроль	Опыт 1	Опыт 2
Масса начальная, г	300 $\pm$ 19,6	300 $\pm$ 19,6	300 $\pm$ 19,6
Масса конечная, г	673 $\pm$ 42,3	704 $\pm$ 37,4	628 $\pm$ 39,8*
Абсолютный прирост, г	373	404	328
Среднесуточный прирост, г	4,14	4,48	3,64
Кормовой коэффициент, ед.	1,19	1,1	1,34*
Выживаемость, %	96,87	97,72	96,34

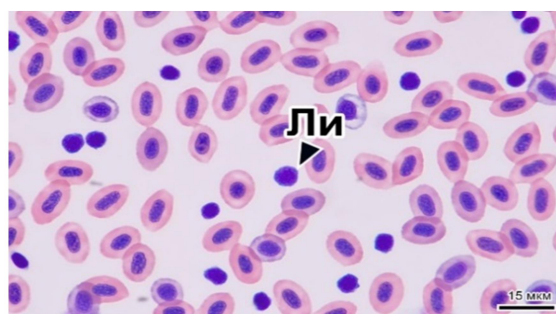
* Здесь и далее: значения, выделенные жирным, указывают на статистические различия между группами. Значение $p < 0,05$ из теста Краскела – Уоллиса.

Внесение в состав корма гаприна в количестве 7 % приводило к значимому снижению среднесуточного прироста и увеличению кормового коэффициента.

В процессе эксперимента все показатели крови находились в пределах биологических норм для радужной форели (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Картина крови радужной форели в контрольной (а) и опытной группе 2 (б):
 He – нейтрофил; Tp – тромбоцит; Ли – лимфоцит. Шкала масштаба 15 мкм

Fig. 1. Blood pattern of rainbow trout in control (a) and experimental group 2 (б):
 He – neutrophil; Tp – platelet; Ли – lymphocyte. The scale scale is 15 microns

Изучение гематологических показателей рыб в опытных группах позволило установить у рыб из второй опытной группы (7 % гаприна от массы

корма) значимое увеличение количества лимфоцитов (до 24,4 тыс./мкл), а также снижение концентрации гемоглобина (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Гематологические показатели контрольной и опытных групп
Hematological parameters of the control and experimental groups

Показатель	Контроль	Опыт 2
Эритроциты, 10^6 /мкл	$1,21 \pm 0,15$	$1,19 \pm 0,12$
Незрелые эритроциты, %	$2,99 \pm 0,3$	$2,97 \pm 0,5$
Лейкоциты, 10^4 /мкл	$2,11 \pm 0,08$	$2,11 \pm 0,08$
Лимфоциты, %	$91,14 \pm 0,33$	$91,31 \pm 0,4$
Моноциты, %	$2,54 \pm 0,23$	$1,89 \pm 0,17^*$
Нейтрофилы, %	$4,63 \pm 0,09$	$4,92 \pm 0,13$
Базофилы, %	$1,69 \pm 0,15$	$1,89 \pm 0,17$
Тромбоциты, %	$1,34 \pm 0,04$	$1,32 \pm 0,18$

* Указывает на статистическую значимость $p < 0,05$ между контрольной и экспериментальной группой из t -критерия Уэлча.

Другие гематологические показатели не демонстрировали значимых различий. Исследование гистологических препаратов тканей среднего отдела кишечника и печени опытных рыб позволило выявить ряд нарушений. На гистологических препаратах среднего отдела кишечника просматривались следующие структуры: просвет кишечника, слизистая оболочка, собственная оболочка слизистой, подслизистый слой, мускульная оболочка и серозная оболочка. Состояние кишечника контрольной группы не имело значительных отклонений [13].

На препаратах кишечника рыбы из опытной группы 1 также не наблюдалось значимых изменений. При этом в данной группе было выявлено увеличение числа бокаловидных клеток, обнаруживае-

мое на некоторых участках слизистой. В целом секреторная активность кишечника в контроле и опытной группе 1 находится в норме. В образцах опытной группы 2 были обнаружены значительные структурные отклонения в кишечнике, которые заключались в изменении толщины подслизистой оболочки, дегенерации эпителиальных клеток слизистой кишечника, а также нарушении структуры собственной слизистой оболочки и присутствии большого числа лимфоцитов. Данные изменения обнаруживались на большей части препаратов слизистой кишечника. Структурные элементы ткани печени радужной форели включали гепатоциты, синусоидные капилляры, печеночные сосуды и желчные протоки (рис. 2, а).

