

Применение технологических методов обработки люпина узколистного для оптимизации питательности полнорационных комбикормов

Н. В. Гапонов

Всероссийский НИИ люпина – филиала ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянская область, Россия

E-mail: nv.1000@bk.ru

Аннотация. Цель – улучшить структуру узколистного люпина методом экструзионной биотрансформации и разработать на его основе оптимально сбалансированные рецептуры полнорационных комбикормов для радужной форели. **Научная новизна** заключается в том, что питательные вещества узколистного люпина в сочетании с другими компонентами комбикорма, прошедшими экструзионную обработку, обеспечивают высокое качество корма и эффективную биоконверсию питательных веществ, что способствует здоровью и повышению продуктивности радужной форели. **Методы исследования.** Для анализа экструдированных полнорационных комбикормов и их составляющих были использованы биохимические методы исследования. **Результаты.** Изучено влияние процесса экструзии узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) (как нативного, так и без оболочки с алкалоидностью 0,02 %) на уровень модификации биополимеров и питательность полнорационных комбикормов для радужной форели. В ходе экструзии происходит денатурация белков и расщепление углеводов, что значительно улучшает усвоение корма рыбой. Высокая температура и давление способствуют снижению содержания антинутриентов, негативно влияющих на усвоение белка. Замена более дорогих источников животного белка, таких как соя и рыбная мука, более доступным растительным протеином узколистного люпина позволяет компенсировать недостаток некоторых аминокислот в растительных кормах. Содержание сырого протеина в экструдированном безоболочном люпине увеличилось на 41,47 % по сравнению с нативным, в то время как в экструдированном люпине с оболочкой уровень сырого протеина приблизился к нативному. Процесс экструзии приводит к преобразованию физико-химических свойств крахмала: сложные углеводы распадаются на простые сахара. Содержание сахара в люпине без оболочки и с оболочкой увеличилось на 37,82 % и 24,05 % соответственно. Также наблюдается увеличение содержания сырого жира: в экструдированном безоболочном люпине – на 15,36 %, в экструдированном с оболочкой – на 1,55 %. Показатели неорганической части экструдированного узколистного люпина (Са и Р) находились примерно на том же уровне, что у нативного люпина.

Ключевые слова: форель, рецепт, люпин, комбикорм, протеин

Для цитирования: Гапонов Н. В. Применение технологических методов обработки люпина узколистного для оптимизации питательности полнорационных комбикормов // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 02. С. 289–296. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-02-289-296>.

Дата поступления статьи: 07.05.2025, **дата рецензирования:** 07.06.2025, **дата принятия:** 22.12.2025.

The use of technological methods for processing narrow-leaved lupine to optimize the nutritional value of complete feed

N. V. Gaponov

All-Russian Lupine Scientific Research Institute – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Michurinskiy settlement, Bryansk region, Russia

E-mail: nv.1000@bk.ru

Abstract. The purpose is to improve the structure of narrow-leaved lupine by extrusion biotransformation and to develop optimally balanced formulations of complete compound feeds for rainbow trout based on it. **Scientific novelty** lies that the nutrients of narrow-leaved lupine, combined with other components of the compound feed that have undergone extrusion processing, provide high-quality feed and effective bioconversion of nutrients, which contributes to the health and productivity of rainbow trout. **Research methods.** Biochemical methods of investigation of extruded complete feeds and their components were used. **Results.** The effect of the extrusion process of narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) (both native and shell-less with an alkalinity of 0.02 %) on the level of modification of biopolymers and the nutritional value of complete compound feeds for rainbow trout was studied. During extrusion, proteins are denatured and carbohydrates are broken down, which significantly improves the absorption of fish feed. High temperature and pressure contribute to a decrease in the content of antinutrients that negatively affect protein absorption. Replacing more expensive animal protein sources such as soy and fish meal with more affordable plant protein from narrow-leaved lupine makes it possible to compensate for the lack of certain amino acids in plant feeds. The crude protein content in the extruded shell-free lupine increased by 41.47 % compared to the native, while the crude protein level in the extruded coated lupine approached the native. The extrusion process leads to the transformation of the physico-chemical properties of starch: complex carbohydrates break down into simple sugars. The sugar content in lupine without shell and with shell increased by 37.82 % and 24.05 %, respectively. There is also an increase in the crude fat content: in extruded shell-free lupine – by 15.36 %, in extruded with a shell – by 1.55 %. The indicators of the inorganic part of the extruded narrow-leaved lupine (Ca and P) were approximately at the same level as native lupine.

