

## Метаболизм и продуктивность молодняка свиней при использовании в рационе люпина желтого

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 – изучить влияние желтого люпина без оболочки сорта Булат, используемого в качестве источника растительного протеина в рационах, на переваримость питательных веществ, азотистый баланс, биохимический состав крови и параметры продуктивности молодняка свиней. **Научная новизна.** В данном исследовании рассматривается перспектива использования низкоалкалоидного желтого люпина (*Lupinus luteus* L.) без оболочки сорта Булат в качестве полноценной альтернативы соевым и высокопротеиновым кормам растительного и животного происхождения при составлении рационов для молодняка свиней. **Методы исследования.** Установлено, что включение желтого люпина в состав рационов молодняка свиней позволяет снизить или заменить соевые корма в опытных группах 2, 3 и 4 на 33,3 %, 60 % и 100 % соответственно. **Результаты.** Результаты исследований подтверждается, что декортикация позволяет в большем объеме заменить высокопротеиновые корма растительного и животного происхождения желтым люпином. Экспериментальные данные указывают на то, что наибольшая продуктивность отмечалась у молодняка свиней опытных групп: в группах 2, 3 и 4 среднесуточные приросты были выше по сравнению с контрольной группой на 6,01 %, 10,54 % и 14,7 % соответственно. В процессе изучения затрат кормов и питательных веществ на получение прироста было установлено, что наименьшие затраты на получение единицы продукции наблюдались в опытных группах. Затраты обменной энергии во 2-й опытной группе по сравнению с контрольной были ниже на 6,08 %, в 3-й – на 10,26 %, а в 4-й – на 13,76 %. Подобная закономерность наблюдается и в затратах на корма: в группах 2, 3 и 4 они были меньше на 5,67 %, 9,54 % и 12,82 % соответственно. В балансовом эксперименте было установлено, что эффективность усвоения азота была максимальной у подопытных животных при расчете от принятого корма: во 2-й опытной группе – на 4,20 % выше, в 3-й группе – на 6,10 %, а в 4-й – на 8,21 %. Усвоение азота от переваренного корма составило во 2-й опытной группе 3,65 %, в 3-й – 5,32 %, а в 4-й – 7,03 % соответственно. Коэффициенты переваримости сырого протеина были выше в опытных группах (группах 2, 3 и 4) на 2,2 %, 3,1 % и 4,21 %.

**Ключевые слова:** люпин желтый, конверсия, ретенция, экскреция, баланс азота, биомаркер, аминотрансфераза

**Для цитирования:** Гапонов Н. В. Метаболизм и продуктивность молодняка свиней при использовании в рационе люпина желтого // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1209–1221. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1209-1221>.

**Дата поступления статьи:** 01.07.2025, **дата рецензирования:** 04.07.2025, **дата принятия:** 16.07.2025.

## Metabolism and productivity of young pigs when using yellow lupine in the diet

N. V. Gaponov

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

E-mail: nv.1000@bk.ru

**Abstract.** The purpose is to study the effect of yellow lupine without a shell of the Bulat variety, used as a source of vegetable protein in diets, on the digestibility of nutrients, nitrogen balance, biochemical composition of blood and productivity parameters of young pigs. **Scientific novelty.** This study examines the prospect of using low-alkaloid yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) without a Bulat shell as a full-fledged alternative to soy and high-protein feeds of plant and animal origin in the preparation of diets for young pigs. **Research methods.** It was found that the inclusion of yellow lupine in the diets of young pigs makes it possible to reduce or replace soy feeds in experimental groups 2, 3 and 4 by 33.3 %, 60 % and 100 %, respectively. **Results.** The research results confirm that decortication makes it possible to replace high-protein feeds of plant and animal origin with yellow lupine to a greater extent. Experimental data indicate that the highest productivity was observed in young pigs of the experimental groups: in groups 2, 3 and 4, the average daily gains were higher than in the control group by 6.01 %, 10.54 % and 14.7 %, respectively. In the process of studying the cost of feed and nutrients to obtain an increase, it was found that the lowest cost of obtaining a unit of production was observed in the experimental groups. The exchange energy costs in the 2nd experimental group were 6.08 % lower than in the control group, 10.26 % lower in the 3rd experimental group, and 13.76 % lower in the 4th experimental group. A similar pattern is observed in feed costs: in groups 2, 3, and 4, they were 5.67 %, 9.54 %, and 12.82 % lower, respectively. In the balance experiment, it was found that the efficiency of nitrogen assimilation was maximal in experimental animals when calculating the amount of feed taken: in the 2nd experimental group – by 4.20 % higher, in the 3rd group – by 6.10 %, and in the 4th – by 8.21 %. Nitrogen absorption from digested feed was 3.65 % in the 2nd experimental group, 5.32 % in the 3rd, and 7.03 % in the 4th, respectively. The coefficients of digestibility of crude protein were higher in the experimental groups (groups 2, 3 and 4) by 2.2 %, 3.1 % and 4.21 %.

**Keywords:** yellow lupine, conversion, retention, excretion, nitrogen balance, biomarker, aminotransferase

**For citation:** Gaponov N. V. Metabolism and productivity of young pigs when using yellow lupine in the diet. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1209–1221. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1209-1221>. (In Russ.)

**Date of paper submission:** 01.07.2025, **date of review:** 04.07.2025, **date of acceptance:** 16.07.2025.

### Постановка проблемы (Introduction)

Ключевым условием для раскрытия генетической предрасположенности молодняка свиней к высокой продуктивности по-прежнему является полноценный и сбалансированный рацион. Несмотря на достигнутые успехи в сферах физиологии и биохимии кормления, задача оптимизации рационов для свиней с применением белковых кормов остается весьма актуальной. Для ее эффективного решения необходимо внедрение новых методов, сосредоточенных на поиске как традиционных, так и нетрадиционных источников протеина, а также на увеличении эффективности использования высокобелковых и энергоемких кормов [1–3]. В современных условиях лишь комплексный подход к вопросам питания свиней в различных регионах страны может обеспечить высокую биологическую полноценность рационов, что, в свою очередь, способствует увеличению их продуктивности. Основой

такой системы служат принципы рационального использования кормов собственного производства, использование как привычных, так и малоизученных кормовых средств, а также разработка новых белковых добавок [4–6].