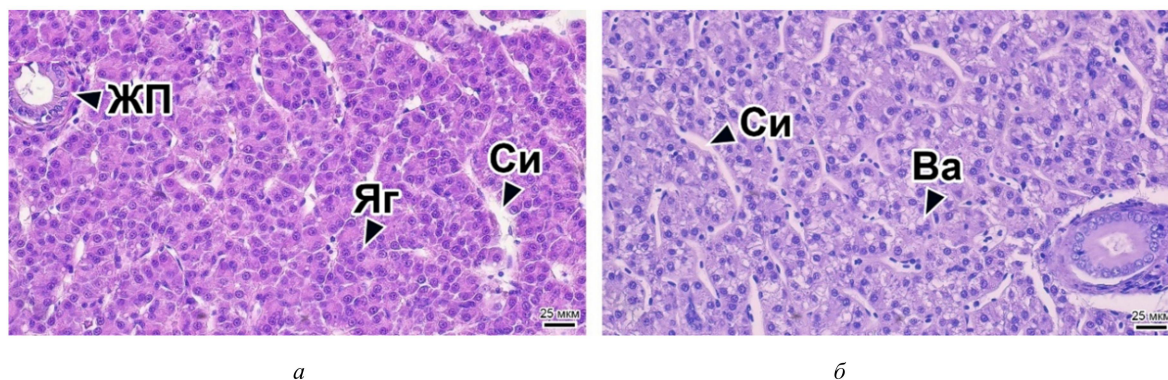


Рис. 2. Гистология печени радужной форели в контрольной (а) и опытной группе 2 (б):
ЖП – желчная протока; Яг – ядро гепатоцита; Си – синусоидный капилляр;
Ва – вакуолизация. Шкала масштаба 25 мкм

Fig. 2. Histology of the liver of rainbow trout in control (a) and experimental group 2 (b):
ЖП – bile duct; Яг – hepatocyte nucleus; Си – sinusoidal capillary;
Ва – vacuolization. A jackal scale of 25 microns

Структура ткани органа в контроле и группе опыт 1 соответствовала норме. На отдельных

участках среза обнаруживались единичные гепатоциты с вакуолями. Печень рыб из опытной группы

2 имела более значимые изменения, в частности, по всей площади среза наблюдалось расширение синусоидных капилляров, которые были заполнены эритроцитами (рис. 2, б). Также было выявлено появление небольших очагов вакуолизации клеток. Данные вакуоли имели хромофобное содержимое и неровные границы. В паренхиме органа встречались гепатоциты с пикнотическими ядрами и наблюдался некроз отдельных клеток.

По результатам изучения гистологических показателей кишечника и печени рыб можно сделать вывод, что внесение в корма белка микробиологического происхождения в количестве 7 % может оказывать негативное влияние на состояние органов желудочно-кишечного тракта. Следует отметить, что белковая масса гаприна содержит большое количество меди и цинка [14]. Высокие концентрации данных элементов в корме могут приводить к нарушениям структуры желудочно-кишечного тракта и печени, а также оказывать негативное влияние на перевариваемость пищи [15].

В существующих работах по изучению включения белков микробиологического происхождения в корма наблюдается значительный разброс используемых концентраций и наблюдаемых эффектов. Так, в опытах на молоди сибирского осетра [16] отрицательные результаты ввода гаприна проявлялись при 20 % ввода данного компонента в состав комбикормов. При этом ввод подобного продукта в состав стартовых кормов может быть значительно выше, чем его содержание в составе производственного корма, вследствие короткого промежутка кормления, кроме того, в работе [16] не описаны составы некоторых микроэлементов в премиксах. Аналогичные результаты определялись во время коротких промежутков откорма малька сиговых рыб [17] с учетом отсутствия разницы при введении 10 и 15 % гаприна в состав стартовых комбикормов. В обзоре различного опыта использования гаприна в аквакультуре [18] описывается его введение для лососевых видов рыб в количестве 10 % на сеголетках, однако в работе не описана возможность применения меньших дозировок на производственных кормах. Полученные в данной работе результаты частично согласуются с приведенными данными. В рамках длительного опыта было установлено, что гапсин в концентрации 4 % от массы корма не приводит к ухудшению скорости роста, а также патологичес-

ким нарушениям у годовиков радужной форели.