Keywords: trout, recipe, lupin, compound feed, protein

For citation: Gaponov N. V. The use of technological methods for processing narrow-leaved lupine to optimize the nutritional value of complete feed. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (02): 289–296. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-02-289-296>. (In Russ.)

Date of paper submission: 07.05.2025, **date of review:** 07.06.2025, **date of acceptance:** 22.12.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Люпин узколистный выделяется среди культивируемых видов своей скороспелостью и адаптивностью, будучи единственным, приспособленным к условиям северных широт. Российскими селекционерами выведены новые сорта узколистного люпина, отличающиеся быстрым созреванием, высокой продуктивностью и устойчивостью к вредителям, болезням и неблагоприятным условиям окружающей среды. Эти сорта обогатили генетическое разнообразие культуры и значительно улучшили ее характеристики [1].

Люпин находит применение в качестве зеленого корма, силоса, сидерального удобрения и источника семян. Его высокая кормовая ценность обусловлена богатым содержанием белка. Зерно люпина служит ценной протеиновой добавкой при составлении ра-

ционов для сельскохозяйственных животных, птиц и рыбы [2].

Важным условием качества зернофуража и комбикормов является предварительная тепловая обработка. Исследования, проведенные на разных видах животных, показали, что, например, комбикорма с предварительно экструдированными компонентами позволяют увеличить среднесуточный прирост на 18,6 % [3–6].

Под воздействием давления и температур в перерабатываемом сырье происходят изменения структуры белка, расщепление крахмала до декстринов и полная дезинфекция корма. Экструдированные корма обладают повышенной прочностью по сравнению с гранулированными, что обуславливает их низкую крошимость (менее 1 %), в то время как у гранулированных этот показатель достигает 5–8 %. В российских кормах крошимость может

составлять 10 % и выше. Благодаря этому использование экструдированных кормов сокращает попадание пыли в воду на 75 %, снижая загрязнение водоема. Они отличаются высокой водостойкостью, сохраняя форму и структуру в воде в течение суток, в отличие от гранулированных, которые сохраняют свои свойства не более 4 часов. Это преимущество особенно важно в форелеводстве, где ключевыми являются быстрый рост рыбы и минимизация затрат. Полноценное и сбалансированное питание – важный фактор интенсивного выращивания рыбы. Радужная форель хорошо адаптируется к искусственному содержанию и усвоению гранул. Эффективной заменой животного белка являются продукты переработки и зернобобовых культур [7–9]. Поэтому было решено в качестве растительного белка в комбикорме для радужной форели использовать узколистый люпин, подвергнутый разными видами технологических обработок.

Цель работы – улучшить структуру узколистного люпина методом экструзионной биотрансформации и разработать на его основе оптимально сбалансированные рецепты полнорационных комбикормов для радужной форели.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом исследования в эксперименте служил узколистый люпин сорта Витязь с оболочкой и без оболочки, а также разработанные на их основе 15 вариантов рецептов полнорационных комбикормов для форели, из которых по питательности были выделены для дальнейших исследований на

радужной форели 3 оптимально сбалансированных опытных рецепта.

Для разработки полнорационных рецептов комбикормов использовались следующие компоненты: экструдированный люпин узколистый в оболочке и без оболочки, пшеница, жмых соевый, жмых подсолнечника, кукуруза, рыбная мука, премикс П-5-1, трикальцийфосфат.

Для более корректного сравнительного анализа опытных рационов был разработан контрольный полнорационный комбикорм для форели из тех же компонентов, что и опытные. В его структуре в качестве источника растительного протеина используются соя или продукты ее переработки (жмыхи, шроты). В качестве источника животного протеина была применена рыбная мука (60–65 %).

