

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 197-212.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 1. P. 197-212.

Научная статья
УДК 636.4:633.367:631.811.1
doi: 10.33284/2658-3135-109-1-197

Интенсивность обменных процессов в организме и продуктивность при включении в рационы молодняка свиней люпина белого

Николай Васильевич Гапонов¹

¹Всероссийский НИИ люпина-филиал Федерального научного центра «ВИК им. В.Р. Вильямса», Мичуринский, Брянская область, Россия

¹nv.1000@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5086-7943>

Аннотация. В представленной работе изучено влияние белого люпина (*Lupinus albus L.*) в рационах молодняка свиней на питательную ценность рационов, параметры продуктивности, расход питательных веществ на производство свинины, метаболизм, а также на биохимический состав крови. Экспериментально доказано, что включение безоболочной формы люпина белого в состав рациона молодняка свиней способствует уменьшению доли дорогостоящих высокопротеиновых кормов животного происхождения и замене соевого и подсолнечного жмыха на люпин белый декортикованный. Это способствует увеличению привесов в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2, 3 и 4 опытных группах – на 5,86 %, 11,23 % и 14,18 % соответственно. Использование декортированного белого люпина в рационах обеспечило получение привесов при высокой оплате корма продукцией; во 2, 3 и 4 опытных группах затраты кормов были меньше на 5,54 %, 10,00 % и 12,42 %. Аналогичная тенденция прослеживалась и в отношении усвоения нутриентов: расход обменной энергии во 2 экспериментальной группе уменьшился на 5,81 %, в 3 группе – на 10,29 % и в 4 группе – на 12,54 %. Потребление сырого протеина снизилось во 2, 3 и 4 группах на 5,56 %, 10,10 % и 12,44 % соответственно. Зафиксировано лучшее усвоение азота от принятого с кормом у подопытных групп во 2, 3 и 4 – на 5,10 %, 6,30 % и 6,82 % соответственно. От переваренного также было выше во 2, 3 и 4 опытных группах – на 5,00 %, 6,11 % и 6,60 % соответственно. При этом биохимические показатели крови молодняка свиней оставались в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии патологических изменений в организме. Анализ активности трансаминаз выявил активацию внутриклеточных механизмов, стимулирующих синтез белка и ускоряющих биосинтез аминокислот у молодняка свиней.

Ключевые слова: молодняк свиней, люпин белый, конверсия, ретенция, питательность, баланс азота, биомаркер, аминотрансфераза, фермент

Для цитирования: Гапонов Н.В. Интенсивность обменных процессов в организме и продуктивность при включении в рационы молодняка свиней люпина белого // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 197-212. [Gaponov NV. Metabolic intensity and productivity with the inclusion of white lupine in the diets of young pigs. 2026;109(1):197-212. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-197>

Original article

Metabolic intensity and productivity with the inclusion of white lupine in the diets of young pigs

Nikolay V Gaponov¹

¹All-Russian Lupine Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Michurinskiy, Bryansk region, Russia

¹nv.1000@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5086-7943>

Abstract. The presented work studies the effect of white lupine (*Lupinus albus L.*) in young pig diets on the nutritional value of the diets, productivity parameters, nutrient consumption for pork production, metabolism, and the biochemical composition of blood. It has been experimentally proven that the inclusion of the hull-free form of white lupine in the diet of young pigs helps to reduce the proportion of expensive high-protein feeds of animal origin and replace soybean and sunflower cake with decorticated white lupine. This contributes to an increase in weight gain in the experimental groups compared with the control group: in the 2nd, 3rd and 4th experimental groups – by 5.86%, 11.23% and 14.18%, respectively. The use of decorticated white lupine in the diets ensured gains with high feed costs; in the 2nd, 3rd and 4th experimental groups, feed costs were lower – by 5.54%, 10% and 12.42%. A similar trend was observed with regard to nutrient absorption: the consumption of metabolic energy in the second experimental group decreased by 5.81%, in group 3 – by 10.29% and in group 4 – by 12.54%. Crude protein consumption decreased in groups 2, 3 and 4 by 5.56%, 10.10% and 12.44%, respectively. Better nitrogen absorption from feed intake was recorded in experimental groups 2, 3 and 4 – by 5.10%, 6.30% and 6.82%, respectively. The digested fat content was also higher in experimental groups 2, 3, and 4 – by 5.00%, 6.11%, and 6.60%, respectively. Moreover, the blood biochemistry of young pigs remained within physiological norms, indicating the absence of pathological changes in the body. Analysis of transaminase activity revealed activation of intracellular mechanisms that stimulate protein synthesis and accelerate amino acid biosynthesis in young pigs.

Keywords: young pigs, white lupin, conversion, retention, nutritional value, nitrogen balance, biomarker, aminotransferase, enzyme

For citation: Gaponov NV. Metabolic intensity and productivity with the inclusion of white lupine in the diets of young pigs. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(1):197-212. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-197>

Введение.

Значительный вклад в снабжение населения страны мясной продукцией принадлежит свиноводству – одной из самых быстроразвивающихся отраслей сельского хозяйства, обеспечивающей около трети от мирового объема производства мяса. Улучшение показателей свиноводства возможно прежде всего благодаря повышению интенсивности производства, включающего применение современных систем кормопроизводства и схем кормления, разработанных с учетом потребностей животных в необходимых макро-микронутриентах в зависимости от физиологического состояния, продуктивности и т. д. (Отрадных П.И. и др., 2025).

Но современные методы получения свинины – это многоступенчатый процесс, нуждающийся в хорошем понимании биологии и особенностей кормления свиней разных возрастных групп. Срок содержания молодняка свиней, предназначенных для убоя на мясо, невелик – обычно 6-8 месяцев. Их правильное развитие зависит от соблюдения норм и сбалансированных рационов кормления. Оптимизация этих условий в соответствии с потребностями организма молодняка способствует ускоренному росту и снижению затрат на получение мясной продукции (Горин И.Е., и др., 2022).

Для успешного развития современного свиноводства критически необходимо обеспечить молодняк свиней полноценным рационом с высоким содержанием протеина. Потребность в кормовом протеине растет стремительно, и традиционное увеличение объемов производства

существующих белковых кормов уже не позволяет полностью удовлетворить этот спрос. Ситуация осложняется также ограничением поставок привычных компонентов рациона – соевых бобов и продукции на их основе. Производство соевого шрота внутри страны не способно в полной мере обеспечить нужды свиноводства, поэтому поиск новых растительных источников белка становится актуальной задачей. Исследования ученых, ориентированные на замену импортных высокопротеиновых кормов, прежде всего сои и ее производных, приобретают особую значимость (Пташник О.П. и др., 2022; Кублин И.М. и др., 2024).

В качестве альтернативы соевым жмыхам и шротам в кормопроизводстве все чаще рассматриваются отечественные низкоалкалоидные сорта люпина белого (*Lupinus albus L.*), содержащие до 45 % протеина, а после удаления оболочки (декортикации) данный показатель увеличивается. В России разработаны сорта люпина белого с низким содержанием алкалоидов, пригодные в качестве замены соевым продуктам, поскольку люпин значительно превосходит другие зернобобовые культуры по содержанию белка и аминокислот. В то же время, прежде чем заменять компоненты рациона, включающие соевый жмых и шрот, важно детально проанализировать воздействие разных видов и сортов люпина на мясную продуктивность и физиологический статус молодняка свиней (Гапонов Н.В., 2025а; Лукашевич М.И. и Селиванова Т.В., 2024).

Цель исследования.