Для определения экономической эффективности применения гаприна в составе комбикормов использовался коэффициент оплаты корма, который ниже кормового коэффициента на 3–5 %. Так, кормовой коэффициент для группы контроля составил 1,19, для группы опыта 1 – 1,1, а для группы опыта 2 – 1,34. Оценочная стоимость корма для контрольной группы составляет 155 000 руб./т, опыт 1 – 147 000 руб./т, опыт 2 – 142 000 руб./т. Стоимость корма формируется исходя из сырьевой стоимости компонентов комбикорма. Вследствие замены рыбной муки гапсином, обладающим более низкой стоимостью, общая стоимость опытных кормов снижалась.

В группе контроля стоимость набора одного килограмма биомассы составляет 184,45 руб./кг, в группе опыта 1 – 161,7 руб./кг, а в группе опыта 2 – 190,28 руб./кг. Таким образом, стоимость одного килограмма прироста биомассы при использовании кормов с добавлением гаприна в концентрации 4 % ниже контроля на 12,33 %, а для кормов с добавлением гаприна в концентрации 7 % выше на 3,16 %. Проведенное исследование позволило подтвердить эффективность применения гаприна в составе комбикормов для радужной форели и определить оптимальный процент ввода.

Выводы

1. Гапсин (белок микробиологического синтеза, торговая марка «Иннопсин») при 4 %-м введении в состав комбикормов для радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) не вызывает повышенной смертности и не имеет токсических эффектов.

2. Гапсин при 7 %-м введении в состав комбикормов для радужной форели вызывает снижение кормового коэффициента, а также негативно влияет на клиническую картину крови, оказывает значительное негативное действие на печень и кишечник рыб.

3. Применение гаприна при 4 %-м введении в состав комбикормов позволяет снизить стоимость комбикорма и стоимость одного килограмма прироста биомассы до 161,7 руб./кг.

Для установления причин негативного воздействия больших концентраций гаприна на радужную форель необходимо проведение дополнительных исследований, включающих оценку широкого спектра физиологических показателей.

Список источников

1. Скляр В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2008. 150 с.
2. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.
3. Жиенбаева С. Т., Ермаканова А. М. Использование нетрадиционного сырья в комбикормах для прудовых рыб // Современные научные исследования и разработки (Modern Research and Development): материалы

Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. (Прага, 21 марта 2021 г.). Нефтекамск: НИЦ «Мир науки», 2019. С. 30–37.

4. Баканева Ю. М., Садлер Д.-А. А., Пономарев С. В. Эффективность использования комбинированных кормов различной жирности и состава жирных кислот при выращивании осетровых рыб // V Ежегод. науч. конф. студентов и аспирантов базовых кафедр Юж. науч. центра РАН (Ростов-на-Дону, 8–27 апреля 2009 г.): тез. докл. Ростов н/Д., 2009. С. 7–8.

Kuchikina Yu. A., Brev Ia. V., Bakhanova A. A., Kochekov N. I., Shnogradskaya S. V., Beliaeva M. V., Zaitsev V. F. The possibility of using garpin (protein of microbiological synthesis) as a protein source in compound feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