Определение химического состава узколистного люпина, компонентов комбикорма и разработанных на их основе полнорационных комбикормов проводилось согласно стандартным методикам зооанализа.

Первоначальную влагу определяли в соответствии с ГОСТ Р 57059-2016 «Корма комбикорма, комбикормовое сырье. Экспресс-метод определения влаги».

Клетчатку определяли по ГОСТ 31675-2012 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки по Геннебергу и Штоману».

Определение сырой золы проводилось согласно ГОСТ 26226-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы».

Таблица 1
Биохимический состав люпина узколистного, %

Показатели	Люпин узколистый нативный, сорт Витязь	Экструдированный с оболочкой	Экструдированный без оболочки
Сухое вещество	87,00	91,10	90,10
Сырой протеин	28,98	28,39	41,00
Сырой жир	6,98	7,12	8,36
Сырая клетчатка	13,02	13,00	5,12
Сырая зола	3,93	4,10	4,00
Крахмал	10,77	7,51	8,00
Сахар	6,61	8,20	9,11
Кальций	0,22	0,21	0,22
Фосфор	0,35	0,37	0,36

Table 1
Biochemical composition of narrow-leaved lupine, %

Indicators	Lupine is a narrow-leaved native variety of Vityaz	Extruded with shell	Extruded without shell
Dry matter	87.00	91.10	90.10
Crude protein	28.98	28.39	41.00
Raw fat	6.98	7.12	8.36
Raw fiber	13.02	13.00	5.12
Raw ash	3.93	4.10	4.00
Starch	10.77	7.51	8.00
Sugar	6.61	8.20	9.11
Calcium	0.22	0.21	0.22
Phosphorus	0.35	0.37	0.36

Определение жира проводилось по обезжиренному остатку согласно ГОСТ 13496.15-97 «Корма. Комбикорма. Кормовое сырье».

Определение протеина проводилось согласно ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина».

Для определения содержания кальция использовался оскалатный метод согласно ГОСТ 26570-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция».

Для определения содержания фосфора применялся колориметрический метод согласно ГОСТ 26657-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора».

Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) определялись расчетным методом.

Для технологической обработки люпина нативного и люпина без оболочки, а также полученных на их основе комбикормов применяли экструзионную обработку на кормовом экструдере TSE-85.

Результаты (Results)

Главным направлением в исследовании полнорационных кормов в форелеводстве является поиск замены рыбной муки как самого дорогостоящего компонента рационов альтернативными источниками белка. В качестве такого источника был предложен протеин растительного происхождения – узколистый люпин нативный и узколистый люпин без оболочки, подвергнутый экструзионной биотрансформации (таблица 1). Благодаря проведенным работам стали возможными исследование и создание уникальных комбикормов для радужной форели с применением альтернативы рыбной муке, включая соевые компоненты.

Рецептуры полнорационных комбикормов разработали на базе точных норм поступления необходимых питательных веществ, составленных посредством тщательного анализа научных публикаций, исследований и опыта практического внедрения в производстве сбалансированного кормления радужной форели при использовании узколистого люпина [10–20].

Изучая данные биохимического анализа люпина узколистого нативного и экструдированного (таблица 2), можно заключить, что уровень сырого протеина в зерне узколистого люпина без оболочки, прошедшего экструзию, существенно превышает аналогичный показатель у нативного люпина, увеличившись на 41,47 %. В то же время содержание протеина в экструдированном люпине с оболочкой находилось близко к показателю исходного (нативного) люпина. Уровень клетчатки в экструдированном люпине без оболочки был значительно ниже, составив 60,67 % от нативного сортового значения; при этом у экструдированного с оболочкой этот показатель снизился лишь незначительно – на 0,15 %. Также произошли изменения по содержа-

нию сырого жира: в экструдированном люпине без оболочки его уровень был выше на 15,36 %, тогда как у экструдированного с оболочкой этот показатель увеличился всего лишь на 1,55 %.