Изучить влияние люпина белого (*Lupinus albus L.*) без оболочки сорта Дега в рационе кормления молодняка свиней на питательную ценность рационов, показатели продуктивности, затраты питательных веществ на производство свинины, метаболические процессы, а также на биохимические показатели крови.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Молодняк свиней крупной белой породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. С целью достижения поставленных задач исследования был реализован научно-практический и физиологический эксперимент. Сформировано 4 группы поросят (одна контрольная и три опытные) численностью 10 особей в каждой. Комплектование групп производилось на основе принципа подбора парных аналогов, в соответствии с методологией проведения научно-хозяйственных и физиологических опытов в области кормления, принимая во внимание возраст, живую массу, пол и общее физиологическое состояние животных. Содержание молодняка свиней во всех группах было идентичным и соответствовало зоогигиеническим стандартам ГОСТ 28839-2017. В процессе эксперимента применялся концентрированный рацион кормления, отвечающий требованиям для гранулированного комбикорма ГОСТ Р 51899-2002 и требованиям по питательности комбикорма для молодняка свиней согласно ГОСТ 51550-2000.

Подсвинки в контрольной группе питались обычным кормом, используемым в хозяйстве для этого возраста. Контрольный рацион был разработан с учетом потребностей молодняка в необходимых элементах питания, согласно рекомендациям Калашникова А.П. и др. (2003). В ежедневный рацион кормления 2, 3 и 4 подопытных групп добавляли белый люпин, предварительно очищенный от шелухи, в следующих долях: 15 %, 20 % и 25 % соответственно. Эта добавка реализовывалась путем замещения части соевого шрота, а также других кормов, являющихся источниками белка.

В экспериментах был применен люпин белый сорта Дега – универсальный сорт, включенный в Государственный реестр в 2004 году, разработанный РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Продолжительность вегетационного периода составляет 120 дней. Содержание сырого протеина в семенах варьировалось от 37 до 45 %, а уровень алкалоидов – 0,02 % (Гатаулина Г.Г. и Медведева Н.В., 2008).

С целью уменьшения содержания клетчатки люпин подвергался процессу декортикации (удалению внешней оболочки) с использованием дисковой центробежной шелушильной машины ДШЛ-500д, изготовленной компанией «Агропродмаш» (Россия).

Биохимический анализ состава люпина белого сорта Дега, компонентов рациона и полученного на их основе полнорационного комбикорма был проведен на начальном этапе исследования с применением методик зоотехнического анализа.

Детали проведения эксперимента подробно описаны в таблице 1.

Таблица 1. Схема научного опыта
Table 1. Experimental design

Группа / Group	Структура комбикорма / The structure of compound feed
1 контрольная / 1 control	Основной рацион (ОР) / Basic Ration (BR).
2 опытная / 2 experimental	ОР – люпин без оболочки 15 % Замещены люпином: овёс на 16,67 %, ячмень на 14,29 %, кукуруза на 16,20 %, жмых соевый на 33,33 %, жмых подсолнечный на 50 %, мука рыбная на 20 %, глютен кукурузный на 25 %, масло растительное на 12,50 % / BR - lupine without shell 15% – Replaced by lupine: oats by 16.67%, barley by 14.29%, corn by 16.20%, soybean meal by 33.33%, sunflower meal by 50%, fish meal by 20%, corn gluten by 25%, vegetable oil by 12.50%
3 опытная / 3 experimental	ОР – люпина без оболочки 20 %. Замещены люпином: овёс на 33,33 %, ячмень на 28,57 %, кукуруза 21,05 %, жмых соевый 66,67 %, жмых подсолнечный на 75,0 %, мука рыбная на 40 %, глютен кукурузный на 31,25 %, масло растительное на 31,25 % / BR – lupine without shell 20% Replaced by lupine: oats by 33.33%, barley by 28.57%, corn by 21.05%, soybean cake by 66.67%, sunflower cake by 75.0%, fish meal by 40%, corn gluten by 31.25%, vegetable oil by 31.25%
4 опытная / 4 experimental	ОР – люпина без оболочки 25 %. Замещены люпином: овёс на 50,0 %, кукуруза 31,58 %, жмых соевый на 100 %, жмых подсолнечный на 100 %, мука рыбная на 60,0 %, глютен кукурузный на 37,5%, масло растительное на 62,50 % / BR – lupine without shell 25%. Replaced by lupine: oats by 50.0%, corn by 31.58%, soy cake by 100%, sunflower cake by 100%, fish meal by 60.0%, corn gluten by 37.5%, vegetable oil by 62.50%

В ходе научного исследования, выполненного на подсвинках в возрасте от трех до шести месяцев, анализировались такие характеристики, как общий прирост живой массы, среднесуточное увеличение веса, количество потребленного корма и питательных элементов на каждый килограмм набранной массы. Условия содержания в период проведения экспериментов для всех групп молодняка были унифицированы и абсолютно одинаковы.

В конце научно-хозяйственного опыта был проведен физиологический балансовый опыт, результаты которого позволили вычислить коэффициенты переваримости питательных веществ корма, азотистый баланс, а также провести анализ вариабельности биомаркеров и биохимических показателей крови экспериментальных групп по отношению к контрольной.

Забор образцов крови для лабораторных анализов производился у животных из хвостовой вены, по пять особей из каждой группы, в конце опытного периода, когда молодые свиньи достигли шестимесячного возраста.

Оборудование и технические средства. Определение содержания алкалоидов в люпине белом (*Lupinus albus* L.) сорта Дега осуществлялось в лаборатории физиологии растений ВНИИ люпина - филиала ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (п. Мичуринск). Биохимический анализ сыворотки крови проводился с использованием реагентов производства «High Technology Inc» (США) на полуавтоматическом анализаторе BioChem SA (США) в точном соответствии с инструкциями производителя.

Осуществление измерений алкалоидности и биохимических показателей люпина белого проводилось в лаборатории физиологии растений ВНИИ люпина – филиала ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (п. Мичуринск). Первоначальную влажность люпина белого и комбикорма устанавливали по ГОСТ Р 57059-2016, сырую клетчатку – по ГОСТ 31675-2012, сырую золу – по ГОСТ 26226-95, сырой жир – по обезжиренному остатку ГОСТ 13496.15-2016, протеин – по ГОСТ 13496.4-2019, кальций – оксалатным методом ГОСТ 26570-95, фосфор – колориметрическим методом по ГОСТ 26657-97, безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) вычисляли расчетным методом. Измерение концентрации макро- и микронутриентов, аминокислот и витаминов в белом люпине и полученных на его основе комбикормах, для которых стандартные методы не предусмотрены, производилось на автоматизированном жидкостном хроматографе Agilent 1100 (США) и спектральном анализаторе ИНФРАСКАН-М, модификация 4200 (ООО «ЭКАН», Санкт-Петербург).

Статистическая обработка. Статистический анализ полученных данных проводился с использованием программного обеспечения «GraphPad Prism 8.0» («GraphPad Software», США). Результаты представлены как средние арифметические значения с указанием стандартной ошибки. Оценка статистической значимости различий между группами осуществлялась посредством однофакторного дисперсионного анализа с применением апостериорных тестов Тьюки и Сидака для коррекции множественных сравнений. Критический уровень значимости был установлен на уровне $p < 0,05$.

Результаты исследования.