В условиях интенсивного производства свинины ключевым фактором является достаточное обеспечение рационов кормления протеином. Потребность в протеине увеличивается настолько быстро, что покрыть ее исключительно за счет расширения объемов традиционных белковых кормов становится сложно. В последние годы ситуация осложняется не только увеличением потребности в белке для свиней, но и ограничениями, связанными с традиционными источниками кормов, такими как соя и другие растительные протеины, что требует поиска новых подходов и решений. В связи с этим важность исследования данной проблематики сегодня общепризнана. Требуется расширить и углубить

эти работы, опираясь на новую теоретическую базу, с учетом особенностей развития кормопроизводства в конкретных регионах [7–9]. Климатические условия большинства российских регионов не способствуют эффективному возделыванию сои, которая является важным компонентом комбикормов для молодняка свиней. Объемы производства сои на Дальнем Востоке, в Краснодарском крае и южных регионах не способны удовлетворить растущие потребности свиноводства в этом важном белковом сырье. В качестве альтернативы в кормопроизводстве начали использовать отечественные низкоалкалоидные сорта люпина желтого, который может содержать до 45 % протеина. Однако, для того чтобы эффективно заменить традиционные источники кормового белка люпином, необходимо тщательно изучить влияние каждого потенциального сорта этой культуры на продуктивность и здоровье свиней, что позволит открыть широкие перспективы для создания новых теоретических и практических подходов к эффективному использованию протеина люпина в свиноводстве [10; 11].

Повышенная урожайность и возможность выращивания люпина в регионах, где не культивируют сою или где ее урожайность невысока, вызывают растущий интерес к люпину желтому на фоне проблемы нехватки белка для кормления молодняка свиней. В стране разработаны отечественные сорта люпина с низким содержанием алкалоидов, которые могут использоваться в качестве замены соевым продуктам (жмыхам, шротам) в кормопроизводстве, так как люпин значительно обогащен белком и аминокислотами по сравнению с другими зернобобовыми. В 1 кг семян люпина желтого в среднем около 450 г протеина, а также необходимое количество аминокислот: 17,2 г треонина, 14,4 г лизина, 4,2 г метионина, 14,1 г гистидина, 3,8 г триптофана, 40,0 г аргинина, 31,6 г лейцина, 15,5 г изолейцина и 20,6 г фенилаланина [12–14].

Цель исследования – изучить влияние желтого люпина без оболочки сорта Булат, используемого в качестве источника растительного протеина в рационах, на переваримость питательных веществ, азотистый баланс, биохимический состав крови и параметры продуктивности молодняка свиней.

#### **Методология и методы исследования (Methods)**

Нами был осуществлен комплексный научно-хозяйственный и физиологический эксперимент, направленный на изучение биоконверсии кормов на основе желтого люпина и их влияния на продуктивность молодняка свиней. В рамках исследования были сформированы четыре группы молодняка свиней (одна контрольная и три экспериментальные), каждая из которых состояла из 10 голов. Эксперимент проводился на клинически здоровых свиньях крупной белой породы, содержащихся в

условиях хозяйства ООО «Дружба» в Брянской области РФ. Формирование групп осуществлялось по принципу пар-аналогов с учетом таких параметров, как возраст, живая масса, пол и уровень развития животных. Молодняк свиней содержали в одинаковых условиях, соответствующих зоогигиеническим требованиям ГОСТ 28839-2017.

В процессе опыта был использован концентрированный тип кормления в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51899-2002. Условия кормления были следующими: первая контрольная группа молодняка свиней получала стандартный рацион, полностью соответствующий потребностям по всем питательным веществам, согласно рекомендациям [16; 17]. В рацион второй, третьей и четвертой групп добавляли желтый люпин без оболочки в количестве 10 %, 15 % и 20 % соответственно, частично или полностью заменяя соевый шрот и другие высокопротеиновые корма. Схема исследований представлены в таблице 1.

В процессе научно-хозяйственного опыта на молодняке свиней в возрасте от трех до шести месяцев анализировались общий прирост массы, среднесуточное увеличение веса, расход кормов и питательных веществ на единицу прироста. Условия содержания молодняка свиней во всех группах были одинаковыми. В завершение опыта был проведен физиологический балансовый эксперимент, по результатам которого были определены коэффициенты усвояемости питательных веществ, азотный баланс, а также исследованы биохимические показатели крови.

Физиологический опыт был разделен на два этапа: первый – подготовительный (5 суток) для исключения влияния предыдущего рациона, второй – учетный (экспериментальный, 5 суток); в течение этого этапа осуществлялся учет потребленного корма, его остатков, а также экскрементов и мочи. Режим кормления молодняка свиней в подопытных группах соответствовал режиму кормления в контрольной группе. Отбор биологического материала осуществлялся ежедневно в строго определенное время (утром и вечером). При каждом отборе для анализа отбирали 50 % гомогенизированной массы экскрементов.

Забор крови для исследований осуществлялся у животных (по 5 особей из каждой группы) из хвостовой вены, в конце опытов в возрасте 6 месяцев. Биохимические исследования сыворотки крови, включавшие определение общего белка, кальция, фосфора и других веществ, осуществлялись в течение первых 2–3 часов после получения образцов с использованием наборов от компании High Technology Inc. (США) на полуавтоматическом анализаторе BioChem SA (США), строго следуя рекомендациям производителя.

Таблица 1  
Схема научного опыта

| Группа       | Структура комбикорма                                                                                                                                                                                              |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 – контроль | ОР – основной рацион хозяйства                                                                                                                                                                                    |
| 2 – опыт     | <b>ОР – люпин без оболочки 10 %.</b> Замещены люпином: мука рыбная на 33 %, шрот соевый на 33,3 %, ячмень на 12 %, овес на 8 %, жмых подсолнечный на 30 %, сухое молоко на 14,29 %, масло растительное на 25 %    |
| 3 – опыт     | <b>ОР – люпин без оболочки 15 %.</b> Замещены люпином: мука рыбная на 50 %, шрот соевый на 60 %, ячмень на 18,75 %, овес на 8,3 %, жмых подсолнечный на 50 %, сухое молоко на 57,14 %, масло растительное на 50 % |
| 4 – опыт     | <b>ОР – люпин без оболочки 22 %.</b> Замещены люпином: мука рыбная на 60 %, шрот соевый на 100 %, ячмень на 25 %, овес на 16,6 %, масло растительное на 50 %, сухое молоко на 58,57 %, жмых подсолнечный на 90 %  |