В процессе экструзии узколистого люпина наблюдались изменения в содержании сахара и крахмала. Крахмал под воздействием экструзии подвергается сложным превращениям, что приводит к изменению его физико-химических свойств. Структура сложных углеводов, полисахаридов (крахмала) распадается до простых моносахаров и переходит в водорастворимую форму, улучшая доступность обменной энергии для форели из рациона. Поэтому содержание крахмала в узколистом люпине без оболочки после экструзии снизилось по отношению к нативному люпину на 25,71 %, в экструзионном люпине с оболочкой – на 30,26 %. При этом содержание сахара в экструзионном люпине без оболочки и с оболочкой увеличилось на 37,82 % и 24,05 % соответственно. Содержание сырой золы увеличилось в экструдированном люпине с оболочкой на 4,32 %, в экструдированном люпине без оболочки – на 1,78 %. Показатели неорганической части экструдированного узколистого люпина (Ca и P), находились примерно на одинаковом уровне с нативным люпином.

При разработке рецептов полнорационных комбикормов, сбалансированных по основным питательным веществам, были выполнены и соблюдены требования физиолого-биохимических исследований, необходимых для корректных расчетов питательности данных рецептов. Которые направлены на изучение питательной ценности кормовых компонентов комбикормов, позволяющие удовлетворять потребности организма форели в необходимых питательных веществах. Тем самым исключили пищевую недостаточность отдельных питательных веществ и создали корм более сбалансированный и питательно-полноценный. Питательность наиболее предпочтительных полнорационных комбикормов для радужной форели представлена в таблице 2.

Для создания контрольного комбикорма за основу был взят используемый полнорационный комбикорм хозяйства АО «Племенной форелеводческий завод „Адлер“». В разработке опытных полнорационных комбикормов с узколистым люпином использовались компоненты, которые применялись в структуре контрольного комбикорма: жмых соевый, жмых подсолнечника, кукуруза, пшеница, мука рыбная 60–65 %, премикс П-5-1, трикальцийфосфат.

Рецепты опытных комбикормов и контрольного сбалансированы по основным питательным веществам. Балансировали корма по уровню общей питательности, содержанию минеральных веществ, протеина и обменной энергии. Также принимали во внимание аминокислотный состав кормов. Для балансирования рецептов по макро- и микроэлементам, а также витаминам применяли премикс П-5-1 и трикальцийфосфат.

Питательность полнораціонных комбикормов для форели

Показатели	Контрольный Полнораціонный корм, ПК	ПК Люпин с оболочкой – 9 %	ПК Люпин без оболочки – 21 %	ПК Люпин без оболочки – 26 %
ЭЖЕ	1,33	1,32	1,32	1,31
ОЭ, МДж	13,32	13,20	13,27	13,14
Сухое вещество, г	869,50	871,00	871,50	870,0
Сырой протеин, г	418,53	408,01	420,54	413,53
ПП, г	379,63	374,75	362,84	342,61
Лизин, г	42,42	37,73	25,17	22,82
Метионин + цистин, г	15,84	14,30	15,27	14,40
Триптофан, г	5,27	4,90	4,90	4,72
Сырой жир, г	38,24	36,22	34,71	32,90
Сырая клетчатка, г	34,69	32,15	28,17	27,94
Крахмал, г	158,82	160,98	214,42	250,06
Сахар, г	89,16	78,79	89,21	109,01
Кальций, г	32,79	28,99	26,68	24,12
Фосфор, г	19,28	17,24	15,98	14,20
Магний, г	3,70	3,71	3,24	3,15
Калий, г	11,85	11,10	11,38	10,64
Сера, г	3,69	3,42	3,03	2,89
Железо, мг	118,78	111,16	102,50	94,56
Медь, мг	17,20	15,41	15,05	15,66
Цинк, мг	61,39	57,72	56,58	52,17
Марганец, мг	24,92	25,49	21,86	21,27
Кобальт, мг	5,67	5,30	5,67	7,52
Йод, мг	1,25	1,12	1,03	0,90
Каротин, мг	0,66	0,64	0,70	0,70
Витамин А, МЕ	0,13	0,11	0,13	0,17
Витамин D, МЕ	34,47	30,76	27,14	23,20
Витамин E, мг	13,55	12,33	15,59	15,25
Витамин B1, мг	4,21	3,82	4,50	4,96
Витамин B2, мг	4,06	3,64	3,78	3,71
Витамин B3, мг	11,47	10,49	11,64	11,17
Витамин B4, мг	502,44	442,07	740,11	793,31
Витамин B5, мг	185,99	156,53	173,85	209,17
Витамин B12, мкг	118,10	104,05	94,70	83,80