В состав кормов для молодняка свиней в контрольной и экспериментальных группах входили корма, применяемые в хозяйстве. Кормовые рационы были сбалансированы по основным питательным веществам, учитывая возраст, пол, физиологическое состояние и живую массу животных контрольной и опытных групп. Питательность рационов в контрольной и опытных группах была выровнена по основным питательным веществам. Рыбная мука (60-65 %) использовалась как источник животного протеина. В качестве ключевых компонентов рационов растительного белка выступали соевый и подсолнечный шрот. Их доля в рационе могла быть частично или полностью компенсирована применением белого люпина, предварительно очищенного от оболочки. Внедрение белого люпина дало возможность уменьшить или вовсе отказаться от добавления соевого шрота и прочих белковых кормов, как животного, так и растительного происхождения. Детализированный состав и питательность сбалансированного комбикорма наглядно представлены в таблице 2.

Включение белого люпина без оболочки в рационы экспериментальных групп обеспечивало необходимое содержание сырого и переваримого протеина, незаменимых аминокислот и обменной энергии. В 3 и 4 опытных группах, в связи с увеличением доли люпина в структуре рациона, произошло увеличение содержания пшеницы на 18,18 % и 36,3 % соответственно. Это привело к снижению стоимости рационов, без потери питательной ценности, благодаря меньшей стоимости пшеницы и конкурентным преимуществам люпина. Для получения необходимых питательных веществ, включая витамины, макро- и микроэлементы, использовались специальные добавки – премикс, соли и трикальцийфосфат.

Таблица 2. Структура и питательность комбикорма
Table 2. Structure and nutritional value of compound feed

Показатели/ Indicators	1 контрольная/ 1 control	2 опытная/ 2 experimental	3 опытная/ 3 experimental	4 опытная/ 4 experimental
Люпин белый, %/ White Lupin, %	-	15,0	20,0	25,0
Подсолнечный жмых, %/ Sunflower cake, %	4,0	2,0	1,0	-
Соевый жмых, %/ Soy cake, %	15,0	10,0	5,0	-
Рыбная мука (60-65%), %/ Fish meal (60-65%), %	5,0	4,0	3,0	2,0
Глютен кукурузный, %/ Corn gluten, %	8,0	6,0	5,5	5,0
Ячмень, %/ Barley, %	7,0	6,0	5,0	5,0
Кукуруза, %/ Corn, %	19,0	16,2	15,0	13,0
Овёс, %/ Oats, %	6,0	5,0	4,0	3,0
Пшеница, %/ Wheat, %	33,0	33,0	39,0	45,0
Масло растительное, %/ Vegetable oil, %	1,6	1,4	1,1	0,5
Трикальцийфосфат, %/ Tricalcium Phosphate, %	0,3	0,3	0,3	0,4
Премикс (КС-3), %/ Premix (KS-3), %	1,0	1,0	1,0	1,0
Соль, %/ Salt, %	0,10	0,10	0,10	0,10
Итого / Total	100	100	100	100
В 1 кг комбикорма содержится/ 1 kg of compound feed contains:				
ЭКЕ/ EFU	1,39	1,38	1,38	1,38
ОЭ, МДж/ ME, MJ	13,91	13,87	13,88	13,89
Сырой протеин, г/ Crude protein, g	242,12	242,05	242,11	242,07
Переваримый протеин, г/ Digestible protein, g	185,92	190,71	191,97	192,45
Лизин, г/ Lysine, g	91,84	79,91	81,49	84,10
Метионин+цистин, г/ Methionine+cystine, g	6,03	5,75	5,88	6,01
Триптофан, г/ Tryptophan, g	3,23	3,19	3,93	3,98
Сырой жир г/ Crude fat, g	41,31	37,78	39,08	38,18
Сырая клетчатка, г/ Crude fiber, g	37,63	31,26	27,18	23,05
Крахмал, г/ Starch, g	405,89	410,72	444,28	478,95
Сахар, г/ Sugar, g	193,80	186,59	211,23	235,85
Кальций, г/ Calcium, g	11,06	10,28	10,13	10,58
Фосфор, г/ Phosphorus, g	4,71	4,70	4,35	4,42
Магний, г/ Magnesium, g	2,92	3,14	3,27	3,41
Калий, г/ Potassium, g	5,60	4,27	3,08	1,92
Сера, г/ Sulfur, g	2,22	2,15	2,20	2,25
Железо, мг/ Iron, mg	57,77	40,80	26,12	11,11
Медь, мг/ Copper, mg	19,19	17,58	18,63	19,71
Цинк, мг/ Zinc, mg	24,68	23,04	20,30	17,71
Марганец, мг/ Manganese, mg	25,96	25,99	25,33	25,02
Кобальт, мг/ Cobalt, mg	15,87	16,68	19,74	22,79
Йод, мг/ Iodine, mg	0,26	0,20	0,16	0,12
Каротин, мг/ Carotene, mg	0,57	0,40	0,27	0,14
Витамин А, МЕ/ Vitamin A, IU	0,34	0,34	0,40	0,46
Витамин Д, МЕ/ Vitamin D, IU	5,38	4,05	3,92	3,90
Витамин Е, мг/ Vitamin E, mg	6,68	5,17	5,11	4,98
В1, мг/ B1, mg	6,43	5,80	6,01	6,19
В2, мг/ B2, mg	2,73	2,41	2,42	2,42
В3, мг/ B3, mg	5,46	4,07	2,98	2,72
В4, мг/ B4, mg	427,05	312,02	228,56	152,09
В5, мг/ B5, mg	344,50	336,91	389,98	443,52
В12, мкг/ B12, mg	30,33	27,73	28,28	28,83

Формирование рациона и его сбалансированность напрямую сказываются на эффективности преобразования нутриентов и их всасывании в пищеварительном тракте у подсвинков. С целью определения воздействия белого люпина без внешней оболочки на усвояемость питательных веществ в экспериментальных рационах был организован физиологический опыт. Результаты эксперимента отображены в таблице 3.

Таблица 3. **Переваримость питательных веществ рациона ($X \pm Se$; $n=5$), %**
Table 3. **Digestibility of dietary nutrients ($X \pm Se$; $n=5$), %**

Показатели/ <i>Indicators</i>	1 контрольная/ <i>1 control</i>	2 опытная/ <i>2 Experimental</i>	3 опытная/ <i>3 Experimental</i>	4 опытная/ <i>4 Experimental</i>
Сухое вещество/ <i>Dry matter</i>	75,12±0,19	76,41±0,20	79,01±0,22	80,20±0,15*
Сырой протеин/ <i>Crude protein</i>	76,79±0,98	78,79±1,10	79,29±1,12*	79,50±0,87*
Сырой жир/ <i>Raw fat</i>	66,11±0,41	69,20±0,50	69,80 ±0,57	71,89±0,39*
Сырая клетчатка/ <i>Raw fiber</i>	25,10±0,24	27,40±0,26*	28,70±0,27*	29,90±0,19
БЭВ / <i>NFE</i>	83,13±2,12	85,60±1,97*	86,71±1,70	88,33±1,64

Примечание: данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, $n=5$ для всех групп. * – $P \leq 0,05$ по сравнению с контрольной группой

Note: the data is presented as an average and standard error, $n=5$ for all groups. * – $P \leq 0.05$ compared to the control group

Анализ данных, представленных в таблице 3, выявил, что подсвинки, получавшие специально разработанные корма, эффективнее переваривали питательные элементы в сравнении с контрольной группой. Во 2 экспериментальной группе усвояемость сухого вещества возросла на 1,29 %, в 3 – на 3,89 %, а в 4 – на 5,08 %. Отмечено увеличение усвоения сырого протеина во 2 группе на 2,00 %, в 3 – на 2,50 %, в 4 – на 2,71 %. Переваримость сырого жира улучшилась во 2 группе на 3,09 %, в 3 – на 3,69 %, а в 4 – на 5,78 %. Схожая динамика прослеживалась и в отношении переваримости сырой клетчатки, которая во 2 группе увеличилась на 2,30 %, в 3 – на 3,60 %, а в 4 – на 4,80 %. Коэффициенты переваримости БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества) также демонстрировали тенденцию к росту у молодняка свиней в экспериментальных группах: во 2 опытной группе на 2,47 %, в 3 – на 3,58 %, а в 4 – на 5,20 %.