Table 1  
The scheme of scientific experience

| Group           | The structure of feed recipes                                                                                                                                                                             |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 – control     | BD – basic diet                                                                                                                                                                                           |
| 2 – experienced | <b>BD – lupine without shell 10 %.</b> Replaced with lupine: fish meal by 33 %, soy meal by 33.3 %, barley by 12 %, oats by 8 %, sunflower cake by 30 %, milk powder by 14.29 %, vegetable oil by 25 %    |
| 3 – experienced | <b>BD – lupine without shell 15 %.</b> Replaced with lupine: fish meal by 50 %, soy meal by 60 %, barley by 18.75 %, oats by 8.3 %, sunflower cake by 50 %, milk powder by 57.14 %, vegetable oil by 50 % |
| 4 – experienced | <b>BD – lupine without shell 22 %.</b> Replaced with lupine: fish meal by 60 %, soy meal by 100 %, barley by 25 %, oats by 16.6 %, vegetable oil by 50 %, milk powder by 58.57 %, sunflower cake by 90 %  |

В экспериментах применялся сорт желтого люпина Булат. Содержание сырого протеина в семенах составляет 45 %, алкалоидов – 0,06 %. Для уменьшения количества клетчатки люпин проходил процесс декорткации (удаления внешней оболочки) на дисковой центробежной шелушильной машине ДШЛ-500д, изготовленной компанией «Агропродмаш» (Россия) [18].

Определение химического состава люпина без оболочки, а также разработанных на его основе комбикормов и биологических выделений проводилось по стандартным методикам зооанализа. Первоначальную влагу определяли по ГОСТ Р 57059-2016, сырую клетчатку – по методу Геннеберга и Штомана, сырую золу – по ГОСТ 26226-95, сырой жир – по обезжиренному остатку (ГОСТ 13496.15-2016), протеин – по ГОСТ 13496.4-2019, кальций – осалатным методом (ГОСТ 26570-95), фосфор – колориметрическим (ГОСТ 26657-97), безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – расчетным.

По завершении обработки информации в специализированном программном обеспечении GraphPad Prism 8.0 были вычислены средние значения и соответствующие им стандартные ошибки. Для определения статистической значимости различий между группами применялся однофакторный дисперсионный анализ с последующим использованием апостериорных тестов для множественного сравнения – методов Тьюки и Сидака. Критерием достоверности различий был выбран уровень  $p < 0,05$ .

### Результаты (Results)

Для достижения оптимального баланса питательных веществ в комбикормах и кормовых смесях необходима детальная характеристика питательной ценности основных компонентов. В детализированных нормах кормления сельскохозяйственных животных обычно приводятся сведения о параметрах питательности. Данные о питательности и химическом составе исходного сырья, как правило, включают сведения об уровне обменной энергии, количестве протеина, аминокислотном составе, а также о содержании жира, клетчатки, минеральных веществ и витаминов.

В структуру рациона входили компоненты как животного, так и растительного происхождения. Рационы опытных групп и контрольный рацион были сбалансированы по основным питательным веществам. Включение люпина желтого в структуру рациона позволило частично заместить или полностью заменить соевый шрот и другие высокопротеиновые корма как животного, так и растительного происхождения. Благодаря добавлению люпина желтого без оболочки в рационы опытных групп удалось обеспечить необходимое содержание сырого протеина, аминокислот и обменной энергии. Витамины, а также необходимые макро- и микроэлементы, были восполнены за счет использования премикса и трикальцийфосфата.

Таблица 2  
Структура и питательность комбикорма

| Показатели                           | 1<br>контрольная | 2<br>опытная | 3<br>опытная | 4<br>опытная |
|--------------------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| Люпин желтый Булат, %                | 0                | 10           | 15           | 22           |
| Пшеница, %                           | 31               | 33           | 37           | 42           |
| Ячмень, %                            | 8                | 7            | 6,5          | 6            |
| Овёс, %                              | 12               | 11           | 11           | 10           |
| Кукуруза, %                          | 14               | 14           | 14           | 14           |
| Соевый шрот, %                       | 15               | 10           | 6            | 0            |
| Подсолнечный жмых, %                 | 10               | 7            | 5            | 1            |
| Рыбная мука (60–65 %), %             | 3                | 2            | 1,5          | 1,2          |
| Сухое молоко, %                      | 3,5              | 3            | 1,5          | 1,1          |
| Масло растительное, %                | 2                | 1,5          | 1            | 1            |
| Премикс (КС-3), %                    | 1                | 1            | 1            | 1            |
| Трикальцийфосфат, %                  | 0,3              | 0,3          | 0,3          | 0,4          |
| Соль, %                              | 0,2              | 0,2          | 0,2          | 0,3          |
| <b>Итого</b>                         | <b>100</b>       | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   |
| <b>В 1 кг комбикорма содержится:</b> |                  |              |              |              |
| ЭКЕ                                  | 1,38             | 1,37         | 1,36         | 1,37         |
| ОЭ, МДж                              | 13,80            | 13,74        | 13,69        | 13,65        |
| Сырой протеин, г                     | 214,79           | 215,78       | 214,96       | 214,37       |
| Лизин, г                             | 69,91            | 70,75        | 71,22        | 72,24        |
| Метионин + цистин, г                 | 6,12             | 5,88         | 5,32         | 5,77         |
| Триптофан, г                         | 3,47             | 3,24         | 3,13         | 2,93         |
| Сырой жир, г                         | 55,15            | 43,08        | 39,86        | 36,60        |
| Сырая клетчатка, г                   | 37,22            | 35,85        | 31,41        | 30,55        |
| Крахмал, г                           | 421,01           | 442,96       | 476,65       | 514,17       |
| Сахар, г                             | 296,71           | 279,83       | 292,61       | 302,13       |
| Кальций, г                           | 13,86            | 13,79        | 12,74        | 12,75        |
| Фосфор, г                            | 4,60             | 3,53         | 2,75         | 2,79         |
| Магний, г                            | 3,12             | 3,23         | 3,34         | 3,40         |
| Калий, г                             | 5,43             | 4,14         | 3,10         | 3,68         |
| Сера, г                              | 2,91             | 2,74         | 2,69         | 2,55         |
| Железо, мг                           | 64,86            | 46,92        | 33,13        | 31,53        |
| Медь, мг                             | 26,00            | 24,50        | 24,79        | 24,46        |
| Цинк, мг                             | 20,28            | 18,44        | 16,66        | 14,22        |
| Марганец, мг                         | 22,72            | 22,69        | 22,74        | 22,04        |
| Кобальт, мг                          | 23,72            | 24,34        | 26,27        | 28,32        |
| Йод, мг                              | 0,25             | 0,19         | 0,16         | 0,11         |
| Каротин, мг                          | 0,83             | 0,74         | 0,63         | 0,61         |
| Витамин А, тыс. МЕ                   | 180,52           | 170,61       | 180,56       | 188,59       |
| Витамин Д, тыс. МЕ                   | 8,62             | 6,61         | 3,85         | 2,35         |
| Витамин Е, мг                        | 5,74             | 4,62         | 3,74         | 2,54         |
| Витамин В1, мг                       | 8,36             | 7,85         | 7,86         | 7,65         |
| Витамин В2, мг                       | 3,81             | 3,46         | 3,27         | 3,07         |
| Витамин В3, мг                       | 5,40             | 4,09         | 3,18         | 1,74         |
| Витамин В4, мг                       | 486,83           | 371,92       | 265,61       | 123,24       |
| Витамин В5, мг                       | 525,31           | 516,66       | 544,69       | 568,08       |
| Витамин В12, мкг                     | 35,72            | 32,95        | 33,00        | 33,93        |