Table 2
Nutritional value of complete feed for trout

Indicators	Control Complete food (CF)	CF Lupin with shell – 9 %	CF Lupin without shell – 21 %	CF Lupin without shell – 26 %
EFU	1.33	1.32	1.32	1.31
ME, MJ	13.32	13.20	13.27	13.14
Dry matter, g	869.50	871.00	871.50	870.0
Crude protein, g	418.53	408.01	420.54	413.53
Dp, g	379.63	374.75	362.84	342.61
Lysine, g	42.42	37.73	25.17	22.82
Methionine + cystine, g	15.84	14.30	15.27	14.40
Tryptophan, g	5.27	4.90	4.90	4.72
Raw fat, g	38.24	36.22	34.71	32.90
Crude fiber, g	34.69	32.15	28.17	27.94
Starch, g	158.82	160.98	214.42	250.06
Sugar, g	89.16	78.79	89.21	109.01
Calcium, g	32.79	28.99	26.68	24.12
Phosphorus, g	19.28	17.24	15.98	14.20
Magnesium, g	3.70	3.71	3.24	3.15
Potassium, g	11.85	11.10	11.38	10.64

<i>Sulfur, g</i>	3.69	3.42	3.03	2.89
<i>Iron, mg</i>	118.78	111.16	102.50	94.56
<i>Copper, mg</i>	17.20	15.41	15.05	15.66
<i>Zinc, mg</i>	61.39	57.72	56.58	52.17
<i>Manganese, mg</i>	24.92	25.49	21.86	21.27
<i>Cobalt, mg</i>	5.67	5.30	5.67	7.52
<i>Iodine, mg</i>	1.25	1.12	1.03	0.90
<i>Carotene, mg</i>	0.66	0.64	0.70	0.70
<i>Vitamin A, IU</i>	0.13	0.11	0.13	0.17
<i>Vitamin D, IU</i>	34.47	30.76	27.14	23.20
<i>Vitamin E, mg</i>	13.55	12.33	15.59	15.25
<i>Vitamin B1, mg</i>	4.21	3.82	4.50	4.96
<i>Vitamin B2, mg</i>	4.06	3.64	3.78	3.71
<i>Vitamin B3, mg</i>	11.47	10.49	11.64	11.17
<i>Vitamin B4, mg</i>	502.44	442.07	740.11	793.31
<i>Vitamin B5, mg</i>	185.99	156.53	173.85	209.17
<i>Vitamin B12, mcg</i>	118.10	104.05	94.70	83.80

Основной комбикорм (контрольный) и опытные полнорационные комбикорма изготавливали на заводе производителя премиксов, БВМК и комбикормов ЗАО «Премикс» (г. Тимашевск, Краснодарский край).

Основной полнорационный комбикорм предприятия (контрольный) содержит в своей структуре высокопротеиновые корма растительного и животного происхождения: жмыха соевого содержалось 18 %, жмыха подсолнечника – 12 %, кукурузы – 13 %, пшеницы – 12 %. В качестве источника белка животного происхождения применялась рыбная мука (60–65 %) в количестве 43 %. Согласно рекомендациям, содержание витаминов, микро- и макроэлементов, кальция и фосфора балансировали за счет введения по 1 % трикальцийфосфата и премикса П-5-1 1.

В рамках экспериментальных разработок по созданию полнорационных комбикормов исследование было направлено на частичное замещение дорогостоящих высокопротеиновых компонентов, таких как рыбная мука и соевый жмых, узколиственным люпином.