5. Козлова Т. В., Дмитриевич Н. П. Влияние новых растительных компонентов комбикормов на биохимические показатели крови ленского осетра (*Acipenser baeri* (Brandt)) // Вестн. Полес. гос. ун-та. Сер. природоведческих наук. 2023. № 1. С. 54–60.
6. Кононова С. В., Муранова Т. А., Зинченко Д. В., Белова Н. А., Мирошников А. И. Биотехнологические подходы при использовании белков рапса и сои в кормах аквакультуры лососевых рыб // Биотехнология. 2016. Т. 32. № 5. С. 57–68.
7. Булгаков С. П., Гаврилов Н. Н. Технология получения кормовой биомассы гаприна и реальность промышленной реализации на территории России // Инновации: перспективы, проблемы, достижения. 2013. С. 191–196.
8. Тимошина Л. А. Использование гаприна в кормах для радужной форели // Белковые продукты микробиосинтеза в кормлении рыб и другие вопросы интенсивного рыбоводства: сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Л.: Ленуприздат, 1991. Т. 306. С. 47–54.
9. Фомин А. В. Использование гаприна и ферментолізата БВК в стартовом корме для молоди кеты // Белковые продукты микробиосинтеза в кормлении рыб и другие вопросы интенсивного рыбоводства: сб. науч. тр. ГосНИОРХ. Л.: Ленуприздат, 1991. Т. 306. С. 67–75.
10. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 110 с.
11. Suvama K. S., Layton C., Bancroft J. D. Bancroft's theory and practice of histological techniques. Amsterdam: Elsevier health sciences, 2018. 573 p.
12. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: Колос, 1980. 112 с.
13. Simakov Y. G., Ponomarev A. K., Nikiforov-Nikishin D. L., Kochetkov N. I. Histological examination of

the young *Oncorhynchus mykiss* intestines using the feed with chelated and probiotic supplements // Brazilian Journal of Biology. 2022. V. 15 (84). e265121. DOI: 10.1590/1519-6984.265121.

14. Зенкович П. А., Литвиненко А. И., Литвиненко Л. И., Зенкович Р. В., Корентович М. А. Общий биохимический и аминокислотный составы тканей личинок и мальков муксуна *Coregonus muksun* Pallas, 1814 и чира *Coregonus nasus* Pallas, 1776 при подращивании на стартовых искусственных кормах, обогащенных бактериальной биомассой // Journal of Agriculture and Environment. 2024. № 6 (46). Порядковый номер 4. DOI: 10.60797/JAE.2024.46.8

15. Гаврилин К. В., Никифоров-Никишин Д. Л., Кочетков Н. И., Смородинская С. В. Гистопатология костистых рыб: учеб.-практ. пособие. Курск: Деловая полиграфия, 2023. 199 с.

16. Zenkovich P. A., Korentovich M. A., Litvinenko A. I. Influence of Feeding Artificial Starter Fodder Enriched with Gaperin on the Content of Trace Elements in Early Juvenile Siberian Sturgeon // Journal of Agriculture and Environment. 2023. N. 11 (39). DOI: 10.23649/JAE.2023.39.21.

17. Остроумова И. Н., Костюничев В. В., Лютиков А. А., Богданова В. А., Шумилина А. К., Данилова Т. П., Филатова Т. А. Включение в стартовые корма для сиговых рыб (*Coregonidae*) бактериальной биомассы и белковых гидролизатов // Вопр. рыбоводства. 2018. Т. 19. № 1. С. 82–98.

18. Литвиненко П. А. Использование биомассы метанооксилирующих бактерий (гаприна) в кормлении осетровых видов рыб // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сб. материалов IV Студенч. науч.-практ. конф. (Тюмень, 17–19 марта 2021 г.). Тюмень: Изд-во Гос. аграр. ун-та Сев. Зауралья, 2021. Т. 3. С. 619–625.

References

1. Sklyarov V. Ya. *Korma i kormleniye ryb v akvakulture* [Fish feed and feeding in aquaculture]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2008. 150 p.
2. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. *Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakulture* [Fish feeding in freshwater aquaculture]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2006. 360 p.
3. Zhiyenbayeva S. T., Ermukanova A. M. Ispolzovaniye netraditsionnogo syria v kombikormakh dlya prudoverykh ryb [The use of non-traditional raw materials in compound feeds for pond fish]. *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i razrabotki (Modern Research and Development): materialy Mezhdunarodnoy (zaочноy) nauchno-prakticheskoy konferentsii (Praga, 21 marta 2021 g.)*. Neftekamsk, NITs «Mir nauki», 2019. Pp. 30-37.
4. Bakaneva Yu. M., Sadler D.-A. A., Ponomarev S. V. Effektivnost ispolzovaniya kombinirovannykh kormov razlichnoy zhirnosti i sostava zhirnykh kislot pri vyrashchivaniy osetrovykh ryb [The effectiveness of using combined feeds of different fat content and fatty acid composition in the cultivation of sturgeon fish]. *V Ezhegodnaya nauchnaya konferentsiya studentov i aspirantov bazovykh kafedr Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN (Rostov-na-Donu, 8–27 aprelya 2009 g.): tezisy dokladov*. Rostov-on-Don, 2009. Pp. 7-8.
5. Kozlova T. V., Dmitrovich N. P. Vliyaniye novykh rastitelnykh komponentov kombikormov na biokhimicheskiye pokazateli krovi lenskogo osetra (*Acipenser baeri* (Brandt)) [The effect of new plant components of compound