Table 2

*Nutritional value of complete compound feeds*

| <i>Indicators</i>                      | <i>1 control</i> | <i>2 experienced</i> | <i>3 experienced</i> | <i>4 experienced</i> |
|----------------------------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Yellow lupine Bulat, %</i>          | 0                | 10                   | 15                   | 22                   |
| <i>Wheat, %</i>                        | 31               | 33                   | 37                   | 42                   |
| <i>Barley, %</i>                       | 8                | 7                    | 6.5                  | 6                    |
| <i>Oats, %</i>                         | 12               | 11                   | 11                   | 10                   |
| <i>Corn, %</i>                         | 14               | 14                   | 14                   | 14                   |
| <i>Soy meal, %</i>                     | 15               | 10                   | 6                    | 0                    |
| <i>Sunflower oil cake, %</i>           | 10               | 7                    | 5                    | 1                    |
| <i>Fish meal (60–65 %), %</i>          | 3                | 2                    | 1.5                  | 1.2                  |
| <i>Milk powder, %</i>                  | 3.5              | 3                    | 1.5                  | 1.1                  |
| <i>Vegetable oil, %</i>                | 2                | 1.5                  | 1                    | 1                    |
| <i>Premix (KS-3), %</i>                | 1                | 1                    | 1                    | 1                    |
| <i>Tricalcium phosphate, %</i>         | 0.3              | 0.3                  | 0.3                  | 0.4                  |
| <i>Salt, %</i>                         | 0.2              | 0.2                  | 0.2                  | 0.3                  |
| <b>Total</b>                           | 100              | 100                  | 100                  | 100                  |
| <b>1 kg of compound feed contains:</b> |                  |                      |                      |                      |
| <i>EFU</i>                             | 1.38             | 1.37                 | 1.36                 | 1.37                 |
| <i>OE, MJ</i>                          | 13.80            | 13.74                | 13.69                | 13.65                |
| <i>Crude protein, g</i>                | 214.79           | 215.78               | 214.96               | 214.37               |
| <i>Lysine, g</i>                       | 69.91            | 70.75                | 71.22                | 72.24                |
| <i>Methionine + cystine, g</i>         | 6.12             | 5.88                 | 5.32                 | 5.77                 |
| <i>Tryptophan, g</i>                   | 3.47             | 3.24                 | 3.13                 | 2.93                 |
| <i>Raw fat, g</i>                      | 55.15            | 43.08                | 39.86                | 36.60                |
| <i>Crude fiber, g</i>                  | 37.22            | 35.85                | 31.41                | 30.55                |
| <i>Starch, g</i>                       | 421.01           | 442.96               | 476.65               | 514.17               |
| <i>Sugar, g</i>                        | 296.71           | 279.83               | 292.61               | 302.13               |
| <i>Calcium, g</i>                      | 13.86            | 13.79                | 12.74                | 12.75                |
| <i>Phosphorus, g</i>                   | 4.60             | 3.53                 | 2.75                 | 2.79                 |
| <i>Magnesium, g</i>                    | 3.12             | 3.23                 | 3.34                 | 3.40                 |
| <i>Potassium, g</i>                    | 5.43             | 4.14                 | 3.10                 | 3.68                 |
| <i>Sulfur, g</i>                       | 2.91             | 2.74                 | 2.69                 | 2.55                 |
| <i>Iron, mg</i>                        | 64.86            | 46.92                | 33.13                | 31.53                |
| <i>Honey, mg</i>                       | 26.00            | 24.50                | 24.79                | 24.46                |
| <i>Zinc, mg</i>                        | 20.28            | 18.44                | 16.66                | 14.22                |
| <i>Manganese, mg</i>                   | 22.72            | 22.69                | 22.74                | 22.04                |
| <i>Cobalt, mg</i>                      | 23.72            | 24.34                | 26.27                | 28.32                |
| <i>Iodine, mg</i>                      | 0.25             | 0.19                 | 0.16                 | 0.11                 |
| <i>Carotene, mg</i>                    | 0.83             | 0.74                 | 0.63                 | 0.61                 |
| <i>Vitamin A, thousand IU</i>          | 180.52           | 170.61               | 180.56               | 188.59               |
| <i>Vitamin D, thousand IU</i>          | 8.62             | 6.61                 | 3.85                 | 2.35                 |
| <i>Vitamin E, mg</i>                   | 5.74             | 4.62                 | 3.74                 | 2.54                 |
| <i>Vitamin B1, mg</i>                  | 8.36             | 7.85                 | 7.86                 | 7.65                 |
| <i>Vitamin B2, mg</i>                  | 3.81             | 3.46                 | 3.27                 | 3.07                 |
| <i>Vitamin B3, mg</i>                  | 5.40             | 4.09                 | 3.18                 | 1.74                 |
| <i>Vitamin B4, mg</i>                  | 486.83           | 371.92               | 265.61               | 123.24               |
| <i>Vitamin B5, mg</i>                  | 525.31           | 516.66               | 544.69               | 568.08               |
| <i>Vitamin B12, mcg</i>                | 35.72            | 32.95                | 33.00                | 33.93                |

Интенсивность метаболических процессов организма в постэмбриогенезе определяется скоростью роста как важнейшим показателем. Одним из главных критериев, отражающих развитие молодняка свиней, является их живая масса, которая

напрямую зависит от качества и сбалансированности кормов. На основе среднесуточного прироста рассчитываются показатели, характеризующие скорость роста животных за определенный период. Экспериментальные данные свидетельствуют о

том, что включение в рацион молодняка свиней люпина желтого без оболочки оказывает благотворное влияние на увеличение их живой массы (таблица 3). Наибольшая продуктивность отмечалась у молодняка свиней опытных групп: в 2-й опытной группе среднесуточные приросты были выше по сравнению с контрольной на 6,01 %, в 3-й опытной – на 10,54 %, в 4-й – на 14,7 %.