В первом экспериментальном варианте для форели люпин составил 9 %, рыбная мука (60–65 %) – 38 %, соевый жмых – 16 %, подсолнечниковый жмых – 11 %, кукуруза – 12 %, пшеница – 12 %, трикальцийфосфат – 1 %, премикс – 1 %. Включение экструдированного люпина с оболочкой привело к снижению содержания рыбной муки на 5 %, соевого жмыха – на 2 %, подсолнечникового жмыха – на 1 %, кукурузы – на 1 %, что позволило оптимизировать состав без значительного увеличения клетчатки, которая осталась в пределах допустимых норм.

Во втором экспериментальном рецепте использовали экструдированный люпин без оболочки в количестве 21 %. Состав включал 34 % рыбной муки (60–65%), 12 % соевого жмыха, 10 % подсолнечникового жмыха, 9 % кукурузы, 12 % пшеницы, 1 % трикальцийфосфата и 1 % премикса. Применение люпина без оболочки снизило долю рыбной муки

на 9 %, соевого жмыха – на 6 %, кукурузы – на 4 %, подсолнечникового жмыха – на 2 %, при этом уровень клетчатки оставался в норме.

В третьем экспериментальном варианте доля экструдированного люпина без оболочки составила 26 %. Компоненты включали 29 % рыбной муки (60–65 %), 10 % соевого жмыха, 10 % подсолнечникового жмыха, 8 % кукурузы, 16 % пшеницы, 1 % трикальцийфосфата и 1 % премикса. Благодаря увеличению доли люпина без оболочки удалось снизить содержание рыбной муки на 14 %, соевого жмыха – на 8 %, подсолнечникового жмыха – на 2 %, кукурузы – на 5 %, что позволило существенно увеличить долю более дешевой пшеницы, снижая тем самым себестоимость производства комбикорма без ущерба для его питательной ценности.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе научного эксперимента было установлено, что технологии экструдирования узколистного люпина (как нативного, так и без оболочки) обеспечивают высокое качество полнорационных комбикормов для радужной форели. Это позволяет уменьшить долю дорогих источников животного белка и соевых продуктов в комбикормах. Анализ полученных данных позволяет с уверенностью утверждать, что использование экструдированных полнорационных комбикормов с узколиственным люпином увеличивает их питательную ценность. В результате экструзии содержание крахмала в узколистном люпине без оболочки уменьшилось на 25,71 %, а в экструзионном люпине с оболочкой – на 30,26 %. При этом уровень сахара в экструзионном люпине без оболочки увеличился на 37,82 %, а в люпине с оболочкой – на 24,05 %. Процессы гидролиза, возникающие в ходе экструзии, способствуют преобразованию белков в более доступные для пищеварительных ферментов формы, а крахмал трансформируется в углеводы, которые легко усваиваются организмом радужной форели. Сравнительный анализ биохимического состава нативного люпи-

на и люпина без оболочки показывает, что уровень протеина и других питательных веществ в обработанном люпине значительно превышает таковой в нативном. Эта особенность делает люпин незаменимым компонентом для использования в составе полнорационных комбикормов, способным обеспечивать до 90 % общей потребности форели в качественном растительном протеине. Использование экструдированного узколистного люпина в составе комбикормов не только улучшает биодоступность

незаменимых аминокислот, но и повышает качество комбикорма с точки зрения потребительских характеристик, что в итоге поддерживает здоровый рост и развитие рыбы. Таким образом, экструзионные технологии производства полнорационных комбикормов с узколистным люпином создают отличные возможности для аквакультуры, способствуя формированию устойчивой и продуктивной кормовой базы для разведения радужной форели.