Улучшение усвоения питательных веществ благоприятно сказывается на показателях продуктивности молодняка свиней. Итоги исследований показывают, что оптимизация рациона молодняка свиней путем добавления белого люпина без оболочки положительно влияет на развитие продуктивных характеристик и дает возможность сократить потребление кормов и питательных веществ, необходимых для получения свинины таблица 4.

Подсвинки, участвовавшие в эксперименте, продемонстрировали наиболее впечатляющие результаты по продуктивности. В частности, среднесуточный прирост массы тела у молодняка 2 группы превзошел контрольные показатели на 5,86 %, в 3 группе – на 11,23 %, а в 4 группе – на 14,18 %. При оценке действенности применения кормов и нутриентов для увеличения веса, наивысшие показатели вновь наблюдались в экспериментальных группах. Объем использованной обменной энергии был ниже, чем в контрольной группе: во 2 группе – на 5,81 %, в 3 – на 10,29 %, а в 4 – на 12,54 %. Уровень потребления сырого протеина на килограмм прироста веса уменьшился во 2 группе на 5,56 %, в 3 – на 10,10 %, а в 4 – на 12,44 %. Схожая картина наблюдалась и в отношении использования переваримого протеина: во 2 группе затраты оказались меньше на 3,10 %, в 3 – на 7,17 %, а в 4 – на 9,35 %. Аналогичная закономерность прослеживалась и в потреблении корма: по сравнению с контрольной группой, во 2 группе расход корма был снижен на 5,54 %, в 3 – на 10,00 %, а в 4 – на 12,42 %.

Таблица 4. Зоотехнические показатели молодняка свиней (X±Se; n=5)
Table 4. Zootechnical parameters of young pigs (X±Se; n=5)

Показатели/ Indicators	1 контрольная/ 1 control	2 опытная/ 2 Experimental	3 опытная/ 3 Experimental	4 опытная/ 4 Experimental
Живая масса, кг: / Live weight, kg: в начале опыта/ at the beginning of the experiment	30,10±0,33	30,00±0,37	29,80±0,40	29,70±0,29
в конце опыта/ at the end of the experiment	83,00±2,12	86,00±2,14	88,64±1,96	90,10±1,89*
Валовый прирост, кг/ Gross increase, kg	52,90±1,32	56,00±1,27	58,84±1,19*	60,40±1,29
Среднесуточный прирост, г/ Average daily increase, g	523,76±12,10	554,46±12,20	582,57±11,9	598,02±11,30
% к контролю/ % to control	100	105,86	111,23	114,18
Затраты на кг прироста живой массы: / Cost per kg of body weight gain: ОЭ, МДж/ ME, MJ	33,13±1,72	31,21±1,44	29,72±1,31	28,98±1,17
% к контролю/ % to control	-	-5,81	-10,29	-12,54
Сырого протеина, г/ Crude protein, g	576,69±10,85	544,61±9,90	518,45±10,0	504,98±9,78
% к контролю/ % to control	-	-5,56	-10,10	-12,44
Переваримого протеина, г/ Digestible protein, g	442,84±9,75	429,10±9,81	411,08±9,32	401,46±9,08
% к контролю/ % to control	-	-3,10	-7,17	-9,35
Корма, кг/ Feed, kg	2,38±0,10	2,25±0,09	2,14±0,11	2,09±0,08
% к контролю/ % to control	-	-5,54	-10,10	-12,42

Примечание: данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, n=5 для всех групп. * – P≤0,05 по сравнению с контрольной группой

Note: The data is given as an average and standard error, n=5 for all groups. * – P≤0.05 compared to the control group

Баланс азота, который отражает соотношение между потреблением и выделением азота и, следовательно, влияет на продуктивность молодняка свиней, использовался для оценки сбалансированности рационов по протеину и эффективности его усвоения (табл. 5).

Таблица 5. Баланс азота молодняка свиней (X±Se; n=5)
Table 5. Nitrogen balance of young pigs (X±Se; n=5)

Показатели/ Indicators	1 контрольная/ 1 control	2 опытная/ 2 Experimental	3 опытная/ 3 Experimental	4 опытная/ 4 Experimental
Принято N с кормом, г/ Taken N with feed, g	46,49±0,17	46,47±0,19	46,49±0,12	46,48±0,11*
Выделено N с мочой, г/ Excreted N in urine, g	14,93±0,15	13,48±0,16	13,16±0,14	13,01±0,09
Выделено N с калом, г/ Isolated N with feces, g	10,79±0,11	9,86±0,14	9,63±0,13	9,53±0,10
Опложено N в теле, г/ Deposited N in the body, g	20,77±0,21	23,13±0,18	23,70±0,14*	23,94±0,13*
Переварено N, г/ Digested N, g	35,70±0,23	36,62±0,21	36,86±0,18*	36,95±0,20
Коэф. использования N, %/ Usage coefficient N, %				
% от принятого/ % of accepted amount	44,68±0,39	49,78±0,28	50,98±0,32	51,50±0,25
% от переваренного/ % of the digested	58,18±0,40	63,18±0,35	64,30±0,33	64,78±0,28
Коэф. переваримости N, %/ Coefficient of digestibility N, %				
	76,79±0,98	78,79±1,10	79,29±1,12	79,50±0,87

Примечание: данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, n=5 для всех групп. * – P≤0,05 по сравнению с контрольной группой

Note: The data is presented as an average and standard error, n=5 for all groups. * – P≤0.05* compared to the control group

Анализ азотистого баланса продемонстрировал, что выделение азота с мочой и калом у подопытных животных было менее интенсивным, чем в контрольной группе. Так, во 2 группе этот показатель уменьшился на 8,64 %, в 3 – на 10,77 %, а в 4 – на 11,69 %. Уровень азота в моче также характеризовался снижением: на 9,68 % – во 2 группе, на 11,84 % – в 3 и на 12,82 % – в 4 экспериментальной группе. В отличие от выведения, удержание азота в организме молодых свиней из экспериментальных групп, наоборот, было повышено. Во 2 группе наблюдалось увеличение на 11,38 %, в 3 – на 14,10 %, а в 4 группе – на 15,24 %. Объем азота, подвергнувшегося перевариванию, также имел тенденцию к росту в экспериментальных группах. Во 2 группе он увеличился на 2,57 %, в 3 – на 3,25 %, а в 4 – на 3,51 %. Наибольшая эффективность использования азота, рассчитываемая от общего количества, поступившего с пищей, отмечалась у экспериментальных животных. Во 2 группе она возросла на 5,10 %, в 3 – на 6,30 %, а в 4 – на 6,82 %. Установлено повышение степени усвоения азота из переваренного корма: на 5,00 % – во 2 группе, на 6,11 % – в 3 и на 6,60 % – в 4. На основании проведенных исследований было установлено, что баланс азота во всех группах был положительным. У молодняка свиней в экспериментальных группах наблюдается доминирование анаболических процессов, что подтверждается одновременным снижением экскреции азота с калом и мочой, а также повышенным его усвоением (конверсией) с рациона и задержкой в организме (ретенцией).