В свиноводстве основное внимание уделяется увеличению объемов производства свинины высокого качества при одновременном стремлении снизить расход кормов на получение единицы продукции. В процессе изучения затрат кормов и питательных веществ на получение прироста было

установлено, что наименьшие затраты на получение единицы продукции были в опытных группах. Затраты обменной энергии во 2-й опытной группе по сравнению с контрольной были ниже на 6,08 %, в 3-й опытной – на 10,26 %, а в 4-й опытной – на 13,76 %. Затраты сырого протеина на 1 кг прироста во 2-й опытной группе были меньше на 5,23 %, в 3-й – на 9,47 %, а в 4-й – на 12,99 %. Затраты переваримого протеина во 2-й опытной группе были меньше на 4,68 %, в 3-й – на 8,93 %, а в 4-й – на 12,47 %. Подобная закономерность наблюдается и в затратах на корма: во 2-й опытной группе они были меньше на 5,67 %, в 3-й – на 9,54 %, а в 4-й – на 12,82 %.

Таблица 3  
Зоотехнические показатели молодняка свиней ( $\bar{X} \pm Se$ ,  $n = 5$ )

| Показатели                            | 1<br>контроль | 2<br>опыт     | 3<br>опыт     | 4<br>опыт     |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Живая масса, кг:                      |               |               |               |               |
| в начале опыта                        | 29,85 ± 0,37  | 29,25 ± 0,38  | 30,17 ± 0,045 | 29,91 ± 0,39  |
| в конце опыта                         | 82,3 ± 1,71   | 84,85 ± 1,69  | 88,15 ± 1,70  | 90,07 ± 1,52* |
| Валовый прирост, кг                   | 52,45 ± 1,12  | 55,6 ± 1,11   | 57,98 ± 1,19  | 60,16 ± 1,01* |
| Среднесуточный прирост, г             | 519,31 ± 10,5 | 550,50 ± 11,1 | 574,06 ± 10,9 | 595,64 ± 10,1 |
| % к контролю                          | –             | +6,01         | +10,54        | +14,70        |
| Затраты на 1 кг прироста живой массы: |               |               |               |               |
| МДж                                   | 31,57 ± 0,51  | 29,65 ± 0,19  | 28,33 ± 0,21  | 27,23 ± 0,18  |
| % к контролю                          | –             | –6,08         | –10,26        | –13,76        |
| Сырого протеина, г                    | 491,42 ± 9,11 | 465,71 ± 10,1 | 444,90 ± 8,15 | 427,60 ± 9,01 |
| % к контролю                          | 100           | –5,23         | –9,47         | –12,99        |
| Переваримого протеина, г              | 388,21 ± 8,11 | 370,06 ± 7,79 | 353,54 ± 8,21 | 339,79 ± 6,98 |
| % к контролю                          | –             | –4,68         | –8,93         | –12,47        |
| Корма, кг                             | 2,29 ± 0,09   | 2,16 ± 0,05   | 2,07 ± 0,06   | 1,99 ± 0,02   |
| % к контролю                          | –             | –5,67         | –9,54         | –12,82        |

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки,  $n = 5$  для всех групп; \*  $p < 0,05$  по сравнению с контрольной группой.

Table 3  
Zootechnical parameters of young pigs ( $\bar{X} \pm Se$ ,  $n = 5$ )

| Indicators                         | 1<br>control  | 2<br>experienced | 3<br>experienced | 4<br>experienced |
|------------------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|
| Live weight, kg:                   |               |                  |                  |                  |
| at the beginning of the experiment | 29.85 ± 0.37  | 29.25 ± 0.38     | 30.17 ± 0.045    | 29.91 ± 0.39     |
| at the end of the experiment       | 82.3 ± 1.71   | 84.85 ± 1.69     | 88.15 ± 1.70     | 90.07 ± 1.52*    |
| Gross increase, kg                 | 52.45 ± 1.12  | 55.6 ± 1.11      | 57.98 ± 1.19     | 60.16 ± 1.01*    |
| Average daily increase, g          | 519.31 ± 10.5 | 550.50 ± 11.1    | 574.06 ± 10.9    | 595.64 ± 10.1    |
| % compared to the control          | –             | +6.01            | +10.54           | +14.70           |
| Cost per kg of body weight gain:   |               |                  |                  |                  |
| MJ                                 | 31.57 ± 0.51  | 29.65 ± 0.19     | 28.33 ± 0.21     | 27.23 ± 0.18     |
| % to control                       | –             | –6.08            | –10.26           | –13.76           |
| Crude protein, g                   | 491.42 ± 9.11 | 465.71 ± 10.1    | 444.90 ± 8.15    | 427.60 ± 9.01    |
| % of the control                   | 100           | –5.23            | –9.47            | –12.99           |
| Digestible protein, g              | 388.21 ± 8.11 | 370.06 ± 7.79    | 353.54 ± 8.21    | 339.79 ± 6.98    |
| % of the control                   | –             | –4.68            | –8.93            | –12.47           |
| Feed, kg                           | 2.29 ± 0.09   | 2.16 ± 0.05      | 2.07 ± 0.06      | 1.99 ± 0.02      |
| % to control                       | –             | –5.67            | –9.54            | –12.82           |

Note. The data is presented as an average and standard error,  $n = 5$  for all groups; \*  $p < 0.05$  compared to the control group.