Библиографический список

1. Слесарева Т. Н. Технология производства кормов на основе смешанных посевов люпина желтого со злаковыми культурами // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов. Ярославль. 2024. Т. 27 (75). С. 60–64. DOI: 10.33814/МАК-2022-27-75-60-64.
2. Слесарева Т. Н., Трошина Л. В. Почвенные гербициды в посевах люпина белого // Научные основы устойчивого развития сельскохозяйственного производства в современных условиях: сборник научных трудов по материалам XVII научно-практической конференции. Калуга. 2024. С. 39–43.
3. Гапонов Н. В., Анишко М. Ю., Мисникова Н. В. Нутритивные свойства полнорационных комбикормов на основе люпина узколистного и экономическая эффективность их производства // Кормопроизводство. 2025. № 6. С. 30–34. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-6-30-34.
3. Гапонов Н. В., Анишко М. Ю., Мисникова Н. В. Питательность зерносеменной массы бинарных ценозов узколистного люпина с овсом // Кормопроизводство. 2025. № 3. С. 17–21. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-3-17-21.
4. Гапонов Н. В. Гематологические показатели радужной форели при включении люпина белого в структуру рационов // Сельскохозяйственный журнал. 2025. № 3 (18). С. 89–99. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.3.18.2025.
5. Гапонов Н. В. Физиологический статус и биолого-продуктивные показатели радужной форели при корректировке рационов люпином узколистным. // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108, № 4. С. 292–309. DOI: 10.33284/2658-3135-108-4-292.
6. Егги Э. Э., Вишневецкая М. С., Агеева П. А. [и др.] Использование полиморфизма белков семян для сортовой идентификации люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) // Аграрная Россия. 2012. № 4. С. 2–8.
7. Остроумова И. Н. Высококачественные корма условие эффективного воспроизводства // Рыбовод и рыболов. 1996. № 2. С. 22–23.
8. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Москва: Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.
9. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Изд. 4-е, перераб. и доп. Москва: Пищевая промышленность, 1966. 302 с.
10. Остроумова И. Н. Биологические основы кормления рыб. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 2012. 564 с.
11. Скляр В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. Москва: Изд-во ВНИРО, 2008. 150 с.
12. Скляр В. Я., Студенцова Н. А. Биологические основы рационального использования кормов в аквакультуре. Москва: Росинфорагротех, 2001. 56 с.
13. Власов В. А. Нормирование суточного количества корма для выращиваемой в садках на теплых водах радужной форели в зависимости от скорости роста рыб // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: материалы и доклады международного симпозиума. Астрахань, 2007. С. 397–399.
14. Власов В. А., Елышов А. В., Кулькова И. С. Использование биологически активных добавок в кормлении рыб // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 3. С. 68–76.
15. Cincotti A., Lai N., Orrù R. Sardinian natural clinoptilolites for heavy metals and ammonium removal: experimental and modeling // Chemical Engineering Journal. 2001. No. 84. Pp. 275–282.
16. Pizzagalli M. D., Bensimon A. D., Superti-Furga G. A. Guide to plasma membrane solute carrier proteins // The FEBS Journal. 2021. Vol. 288. Pp. 2784–2835. DOI: 10.1111/febs.15531.
17. Henryon M., et al. Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within farmed populations of rainbow trout // Aquaculture. 2002. Vol. 209, No. 1–4. Pp. 59–76.
18. Bruun M. S., et al. The fate of chemical additives and antimicrobial agents applied in Danish freshwater fish farms // World Aquaculture. 2007. Vol. 2. Pp. 57–61.
19. Гапонов Н. В. Физиолого-биохимические и гистологические параметры мышц форели при включении белого люпина в структуру рациона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 118. С. 269–276. DOI: 10.21515/1999-1703-118-269-276.

Об авторе:

Николай Васильевич Гапонов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянская область, Россия; ORCID 0000-0002-5086-7943, AuthorID 1038189. E-mail: nv.1000@bk.ru