feeds on the biochemical parameters of Lena sturgeon blood (*Acipenser baeri* (Brandt))]. *Vestnik Poleskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya prirodovedcheskikh nauk*, 2023, no. 1, pp. 54-60.

6. Kononova S. V., Muranova T. A., Zinchenko D. V., Belova N. A., Miroshnikov A. I. Biotehnologicheskiye podkhody pri ispolzovanii belkov rapsa i soi v kormakh akvakultury lososevykh ryb [Biotechnological approaches for the use of rapeseed and soy proteins in salmon aquaculture feeds]. *Biotehnologiya*, 2016, vol. 32, no. 5, pp. 57-68.

7. Bulgakov S. P., Gavrilov N. N. Tekhnologiya polucheniya kormovoy biomassy gaprin i realnost promyshlennoy realizatsii na territorii Rossii [Gaperin feed biomass production technology and the reality of industrial implementation in Russia]. *Innovatsii: perspektivy, problem, dostizheniya*, 2013, pp. 191-196.

8. Timoshina L. A. Ispolzovaniye gaprina v kormakh dlya raduzhnoy foreli [The use of haprin in rainbow trout feeds]. *Belkovyye produkty mikrobiotsintez v kormlenii ryb i drugie voprosy intensivnogo rybovodstva: sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh*. Leningrad, Lenuprizdat, 1991. Vol. 306. Pp. 47-54.

9. Fomin A. V. Ispolzovaniye gaprina i fermentolizata BVK v startovom korme dlya molodi kety [The use of haprin and BVK fermentolysate in starter feed for juvenile chum]. *Belkovyye produkty mikrobiotsintez v kormlenii ryb i drugie*

voprosy intensivnogo rybovodstva: sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh. Leningrad, Lenuprizdat, 1991. Vol. 306. Pp. 67-75.

10. Ivanova N. T. *Atlas kletok krovi ryb* [Atlas of fish blood cells]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost Publ., 1983. 110 p.

11. Suvarna K. S., Layton C., Bancroft J. D. *Bancroft's theory and practice of histological techniques*. Amsterdam. Elsevier health sciences, 2018. 573 p.

12. *Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti ispolzovaniya v selskom khozyaystve rezultatov nauchno-issledovatel'skikh i opytno-konstruktor'skikh rabot, novoy tekhniki, izobreteniy i ratsionalizatorskikh predlozheniy* [Methodology for determining the economic efficiency of using in agriculture the results of research and development work, new technology, inventions and innovative proposals]. Moscow, Kolos Publ., 1980. 112 p.

13. Simakov Y. G., Ponomarev A. K., Nikiforov-Nikishin D. L., Kochetkov N. I. Histological examination of the young *Oncorhynchus mykiss* intestines using the feed with chelated and probiotic supplements. *Brazilian Journal of Biology*, 2022, vol. 15 (84), e265121. DOI: 10.1590/1519-6984.265121.