Таблица 4  
Переваримость питательных веществ корма ( $X \pm Se$ ,  $n = 5$ ), %

| Показатели            | 1<br>контроль    | 2<br>опыт         | 3<br>опыт         | 4<br>опыт         |
|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Сухое вещество        | 76,61 $\pm$ 0,15 | 77,81 $\pm$ 0,14* | 78,17 $\pm$ 0,21* | 80,23 $\pm$ 0,19  |
| Органическое вещество | 78,10 $\pm$ 0,11 | 79,35 $\pm$ 0,21  | 80,24 $\pm$ 0,33  | 82,11 $\pm$ 0,23* |
| Сырой протеин         | 75,69 $\pm$ 0,33 | 77,89 $\pm$ 0,31  | 78,79 $\pm$ 0,41  | 79,90 $\pm$ 0,27* |
| Сырой жир             | 66,9 $\pm$ 0,22  | 68,7 $\pm$ 0,51   | 69,3 $\pm$ 0,30*  | 69,9 $\pm$ 0,23   |
| Сырая клетчатка       | 25,0 $\pm$ 0,21  | 26,8 $\pm$ 0,22   | 28,6 $\pm$ 0,29   | 28,8 $\pm$ 0,11   |
| БЭВ                   | 81,12 $\pm$ 1,71 | 83,30 $\pm$ 0,91  | 84,11 $\pm$ 0,77  | 88,29 $\pm$ 1,24  |

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки,  $n = 5$  для всех групп; \*  $p < 0,05$  по сравнению с контрольной группой.

Table 4  
Digestibility of feed nutrients ( $X \pm Se$ ,  $n = 5$ ), %

| Indicators     | 1<br>control     | 2<br>experienced  | 3<br>experienced  | 4<br>experienced  |
|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Dry matter     | 76.61 $\pm$ 0.15 | 77.81 $\pm$ 0.14* | 78.17 $\pm$ 0.21* | 80.23 $\pm$ 0.19  |
| Organic matter | 78.10 $\pm$ 0.11 | 79.35 $\pm$ 0.21  | 80.24 $\pm$ 0.33  | 82.11 $\pm$ 0.23* |
| Crude protein  | 75.69 $\pm$ 0.33 | 77.89 $\pm$ 0.31  | 78.79 $\pm$ 0.41  | 79.90 $\pm$ 0.27* |
| Raw fat        | 66.9 $\pm$ 0.22  | 68.7 $\pm$ 0.51   | 69.3 $\pm$ 0.30*  | 69.9 $\pm$ 0.23   |
| Crude Fiber    | 25.0 $\pm$ 0.21  | 26.8 $\pm$ 0.22   | 28.6 $\pm$ 0.29   | 28.8 $\pm$ 0.11   |
| NFES           | 81.12 $\pm$ 1.71 | 83.30 $\pm$ 0.91  | 84.11 $\pm$ 0.77  | 88.29 $\pm$ 1.24  |

Note. The data is presented as an average and standard error,  $n = 5$  for all groups; \*  $p < 0.05$  compared to the control group.

Увеличение среднесуточных приростов, наблюдаемое у молодняка свиней в экспериментальных группах, обусловлено добавлением в рацион желтого люпина без оболочки, что повысило усвояемость макро- и микронутриентов и, соответственно, стимулировало их активный рост. Процессы переваривания и абсорбции нутриентов в организме молодняка свиней напрямую зависят от структуры рационов кормления. Для определения эффективности рациона был проведен анализ уровня переваримости корма, а также рассчитаны коэффициенты переваримости питательных веществ. Полученные данные отражены в таблице 4.

Данные таблицы 4 указывают на то, что молодняк свиней в экспериментальных группах демонстрировал лучшее усвоение питательных веществ из опытных рационов по сравнению с контрольной группой. Во второй экспериментальной группе коэффициент переваримости сухого вещества был выше на 1,2 %, в третьей – на 1,56 %, а в четвертой – на 3,62 %. Переваримость органического вещества также была улучшена: во второй группе на 1,25 %, в третьей – на 2,14 %, в четвертой – на 4,01 %. У животных второй экспериментальной группы отмечено увеличение количества переваренного сырого протеина корма на 2,2 %, в третьей группе – на 3,1 %, а в четвертой – на 4,21 %. Наблюдалась тенденция к более эффективному перевариванию сырого жира корма во второй группе на 1,8 %, в третьей – на 2,4 %, в четвертой – на 3 %. Переваримость сырой клетчатки оказалась выше во второй группе на 1,8 %, в третьей – на 3,6 %, в четвертой – на 3,8 %. Коэффициенты переваримости БЭВ

также были повышены у молодняка свиней в экспериментальных группах: во второй группе на 2,18 %, в третьей – на 2,99 %, в четвертой – на 7,17 %.

Ключевым фактором, который значительно влияет на результативность конверсии кормов из рационов, является азотистый баланс и его усвояемость. Азот, содержащийся в кормах, играет важнейшую роль как структурный элемент, необходимый для создания белков, которые формируют органы и ткани растущего организма молодняка свиней. Азотный баланс не только квалифицирует количество азота в рационе, но и является необходимым условием для точной оценки протеиновой сбалансированности рационов кормления. Оптимальное соотношение между усвоением азота и его количеством в корме влияет на продуктивность свиней, поскольку недостаток или избыток азота могут привести к нарушению обмена веществ, снижению иммунитета и, как следствие, ухудшению общего состояния животных.

Из результатов проведенного исследования было установлено, что молодняк свиней контрольной и опытных групп получал с кормом идентичное количество азота. Экскреция азота с калом и мочой наблюдалась в меньшем объеме у опытных животных по сравнению с контрольной группой: во второй опытной группе – на 8,66 %, в третьей – на 12,71 %, а в четвертой – на 17,5 %. Концентрация азота в моче во второй опытной группе снизилась на 6,46 %, в третьей – на 10,3 %, а в четвертой – на 13,91 %. Накопление азота в организме, напротив, было более выражено у опытных животных: во второй опытной группе – на 9,51 %, в третьей – на 13,17 %, а в

четвертой – на 17,4 %. Количество переваренного азота также увеличилось в опытных группах: во второй группе – на 3,37 %, в третьей – на 4,17 %, в четвертой – на 5,35 %. Эффективность усвоения азота была максимальной у подопытных животных при расчете от общего количества, поступившего с кормом: во второй опытной группе – на 4,20 %, в третьей – на 6,10 %, а в четвертой – на 8,21 %. Усвоение азота от переваренного корма составило во второй опытной группе 3,65 %, в третьей – 5,32 %, а в четвертой – 7,03 %.

Таким образом, контролируя азотистый баланс и его усвояемость, можно значительно повысить эффективность кормления и добиться лучших результатов в производстве мяса свинины, обеспечивая оптимальное развитие молодняка свиней.