Влияние добавления белого люпина без оболочки в рационы молодняка свиней крупной белой породы было изучено по результатам анализа биохимических параметров крови. Это позволило оценить, насколько хорошо организм адаптируется к корректировке рационов кормления, а также определить физиологическое состояние и интенсивность обмена веществ. Особое внимание уделено ферментам, циркулирующим в крови, занимающим центральное место в разнообразных метаболических процессах в организме свиней. Среди них в протеосинтезе первостепенную роль играют ферменты трансаминирования, а именно аминотрансферазы. Аспаратаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ) имеют важное значение для метаболизма белков, углеводов и липидов в виду того, что они стимулируют образование ключевых аминокислот, функционирование данных энзимов определяется наследственностью и обнаруживает прямую зависимость от ежедневной прибавки в весе (табл. 6).

Таблица 6. Биохимические показатели крови, ($X \pm Se$; $n=5$)
Table 6. Biochemical parameters of blood, ($X \pm Se$; $n=5$)

Показатели/ Indicators	1 контроль- ная/ 1 control	2 опытная/ 2 Experimental	3 опытная/ 3 Experimental	4 опытная/ 4 Experimental
ЩФ (Ед/л)/ ALP (u/l)	151,13±4,10	152,41±3,91	152,97±4,02	153,21±3,97
АЛТ (Ед/л)/ ALT (u/l)	31,10±1,18	31,40±1,29	31,60±1,14*	31,91±1,08*
АСТ (Ед/л)/ AST (u/l)	32,19±1,57	32,31±1,36	32,70±1,47	33,02±1,21*
ГГТ (Ед/л)/ GGT (u/l)	40,11±2,09	40,37±2,13	40,91±2,03*	30,03±1,97
ЛДГ (Ед/л)/ LDH (u/l)	224,17±6,17	225,09±5,82	226,73±5,69	226,98±5,43
Креатинин (ммоль/мл)/ Creatinine (mmol/ml)	142,13±4,18	141,98±4,15	141,00±3,79	140,68±3,38
Мочевина (ммоль/л)/ Urea (mmol/l)	7,18±1,32	7,12±1,29	7,10±1,20	7,00±1,16*
Общий белок (г/л)/ Total protein (g/l)	78,12±3,47	78,98±2,67	79,23±2,81	81,17±2,35
Альбумин (г/л)/ Albumin (g/l)	36,72±3,27	37,19±3,21	37,28±3,14	37,83±2,71
Глобулин(г/л)/ Globulin (g/l)	41,40±2,34	41,79±2,51	41,95±2,29	43,34±2,43
Ca (ммоль/л)/ Ca (mmol/L)	2,32±0,06	2,36±0,07	2,41±0,11	2,46±0,05**
P (ммоль/л)/ P (mmol/L)	1,81±0,03	1,83±0,05	1,85±0,07	1,90±0,10

Примечание: данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, $n=5$ для всех групп. **– $P \leq 0,01$, *– $P \leq 0,05$ по сравнению с контрольной группой; референтные данные приведены по Зеленченкова А.А. и др. (2025), Montoro JC et al. (2022), Evans RJ (1994). ЩФ – щелочная фосфатаза, АЛТ – Аланинаминотрансфераза, АСТ – Аспаратаминотрансфераза, ГГТ – Гамма-глутамилтрансфераза, ЛДГ – лактатдегидрогеназа

Note: The data are presented as an average and standard error, $n=5$ for all groups. ** – $P \leq 0.01$, * – $P \leq 0.05$ compared with the control group; reference data are provided by Zelenchenkova A.A. et al. (2025), Montoro JC et al. (2022), Evans RJ (1994). ALP – alkaline phosphatase, ALT – Alanine Aminotransferase, AST – Aspartate Aminotransferase, GGT – Gamma-glutamyltransferase, LDH – Lactate dehydrogenase

У молодняка свиней, задействованных в эксперименте, отмечалась повышенная активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) по сравнению с контрольной группой. Во 2 опытной группе уровень АЛТ был выше на 0,96 %, в 3 группе – на 1,61 %, а в 4 группе – на 2,60 %. Динамика подобных изменений наблюдалась и для аспаргатаминотрансферазы (АСТ): увеличение во 2 опытной группе составило 0,37 %, в 3 группе – 1,58 %, а в 4 группе – 2,58 %. Индекс де Ритиса, представляющий собой отношение активности АСТ к АЛТ, был практически одинаковым: 1,04 – в контрольной группе и 1,03 – в экспериментальных, что соответствует физиологической норме и говорит об отсутствии деструктивных изменений в скелетных мышцах, внутренних органах и не вызывает патологических изменений в метаболических путях аминокислотного обмена.

Содержание гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ) также было несколько увеличено в опытных группах: на 0,65 % – во 2 группе, на 1,99 % – в 3 группе и на 2,24 % – в 4 группе. Активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) также показала рост: на 0,41 % – во 2 экспериментальной группе, на 1,14 % – в 3 группе и на 1,25 % – в 4 группе. Небольшое увеличение активности данных энзимов говорит о нормальном протекании метаболических процессов аминокислот, а также свидетельствует об отсутствии выраженного повреждения клеток печени и отклонений в функционировании билиарной системы. Существенно, что показатели ГГТ и ЛДГ укладывались в рамки физиологических значений, что отражает поддержание равновесия между аэробным и анаэробным путями энергообеспечения клеток печени.

В ходе исследований выяснилось, что у молодняка свиней из экспериментальных групп в сыворотке крови отмечался более значительный уровень суммарного белка, чем у свиней из контрольной группы. Во 2 группе данный показатель был больше на 1,10 %, в 3 группе – на 1,42 %, а в 4 группе – на 3,90 %. Одновременно регистрировалось возрастание концентрации фракций общего белка, а именно альбуминов и глобулинов. Содержание альбуминов в сыворотке крови возросло во 2 опытной группе на 1,30 %, в 3 группе – на 1,55 %, а в 4 группе – на 3,02 % в сопоставлении с контрольной группой. Концентрация глобулинов превысила значения контрольной группы во 2 группе на 0,92 %, в 3 – на 1,31 %, а в 4 – на 4,68 %. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии диспротеинемии у молодняка свиней и эффективном синтезе белка в организмах животных, входящих в экспериментальные группы.

Анализ крови показал, что у подопытных подсвинков концентрация мочевины и креатинина в сыворотке была ниже, чем в контрольной группе. Снижение содержания мочевины выразилось следующим образом: во 2 группе – 0,84 %, в 3 – 1,11 %, а в 4 – 2,51 %. Падение уровня креатинина составило 0,11 %, 0,80 % и 1,02 % соответственно. Важно подчеркнуть, что все зафиксированные изменения оставались в пределах допустимых значений. Уменьшение концентрации мочевины и креатинина свидетельствует об активном потреблении азотистых соединений, вовлеченных в процессы роста, в частности, в синтез незаменимых аминокислот и белков. Одновременное увеличение концентрации общего белка и снижение уровня мочевины и креатинина в сыворотке крови указывает на стимуляцию биосинтеза аминокислот и протеинов в организме растущих подсвинков, участвовавших в эксперименте.

У молодняка свиней из экспериментальных групп отмечена повышенная интенсивность метаболизма кальция и фосфора. Концентрация Са в плазме крови во 2, 3 и 4 группах превышала показатели контрольной на 1,72 %, 3,88 % и 6,03 % соответственно. Содержание фосфора в тех же группах было выше на 1,10 %, 2,21 % и 4,97 % соответственно. Эти результаты согласуются с активностью щелочной фосфатазы (ЩФ/ALP) – фермента, участвующего в регуляции обмена кальция и фосфора путем каталитического расщепления фосфорсодержащих соединений. Активность ЩФ в экспериментальных группах превышала контрольные показатели: во 2 группе – на 0,84 %, в 3 – на 1,21 % и в 4 – на 1,37 %. Указанные изменения наблюдаются в пределах физиологической нормы и свидетельствуют об интенсивном формировании костной ткани у молодняка свиней, особенно ярко выраженном в экспериментальных группах.