14. Zenkovich P. A., Litvinenko A. I., Litvinenko L. I., Zenkovich R. V., Korentovich M. A. Obshchiy biokhimicheskii i aminokislotnyy sostav tkaney lichinok i malkov muksuna *Coregonus muksun* Pallas, 1814 i chira *Coregonus nasus* Pallas, 1776 pri podrashchivani na startovykh iskusstvennykh kormakh, obogashchennykh bakterialnoy biomasso [General biochemical and amino acid composition of tissues of larvae and fry of *Coregonus muksun* Pallas,

1814 and *Coregonus nasus* Pallas, 1776 chira when reared on starter artificial feeds enriched with bacterial biomass]. *Journal of Agriculture and Environment*, 2024, no. 6 (46). Poryadkovyy nomer 4. DOI: 10.60797/JAE.2024.46.8

15. Gavrilin K. V., Nikiforov-Nikishin D. L., Kochetkov N. I., Smorodinskaya S. V. *Gistopatologiya kostistyykh ryb: uchebno-prakticheskoye posobiye* [Histopathology of bony fish: an educational and practical guide]. Kursk, Delovaya poligrafiya, 2023. 199 p.

16. Zenkovich P. A., Korentovich M. A., Litvinenko A. I. Influence of Feeding Artificial Starter Fodder Enriched with Gaprin on the Content of Trace Elements in Early Juvenile Siberian Sturgeon. *Journal of Agriculture and Environment*, 2023, no. 11 (39). DOI: 10.23649/JAE.2023.39.21.

17. Ostroumova I. N., Kostyunichev V. V., Lyutikov A. A., Bogdanova V. A., Shumilina A. K., Danilova T. P., Filatova T. A. Vkluyeniye v startovyye korma dlya sigovykh ryb (Coregonidae) bakterialnoy biomassy i belkovykh gidrolizats [Inclusion of bacterial biomass and protein hydrolysates in starter feeds for whitefish (Coregonidae)]. *Voprosy rybolovstva*, 2018, vol. 19, no. 1, pp. 82-98.

18. Litvinenko P. A. Ispolzovaniye biomassy metanokislyayushchikh bakteriy (gaprina) v kormlenii osetrovykh vidov ryb [The use of biomass of methane-oxidizing bacteria (haprin) in feeding sturgeon species]. *Aktualnyye voprosy nauki i khozyaystva: novyye vyzovy i resheniya: sbornik materialov IV Studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Tyumen, 17–19 marta 2021 g.)*. Tyumen, Izd-vo Gos. agrar. un-ta Sev. Zauralia, 2021. Vol. 3. Pp. 619-625.

Статья поступила в редакцию 03.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 03.12.2025

The article was submitted 03.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 03.12.2025

Информация об авторах / Information about the authors

Юрий Александрович Кучихин – аспирант кафедры ихтиологии и рыбоводства; Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); ГК «МЕЛКОМ»; kuchikhin@gmail.com

Яков Владимирович Бреев – директор по продукту; ООО «Биопрактика»; Ya.breyev@biopract.ru

Анна Александровна Бахарева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; заведующий кафедрой ихтиологии и рыбоводства; Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); bahareva.anya@yandex.ru

Никита Ильич Кочетков – кандидат биологических наук; младший научный сотрудник центра «Аквакультура»; Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); samatrixs@gmail.com

Светлана Валерьевна Смородинская – кандидат технических наук; заведующий лабораторией водной токсикологии; Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет); kler.smo@gmail.com

Yuri A. Kuchikhin – Postgraduate Student of the Department of Ichthyology and Fish Farming; K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University); MELKOM Group of Companies; kuchikhin@gmail.com

Iakov V. Breyev – Product Director; Biopraktika, LLC; Ya.breyev@biopract.ru

Anna A. Bakhareva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Head of the Department of Ichthyology and Fish Farming; K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University); bahareva.anya@yandex.ru

Nikita I. Kochetkov – Candidate of Biological Sciences; Junior Researcher in Aquaculture Center; K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University); samatrixs@gmail.com

Svetlana V. Smorodinskaya – Candidate of Technical Sciences; Head of the Laboratory of Aquatic Toxicology; K. G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University); kler.smo@gmail.com

Мария Владиславовна Беляева – инженер-технолог;
ООО «Биопрактика»; mariabelyaeva2015@gmail.com

Maria V. Beliaeva – Process Engineer; Biopraktika, LLC;
mariabelyaeva2015@gmail.com

Вячеслав Федорович Зайцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; заведующий кафедрой гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; viacheslav-zaitsev@yandex.ru

Vyacheslav F. Zaitsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; Head of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; viacheslav-zaitsev@yandex.ru