Исследование биохимических показателей крови молодняка свиней крупной белой породы, проводимое в связи с добавлением в их рацион люпина желтого, дало возможность оценить адаптационные способности, физиологическое состояние и интенсивность обмена веществ. В настоящее время значительное внимание уделяется мониторингу активности биомаркеров окислительного стресса. В этом контексте особый интерес представляют ферменты сыворотки крови, которые способствуют различным обменным процессам в организме. Среди

них ферменты, участвующие в переаминировании аминотрансферазы, занимают важное место в азотном обмене. Аспартатаминотрансфераза (AST) и аланинаминотрансфераза (ALT) играют роль в белково-углеводном и жировом метаболизме, катализируя синтез ключевых аминокислот. Активность этих ферментов определяется генетически и имеет тесную связь с продуктивностью молодняка свиней (таблица 6).

Уровень фермента ALT был наиболее выражен у молодняка свиней в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2-й опытной – на 3,33 %, в 3-й – на 4,37 %, в 4-й – на 8,74 %. Уровень фермента GGT был выше в опытных группах: во 2-й опытной – на 3,04 %, в 3-й опытной – на 9,73 %, в 4-й опытной – на 11,0 %. Подобная тенденция наблюдалась и с ферментом AST: активность фермента была увеличена во 2-й опытной на 1,92 %, в 3-й – на 5,64 %, в 4-й – на 8,91 %. Повышенная активность ферментов аминотрансфераз в экспериментальных группах объясняется более интенсивным ростом молодняка свиней, что связано с усиленными обменными процессами, направленными на синтез белка для образования мышечной массы, что подтверждается данными о положительном азотистом балансе.

Таблица 5  
Баланс азота рационов молодняком свиней ( $X \pm Se$ ,  $n = 5$ )

| Показатели                        | 1<br>контроль | 2<br>опыт    | 3<br>опыт    | 4<br>опыт     |
|-----------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Принято $N$ с кормом, г           | 44,68 ± 0,19  | 44,88 ± 0,20 | 44,71 ± 0,18 | 44,59 ± 0,25  |
| Выделено $N$ с мочой, г           | 13,01 ± 0,15  | 12,17 ± 0,12 | 11,67 ± 0,14 | 11,20 ± 0,11  |
| Выделено $N$ с калом, г           | 10,86 ± 0,11  | 9,92 ± 0,10* | 9,48 ± 0,13  | 8,96 ± 0,17*  |
| Отложено $N$ в теле, г            | 20,81 ± 0,21  | 22,79 ± 0,12 | 23,55 ± 0,18 | 24,43 ± 0,16  |
| Переварено $N$ , г                | 33,82 ± 0,24  | 34,96 ± 0,21 | 35,23 ± 0,25 | 35,63 ± 0,18* |
| Коэффициент использования $N$ , % |               |              |              |               |
| % от принятого                    | 46,58 ± 0,31  | 50,78 ± 0,28 | 52,68 ± 0,19 | 54,79 ± 0,10  |
| % от переваренного                | 61,54 ± 0,34  | 65,19 ± 0,30 | 66,86 ± 0,22 | 68,57 ± 0,19  |
| Коэффициент переваримости $N$ , % | 75,69 ± 0,33  | 77,89 ± 0,31 | 78,79 ± 0,41 | 79,90 ± 0,27* |

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки,  $n = 5$  для всех групп; \*  $p < 0,05$  по сравнению с контрольной группой.

Table 5  
Nitrogen balance in the diets of young pigs ( $X \pm Se$ ,  $n = 5$ )

| Indicators                              | 1<br>control | 2<br>experienced | 3<br>experienced | 4<br>experienced |
|-----------------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| Taken $N$ with feed, g                  | 44.68 ± 0.19 | 44.88 ± 0.20     | 44.71 ± 0.18     | 44.59 ± 0.25     |
| Excreted $N$ in urine, g                | 13.01 ± 0.15 | 12.17 ± 0.12     | 11.67 ± 0.14     | 11.20 ± 0.11     |
| $N$ was excreted in the faeces, g       | 10.86 ± 0.11 | 9.92 ± 0.10*     | 9.48 ± 0.13      | 8.96 ± 0.17*     |
| $N$ was deposited in the body, g        | 20.81 ± 0.21 | 22.79 ± 0.12     | 23.55 ± 0.18     | 24.43 ± 0.16     |
| Digested $N$ , g                        | 33.82 ± 0.24 | 34.96 ± 0.21     | 35.23 ± 0.25     | 35.63 ± 0.18*    |
| Coefficient of use of $N$ , %           |              |                  |                  |                  |
| % of the amount taken                   | 46.58 ± 0.31 | 50.78 ± 0.28     | 52.68 ± 0.19     | 54.79 ± 0.10     |
| % of the digested                       | 61.54 ± 0.34 | 65.19 ± 0.30     | 66.86 ± 0.22     | 68.57 ± 0.19     |
| Coefficient of digestibility of $N$ , % | 75.69 ± 0.33 | 77.89 ± 0.31     | 78.79 ± 0.41     | 79.90 ± 0.27*    |

Note. The data is presented as an average and standard error,  $n = 5$  for all groups; \*  $p < 0.05$  compared to the control group.

Энергетические процессы в мышечной ткани находятся в тесной взаимосвязи с ферментами креатинфосфокиназой (КФК) и лактатдегидрогеназой LDH. Эти биомаркеры очень чувствительно реагируют на стрессовые факторы в кормлении. Уровень активности данных ферментов повысился в экспериментальных группах. Вторая экспериментальная группа показала увеличение активности LDH на 3,48 %, третья – на 8,76 %, а четвертая – на 13,7 %. В то же время активность КФК во второй экспериментальной группе увеличилась на 2,33 %, в третьей – на 4,03 %, в четвертой – на 6,98 %. Таким образом, более значительный рост молодняка свиней, получающих в своем рационе желтый люпин, привел к повышению уровня активности трансаминаз, креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы. Это произошло благодаря тому, что ука-

занные ферменты значительно ускоряют обменные процессы в организме молодняка свиней.