Обсуждение полученных результатов.

Результаты проведенного исследования наглядно демонстрируют, что включение в рационы кормления белого люпина (*Lupinus albus L.*) без оболочки в качестве высокопротеинового концентрата для подопытных групп позволяет снизить использование дорогостоящих высокопротеиновых кормов, таких как рыбная мука и жмыхи сои. Во 2 группе, где проводился эксперимент, рыбная мука была замещена люпином на 20 % по сравнению с контрольной группой, соевый жмых – на 33,33 %, а подсолнечный жмых – на 50,00 %. В 3 опытной группе замещение рыбной муки составила 40 %, соевого жмыха – 66,67 %, а подсолнечного – 75,00 %. В 4 опытной группе люпин заместил 60,00 % рыбной муки, а также полностью заменил соевый и подсолнечный жмыхи. Подобные результаты, связанные с замещением высокобелковых кормов люпином, ранее были зафиксированы в работе Н.В. Гапонов (2025б). Научно-хозяйственный опыт выявил улучшение зоотехнических характеристик у молодняка свиней в подопытных группах. В частности, среднесуточные привесы во 2 опытной группе увеличились на 5,86 % по сравнению с контрольной, в 3 группе – на 11,23 %, а в 4 группе – на 14,18 %. Повышение продуктивности также подтверждается результатами физиологических исследований. Показатели усвояемости питательных веществ были выше в экспериментальных группах. Во 2 опытной группе коэффициенты переваримости сырого жира и сырого протеина были выше по сравнению с контрольной на 3,09 % и 2,0 % соответственно; в 3 опытной группе – на 3,69 % и 2,50 %; а в 4 опытной группе – на 5,78 % и 2,71 %. Аналогичная тенденция наблюдалась и в отношении переваримости сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ): во 2 опытной группе – на 2,30 % и 2,47 %, в 3 – на 3,60 % и 3,58 %, а в 4 группе – на 4,80 % и 5,20 % соответственно. Полученные данные подтверждаются в других исследованиях (Николаев С.И. и др., 2023). Балансовые исследования также подтвердили эти данные, указав на лучшую сбалансированность подопытных рационов кормления по протеину и его более высокую биологическую ценность. В частности, ретенция азота была выше в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2 опытной группе – на 11,38 %, в 3 – на 14,10 %, а в 4 группе – на 15,24 %. Усвояемость азота увеличилась во 2 опытной группе на 2,57 %, в 3 группе – на 3,25 %, а в 4 группе – на 3,51 %. Эти данные коррелируют с ранее полученными исследованиями (Карапетян А.К. и др., 2023) Содержание общего белка и его фракций (альбумина и глобулина) было выше в экспериментальных группах: во 2 опытной группе уровень белка был выше на 1,10 %, в 3 группе – на 1,42 %, в 4 группе – на 3,90 %. Уровень альбумина и глобулина оказался повышенным во 2 опытной группе на 1,30 % и 0,92 %, в 3 – на 1,55 % и 1,31 %, а в 4 группе – на 3,02 % и 4,68 %. Подобные результаты встречаются в работе Леоновой М.А. и Леонова С.В. (2023). Рост концентрации общего белка и его фракций в сыворотке свидетельствует о высокой скорости обмена белков в тканях и преобладании процессов анаболизма, что положительно влияет на скорость развития молодняка свиней экспериментальных групп. Одновременно наблюдалось снижение уровня мочевины и креатинина в крови этих же групп: во 2 опытной группе – на 0,84 % и 0,11 %, в 3 группе – на 1,11 % и 0,80 %, а в 4 группе – на 2,51 % и 1,02 %, что также говорит об активизации синтеза белков в организме подопытного молодняка свиней. Зафиксированные результаты соответствуют изменениям показателей биомаркеров АСТ и АЛТ (трансфераз), которые важны для метаболизма белка, участвуют в переносе аминокрупп между кетокислотами и аминокислотами, обладают повышенной активностью в пределах нормы, что указывает на более интенсивный протеосинтез в тканях молодняка свиней. В ходе исследования уровень ферментов АСТ и АЛТ был выше в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2 опытной группе – на 0,37 % и 0,96 %, в 3 группе – на 1,58 % и 1,61 % и в 4 группе – на 2,58 % и 2,60 %. Похожие результаты были получены в работе Семеновой Ю.В. и др. (2019). Таким образом, исследование биомаркеров крови при корректировке экспериментальных рационов люпином белым без оболочки выявило активность ферментов внутриклеточного метаболизма в экспериментальных группах в пределах референтных значений, которые стимулируют синтез мышечного белка у молодняка свиней и ускоряют синтез аминокислот.

Заключение.

В ходе экспериментального исследования было выявлено, что добавление белого люпина (*Lupinus albus L.*) без оболочки в рацион подсвинков положительно сказалось на сбалансированности рационов кормления. Это позволило замещать или заменять в рационе высокобелковые корма как животного, так и растительного происхождения на декортикованный белый люпин. Включение безоболочной формы люпина в рацион положительно отразилось на физиологическом состоянии и развитии молодняка свиней, что сказалось на увеличении показателей продуктивности. Так, в подопытных группах молодняка свиней среднесуточный привес оказался выше, чем в контрольной группе: во 2 группе – на 5,86 %, в 3 – на 11,23 %, а в 4 – на 14,18 %. Параллельно с улучшением продуктивных качеств, наблюдалось сокращение затрат кормов и питательных элементов на каждый килограмм произведенной свинины: во 2 группе расход корма уменьшился на 5,54 %, в 3 – на 10 %, а в 4 – на 12,42 % по сравнению с базовыми показателями. Схожие изменения зафиксированы и в потреблении обменной энергии: во 2 опытной группе расход энергии был меньше на 5,81 %, в 3 – на 10,29 %, а в 4 – на 12,54 %. Затраты сырого протеина на каждый килограмм прироста также снизились: во 2 опытной группе – на 5,56 %, в 3 – на 10,10 %, а в 4 – на 12,44 %. Аналогичная закономерность наблюдалась и в расходе переваримого протеина: во 2 опытной группе его было израсходовано на 3,10 % меньше, в 3 группе – на 7,17 %, а в 4 группе – на 9,35 %. Анализ биохимических показателей крови не выявил отклонений, все значения находились в пределах физиологической нормы. Введение в рацион люпина стимулирует метаболизм белков и способствует увеличению концентрации общего белка в крови, а также его фракций. Рост уровня общего белка и его фракций в сыворотке крови свидетельствует об усилении процессов белкового обмена в тканях и функциональной активности клеток, что способствует более интенсивному росту молодняка. Следовательно, можно сделать вывод, что включение обрубленного (декортикованного) белого люпина в рацион подсвинков благоприятно влияет на усвоение питательных веществ корма, эффективность использования питательных веществ, удержание азота, биохимический состав крови и стимулирует обмен веществ в организме свиней, что, в свою очередь, ведет к повышению продуктивности в свиноводстве и способствует импортозамещению дорогостоящих кормов, таких как соевый жмых и рыбная мука, стимулируя производство и снижая себестоимость кормов в отечественном кормопроизводстве.