References

1. Slesareva T. N. Technology of feed production based on mixed crops of yellow lupine with cereals. *Multi-functional adaptive feed production: collection of scientific papers*. Yaroslavl, 2024. Vol. 27 (75). Pp. 60–64. DOI: 10.33814/МАК-2022-27-75-60-64. (In Russ.)
2. Slesareva T. N., Troshina L. V. Soil herbicides in crops of white lupine. *Scientific foundations of sustainable development of agricultural production in modern conditions: collection of scientific papers on the materials of the XVII scientific and practical conference*. Kaluga, 2024. Pp. 39–43. (In Russ.)
3. Gaponov N. V., Anishko M. Yu., Misnikova N. V. Nutritional properties of full-fledged compound feeds based on *Lupinus angustifolius* and the economic efficiency of their production. *Feed Production*. 2025; 6: 30–34. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-6-30-34. (In Russ.)
4. Gaponov N. V., Anishko M. Yu., Misnikova N. V. Nutritional value of grain-and-haylage mass of binary coenosis of *Lupinus angustifolius* L. with *Avena sativa* L. *Feed Production*. 2025; 3: 17–21. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-3-17-21. (In Russ.)
5. Gaponov N. V. Hematological parameters of rainbow trout when white lupine is included in the diet structure. *Agricultural Journal*. 2025; 3 (18): 89–99. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/009.3.18.2025. (In Russ.)
6. Gaponov N. V. Physiological status and biological and productive indicators of rainbow trout when adjusting diets with narrow-leaved lupine. *Animal Husbandry and Feed Production*. 2025; 108 (4): 292–309. DOI: 10.33284/2658-3135-108-4-292. (In Russ.)
7. Eggi E. E., Vishnevskaya M. S., Ageeva P. A., et al. Using of seed protein polymorphism for cultivar identification of narrow-leaved Lupin (*Lupinus angustifolius* L.). *Agrarian Russia*. 2012; 4: 2–8. (In Russ.)
8. Ostroumova I. N. High-quality feed is a condition for effective re-production. *Fish Farmer, and Angler*. 1996; 2: 22–23. (In Russ.)
9. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. *Fish feeding in freshwater aquaculture*. Moscow: VNIRO Publishing House, 2006. 360 p. (In Russ.)
10. Pravdin I. F. *Guide to the study of fish, Fourth edition revised and supplemented*. Moscow: Food industry, 1966. 302 p. (In Russ.)
11. Ostroumova I. N. Biological bases of fish feeding. Saint Petersburg: GOSNIORH, 2012. 564 p. (In Russ.)
12. Sklyarov V. Ya. *Feed and feeding of fish in aquaculture*. Moscow: VNIRO Publishing House, 2008. 150 p. (In Russ.)
13. Sklyarov V. Ya., Studentsova N. A. *Biological foundations of rational use of feed in aquaculture*. Moscow: Rosinformagrotech, 2001. 56 p. (In Russ.)
14. Vlasov V. A. Rationing of the daily amount of feed for rainbow trout grown in cages in warm waters, depending on the growth rate of fish. *Warm-water aquaculture and biological productivity of arid climate reservoirs: proceedings and reports of the international symposium*. Astrakhan, 2007. Pp. 397–399. (In Russ.)
15. Vlasov V. A., Elshov A. V., Kulkova I. S. Use of biologically active additives in feeding fish. *Fish Farming and Fisheries*. 2018; 3: 68–76. (In Russ.)
16. Cincotti A., Lai N., Orrù R. Sardinian natural clinoptilolites for heavy metals and ammonium removal: experimental and modeling. *Chemical Engineering Journal*. 2001; 84: 275–282.
17. Pizzagalli M. D., Bensimon A. D., Superti-Furga G. A. Guide to plasma membrane solute carrier proteins. *The FEBS Journal*. 2021; 288: 2784–2835. DOI: 10.1111/febs.15531.
18. Henryon M., et al. Genetic variation for growth rate, feed conversion efficiency, and disease resistance exists within farmed populations of rainbow trout. *Aquaculture*. 2002; 209 (1–4): 59–76.
19. Bruun M. S., et al. The fate of chemical additives and antimicrobial agents applied in Danish freshwater fish farms. *World Aquaculture*. 2007; 2: 57–61.
20. Gaponov N. V. Changes in physiological, biochemical and histological parameters in trout muscles when white lupine is included in the diet structure. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2025; 118: 269–276. DOI: 10.21515/1999-1703-118-269-276. (In Russ.)

Author's information:

Nikolay V. Gaponov, candidate of biological sciences, senior researcher, All-Russian Lupine Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Michurinskiiy settlement, Bryansk region, Russia; ORCID 0000-0002-5086-7943, AuthorID 1038189. E-mail: nv.1000@bk.ru