Список источников

1. Гапонов Н.В. Активность аминотрансфераз и зоотехнические показатели молодняка свиней при использовании в рационе люпина узколистного // Свиноводство. 2025а. № 6. С. 57-61. [Gaponov NV. Aminotransferase activity and zootechnical parameters of young pigs when used in the diet of narrow-leaved lupine. Pig Breeding. 2025a;6:57-61. (In Russ.)]. doi: 10.37925/0039-713X-2025-6-57-61
2. Гапонов Н.В. Метаболизм и продуктивность молодняка свиней при использовании в рационе люпина желтого // Аграрный вестник Урала. 2025б. Т. 25. № 08. С. 1209-1221. [Gaponov NV. Metabolism and productivity of young pigs when using yellow lupine in the diet. Agrarian Bulletin of the Urals. 2025b;25(08):1209-1221. (In Russ.)]. doi: 10.32417/1997-4868-2025-25-08-1209-1221
3. Гатаулина Г.Г., Медведева Н.В. Белый люпин – перспективная кормовая культура // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 10. С. 49-51. [Gataulina GG, Medvedeva NV. White lupine – a promising forage crop. Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex. 2008;10:49-51. (In Russ.)].
4. ГОСТ 13496.15-2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира. Введ. 01.01.2018. М.: Стандартиформ, 2020. 9 с. [GOST 13496.152016. Feeds, mixed feeds, feed raw material. Methods for determining the raw fat content. Vved. 01.01.2018. Moscow: Standartinform; 2020:9 p. (In Russ.)].

5. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Введ. 01.08.2020. М.: Стандартинформ, 2019. 15 с. [GOST 13496.4-2019. Fodder, mixed fodder and raw mixed fodder. Methods of nitrogen and crude protein determination. Vved. 01.08.2020. Moscow: Standartinform; 2019:15 p. (*In Russ.*)].
6. ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения сырой золы. Введ. 01.01.1997. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2023. 6 с. [GOST 26226-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of raw ash. Vved. 01.01.1997. Minsk: Mezhsudarstvennii sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii; 2023:6 p. (*In Russ.*)].
7. ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения кальция. Введ. 01.01.1997. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2003. 13 с. [GOST 26570-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of calcium. Vved. 01.01.1997. Minsk: Mezhsudarstvennii sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii; 1997:13 p. (*In Russ.*)].
8. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Введ. 01.01.1999. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. 68 с. [GOST 26657-97. Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determining of phosphorus content. Vved. 01.01.1999. Minsk: Mezhsudarstvennii sovet po standartizatsii, metrologii i sertifikatsii; 1999:68 p. (*In Russ.*)].
9. ГОСТ 28839-2017. Животные сельскохозяйственные. Свины. Зоотехнические требования к содержанию и кормлению. Введ. 01.07.2018. М.: Стандартинформ, 2017. 4 с. [GOST 28839-2017. Animals of agricultural. Pigs. Zootechnical requirements for management at fattening. Vved. 01.07.2018. Moscow: Standartinform; 2018:4 p. (*In Russ.*)].
10. ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2020. 9 с. [GOST 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fibre content with intermediate filtration. Vved. 01.07.2013. Moscow: Standartinform; 2020:9 p. (*In Russ.*)].
11. ГОСТ 51550-2000. Комбикорма-концентраты для свиней. Общие технические условия. Введ. 01.01.2001. М.: Госстандарт России, 2002. 12 с. [GOST 51550-2000. Mixed feeds-concentrates for pigs. General specifications. Vved. 01.01.2001. Moscow: Gosstandart Rossii; 2002:12 p. (*In Russ.*)].
12. ГОСТ Р 51899-2002. Комбикорма гранулированные. Общие технические условия. Введ. 01.06.2003. М.: Стандартинформ, 2002. 7 с. [GOST R 51899-2002. Granulated mixed feeds. General specifications. Vved. 01.06.2003. Moscow: Standartinform; 2002:7 p. (*In Russ.*)].
13. ГОСТ Р 57059-2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Экспресс-метод определения влаги. Введ. 01.07.2017. М.: Стандартинформ, 2020. 5 с. [GOST R 57059-2016. Feeds, compound feeds, feed raw materials. Express-method for determination of moisture. Vved. 01.06.2003. Moscow: Standartinform; 2020:5 p. (*In Russ.*)].
14. Зеленченкова А.А., Сивкина О.Н., Зайцев С.Ю. Кровь как метод оценки благополучия свиней на откорме // *Аграрный вестник Урала*, 2025. Т. 25. № 3. С. 422-433. [Zelenchenkova AA, Sivkina ON, Zaitsev SYu. Blood as a method of assessing the well-being of fattening pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025;25(3):422-433. (*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2025-25-03-422-433
15. Использование люпина в комбикормах для свиноматок / А.К. Карапетян, С.И. Николаев, И.Ю. Даниленко, Е.С. Воронцова, С.М. Бородин // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 2(70). С. 339-345. [Karapetyan AK, Nikolaev SI, Danilenko IYu, Vorontsova ES, Borodin SM. Use of lupine in compound feed for sows. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2023;2(70):339-345. (*In Russ.*)]. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-39
16. Использование люпина сорта «Деко» в кормлении свиней / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, С.М. Бородин, А.А. Провкова, И.Ю. Даниленко, С.В. Чехранова, В.В. Шкаленко, П.П. Склюев // *Главный зоотехник*. 2023. № 11(244). С. 32-41. [Nikolaev SI,

Karapetyan AK, Borodin SM, Provkova AA, Danilenko IYu, Chekhranova SV, Shkalenko VV, Sklyuev PP. The use of lupine variety "Deco" in the feeding of pigs. *Glavnii zootekhnik*. 2023;11(244):32-41. (*In Russ.*). doi: 10.33920/sel-03-2311-04

17. Кублин И.М., Прущак О.В., Санинский С.А. Люпин: переворот в производстве белковых кормов для сельскохозяйственной отрасли // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 6. С. 32-39. [Kublin IM, Prushchak OV, Saninsky SA. Lupine: a revolution in the production of protein feeds for the agricultural industry. *Agrarian Scientific Journal*. 2024;6:32-39. (*In Russ.*). doi: 10.28983/asj.y2024i6pp32-39

18. Леонова М.А., Леонов С.В. Биохимические маркеры сердечной недостаточности у свиней как признак эксудативного мяса (PSE) // *Свиноводство*. 2023. № 6. С. 22-24. [Leonova MA, Leonov SV. Biochemical markers of heart failure in pigs as a sign of exudative meat (PSE). *Svinovodstvo*. 2023;6:22-24. (*In Russ.*). doi: 10.37925/0039-713X-2023-6-22-24

19. Лукашевич М.Е., Селиванова Т.В., Свириденко Т.В. Комплексная оценка генофонда люпина белого (*Lupinus albus* L.) // *Кормопроизводство*. 2024. № 9. С. 7-11. [Lukashevitch MI, Selivanova ME, Sviridenko TV. Complex evaluation of *Lupinus Albus* L. Genebank. *Kormoproizvodstvo*. 2024;9:7-11. (*In Russ.*). doi: 10.30906/1562-0417-2024-9-7-11

20. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. М., 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, Fisinin VI, Shcheglov VV, Kleymenov NI, eds. *Normi i ratsioni kormleniya selskokhozyaistvennikh zhivotnikh: sprav. posobie*. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow; 2003:456 p. (*In Russ.*).

21. Отраднов П.И., Осипова О.С., Белоус А.А. Апробация методологии BLUP для отбора крупной белой породы свиней // *Животноводство и кормопроизводство*. 2025. Т. 108. № 1. С. 60-72. [Otradnov PI, Osipova OS, Belous AA. Testing BLUP methodology for large white pigs selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):60-72. (*In Russ.*). doi: 10.33284/2658-3135-108-1-60

22. Пташник О.П., Кулинич Р.А., Лукашевич М.И. Оценка сортов и видов люпина (*Lupinus* L.) в условиях засушливого климата Крыма // *Таврический вестник аграрной науки*. 2022. № 4(32). С. 194-202. [Ptashnik OP, Kulinich RA, Lukashevich MI. Evaluation of *Lupine* (*Lupinus* L.) varieties and species under arid climate of the Crimean peninsula. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022;4(32):194-202. (*In Russ.*).

23. Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства / И.Е. Горин, О.В. Самофалова, А.К. Карапетян и др. // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4(68). С. 334-340. [Gorin IE, Samofalova OV, Karapetyan AK, et al. Development and use of compound feeds that include non-traditional feed products in their composition. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2022;4(68):334-340. (*In Russ.*). doi: 10.32786/2071-9485-2022-04-40

24. Семенова Ю.В., Пыхтина Л.А., Савина Е.В. Активность ферментов переаминирования в крови свиней на откорме при использовании в их рационах ферментного препарата // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 4(48). С. 176-180. [Semenova YuV, Pykhtina LA, Savina EV. Interamination enzyme activity in blood of fattened pigs in case of application of an enzyme product in their rations. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;4(48):176-180. (*In Russ.*). doi: 10.18286/1816-4501-2019-4-176-180

25. Evans RJ. Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig. *Pig Journal*. 1994;32:52-57.

26. Montoro JC, Solà-Oriol D, Muns R, et al. Blood and faecal biomarkers to assess dietary energy, protein and amino acid efficiency of utilization by growing and finishing pigs. *Porcine Health Management*. 2022;8:32. doi: 10.1186/s40813-022-00273-y

References

1. Gaponov NV. Aminotransferase activity and zootechnical parameters of young pigs when used in the diet of narrow-leaved lupine. *Pig Breeding*. 2025a;6:57-61. doi: 10.37925/0039-713X-2025-6-57-61
2. Gaponov NV. Metabolism and productivity of young pigs when using yellow lupine in the diet. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025b;25(08):1209-1221. doi: 10.32417/1997-4868-2025-25-08-1209-1221
3. Gataulina GG, Medvedeva NV. White lupine – a promising forage crop. *Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex*. 2008;10:49-51.
4. State Standart 13496.152016. Feeds, mixed feeds, feed raw material. Methods for determining the raw fat content. Implementation date 01.01.2018. Moscow: Standartinform; 2020:9 p.
5. State Standart 13496.4-2019. Fodder, mixed fodder and raw mixed fodder. Methods of nitrogen and crude protein determination. Intro. 01.08.2020. Moscow: Standartinform; 2019:15 p.
6. State Standart 26226-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of raw ash. Implementation date 01.01.1997. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification; 2023:6 p.
7. State Standart 26570-95. Fodder, mixed fodder and mixed fodder raw material. Methods for determination of calcium. Implementation date 01.01.1997. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification; 1997:13 p.
8. State Standart 26657-97. Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determining of phosphorus content. Implementation date 01.01.1999. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification; 1999:68 p.
9. State Standart 28839-2017. Animals of agricultural. Pigs. Zootechnical requirements for management at fattening. Implementation date 01.07.2018. Moscow: Standartinform; 2018:4 p.
10. State Standart 31675-2012. Feeds. Methods for determination of crude fiber content with intermediate filtration. Implementation date 01.07.2013. Moscow: Standartinform; 2020:9 p.
11. State Standart 51550-2000. Mixed feeds-concentrates for pigs. General specifications. Implementation date 01.01.2001. Moscow: State Standard of Russia; 2002:12 p.
12. State Standart R 51899-2002. Granulated mixed feeds. General specifications. Implementation date 01.06.2003. Moscow: Standartinform; 2002:7 p.
13. State Standart R 57059-2016. Feeds, compound feeds, feed raw materials. Express-method for determination of moisture. Implementation date 01.06.2003. Moscow: Standartinform; 2020:5 p.
14. Zelenchenkova AA, Sivkina ON, Zaitsev SYu. Blood as a method of assessing the well-being of fattening pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025;25(3):422-433. doi: 10.32417/1997-4868-2025-25-03-422-433
15. Karapetyan AK, Nikolaev SI, Danilenko IYu, Vorontsova ES, Borodin SM. Use of lupine in compound feed for sows. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2023;2(70):339-345. doi: 10.32786/2071-9485-2023-02-39
16. Nikolaev SI, Karapetyan AK, Borodin SM, Provkova AA, Danilenko IYu, Chekhranova SV, Shkalenko VV, Sklyuev PP. The use of lupine variety "Deco" in the feeding of pigs. *Chief Zootechnician*. 2023;11(244):32-41. doi: 10.33920/sel-03-2311-04
17. Kublin IM, Prushchak OV, Saninsky SA. Lupine: a revolution in the production of protein feeds for the agricultural industry. *Agrarian Scientific Journal*. 2024;6:32-39. doi: 10.28983/asj.y2024i6pp32-39
18. Leonova MA, Leonov SV. Biochemical markers of heart failure in pigs as a sign of exudative meat (PSE). *Pig Farming*. 2023;6:22-24. doi: 10.37925/0039-713X-2023-6-22-24
19. Lukashevitch MI, Selivanova ME, Sviridenko TV. Complex evaluation of *Lupinus Albus L.* Genebank. *Forage Production*. 2024;9:7-11. doi: 10.30906/1562-0417-2024-9-7-11
20. Kalashnikov AP, Fisinin VI, Shcheglov VV, Kleymenov NI, eds. Feeding standards and rations for farm animals: reference manual. 3-e ed, revised and supplemented. Moscow; 2003: 456 p.

21. Otradnov PI, Osipova OS, Belous AA. Testing BLUP methodology for large white pigs selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):60-72. doi: 10.33284/2658-3135-108-1-60
22. Ptashnik OP, Kulinich RA, Lukashevich MI. Evaluation of Lupine (*Lupinus L.*) varieties and species under arid climate of the Crimean peninsula. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022;4(32):194-202.
23. Gorin IE, Samofalova OV, Karapetyan AK, et al. Development and use of compound feeds that include non-traditional feed products in their composition. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2022;4(68):334-340. doi: 10.32786/2071-9485-2022-04-40
24. Semenova YuV, Pykhtina LA, Savina EV. Interamination enzyme activity in blood of fattened pigs in case of application of an enzyme product in their rations. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;4(48):176-180. doi: 10.18286/1816-4501-2019-4-176-180
25. Evans RJ. Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig. *Pig Journal*. 1994;32:52-57.
26. Montoro JC, Solà-Oriol D, Muns R, et al. Blood and faecal biomarkers to assess dietary energy, protein and amino acid efficiency of utilization by growing and finishing pigs. *Porcine Health Management*. 2022;8:32. doi: 10.1186/s40813-022-00273-y

Информация об авторе:

Николай Васильевич Гапонов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, отдел переработки и пищевого использования люпина, Всероссийский НИИ люпина-филиал Федерального научного центра «ВИК им. В.Р. Вильямса», 241524, Россия, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Берёзовая, 2.

Information about the authors:

Nikolay V Gaponov, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Department of Lupine Processing and Food Use, All-Russian Lupine Research Institute – Branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Bryansk region, Bryansk district, Michutinskiy village, st. Beryozovaya, 2, Russia, 241524.

Статья поступила в редакцию 26.08.2025; одобрена после рецензирования 15.01.2026; принята к публикации 16.03.2026.

The article was submitted 26.08.2025; approved after reviewing 15.01.2026; accepted for publication 16.03.2026.