В плазме крови животных опытных групп наблюдалось более высокое содержание общего белка, чем у контрольной группы: во второй опытной группе – на 1,21 %, в третьей – на 4,24 %, а в четвертой – на 7,09 %. Также было зафиксировано повышение концентрации белковых фракций (альбуминов, глобулинов). Содержание альбуминов в сыворотке крови увеличилось во второй опытной группе на 1,64 %, в третьей – на 5,08 %, в четвертой – на 8,47 % по сравнению с контролем. Аналогичная тенденция прослеживалась и с глобулинами: их уровень превышал контрольные показатели во второй опытной группе на 0,71 %, в третьей – на 3,27 %, в четвертой – на 5,50 %.

Таблица 6  
Биохимические показатели крови ( $X \pm Se$ ,  $n = 5$ )

| Показатели        | 1<br>контроль     | 2<br>опыт         | 3<br>опыт         | 4<br>опыт         |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ALP, Ед/л         | 133,89 $\pm$ 2,72 | 135,10 $\pm$ 3,89 | 136,11 $\pm$ 3,14 | 134,21 $\pm$ 3,72 |
| ALT, Ед/л         | 23,10 $\pm$ 0,84  | 23,87 $\pm$ 0,98  | 24,11 $\pm$ 0,17* | 25,12 $\pm$ 0,59* |
| AST, Ед/л         | 26,61 $\pm$ 1,13  | 27,12 $\pm$ 1,20  | 28,11 $\pm$ 1,13  | 28,98 $\pm$ 1,01* |
| GGT, Ед/л         | 26,31 $\pm$ 1,10  | 27,11 $\pm$ 1,11  | 28,87 $\pm$ 1,20  | 29,33 $\pm$ 1,15  |
| LDH, Ед/л         | 175,80 $\pm$ 6,11 | 181,92 $\pm$ 5,17 | 191,2 $\pm$ 6,14  | 199,89 $\pm$ 6,20 |
| КФК, мкмоль/мл    | 64,51 $\pm$ 1,81  | 66,01 $\pm$ 2,11  | 67,11 $\pm$ 2,42  | 69,01 $\pm$ 1,79* |
| Общий белок, г/л  | 66,31 $\pm$ 1,70  | 67,11 $\pm$ 2,23  | 69,12 $\pm$ 1,33  | 71,01 $\pm$ 0,09  |
| Альбумин, г/л     | 35,41 $\pm$ 0,91  | 35,99 $\pm$ 1,71  | 37,21 $\pm$ 1,54  | 38,41 $\pm$ 1,10  |
| Глобулин, г/л     | 30,90 $\pm$ 1,10  | 31,12 $\pm$ 1,93  | 31,91 $\pm$ 1,29  | 32,60 $\pm$ 1,23  |
| Мочевина, ммоль/л | 7,55 $\pm$ 0,27   | 7,31 $\pm$ 0,21   | 7,11 $\pm$ 0,20   | 6,92 $\pm$ 0,16** |
| Са, ммоль/л       | 1,89 $\pm$ 0,02   | 1,98 $\pm$ 0,04   | 2,01 $\pm$ 0,07   | 2,11 $\pm$ 0,09   |
| Р, ммоль/л        | 1,21 $\pm$ 0,01   | 1,32 $\pm$ 0,02   | 1,35 $\pm$ 0,03   | 1,39 $\pm$ 0,01   |

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки,  $n = 5$  для всех групп;  $p < 0,01^{**}$ ,  $p < 0,05^{*}$  по сравнению с контрольной группой. Референтные данные приведены по [19–23]. ALP – щелочная фосфатаза, ALT – аланинаминотрансфераза, AST – аспаратаминотрансфераза, GGT – гамма-глутамилтрансфераза, LDH – лактатдегидрогеназа, КФК – креатинфосфокиназа.

Table 6  
Biochemical parameters of blood ( $X \pm Se$ ,  $n = 5$ )

| Indicators         | 1<br>control      | 2<br>experienced  | 3<br>experienced   | 4<br>experienced   |
|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| ALP, Units/L       | 133.89 $\pm$ 2.72 | 135.10 $\pm$ 3.89 | 136.11 $\pm$ 3.14  | 134.21 $\pm$ 3.72  |
| ALT, Units/L       | 23.10 $\pm$ 0.84  | 23.87 $\pm$ 0.98  | 24.11 $\pm$ 0.17 * | 25.12 $\pm$ 0.59*  |
| ALT, Units/L       | 26.61 $\pm$ 1.13  | 27.12 $\pm$ 1.20  | 28.11 $\pm$ 1.13   | 28.98 $\pm$ 1.01 * |
| GGT, Units/L       | 26.31 $\pm$ 1.10  | 27.11 $\pm$ 1.11  | 28.87 $\pm$ 1.20   | 29.33 $\pm$ 1.15   |
| LDH, Units/L       | 175.80 $\pm$ 6.11 | 181.92 $\pm$ 5.17 | 191.2 $\pm$ 6.14   | 199.89 $\pm$ 6.20  |
| CK, Mmol/ml        | 64.51 $\pm$ 1.81  | 66.01 $\pm$ 2.11  | 67.11 $\pm$ 2.42   | 69.01 $\pm$ 1.79*  |
| Total protein, g/L | 66.31 $\pm$ 1.70  | 67.11 $\pm$ 2.23  | 69.12 $\pm$ 1.33   | 71.01 $\pm$ 0.09   |
| Albumin, g/L       | 35.41 $\pm$ 0.91  | 35.99 $\pm$ 1.71  | 37.21 $\pm$ 1.54   | 38.41 $\pm$ 1.10   |
| Globulin, g/l      | 30.90 $\pm$ 1.10  | 31.12 $\pm$ 1.93  | 31.91 $\pm$ 1.29   | 32.60 $\pm$ 1.23   |
| Urea, Mmol/L       | 7.55 $\pm$ 0.27   | 7.31 $\pm$ 0.21   | 7.11 $\pm$ 0.20    | 6.92 $\pm$ 0.16**  |
| Ca, Mmol/L         | 1.89 $\pm$ 0.02   | 1.98 $\pm$ 0.04   | 2.01 $\pm$ 0.07    | 2.11 $\pm$ 0.09    |
| R, Mmol/L          | 1.21 $\pm$ 0.01   | 1.32 $\pm$ 0.02   | 1.35 $\pm$ 0.03    | 1.39 $\pm$ 0.01    |

Note. The data are presented as an average and standard error,  $n = 5$  for all groups;  $p < 0,01^{**}$ ,  $p < 0,05^{*}$  compared with the control group. Reference data is provided by [19–23]. ALP – alkaline phosphatase, ALT – alanine aminotransferase, AST – aspartate aminotransferase, GGT – gamma-glutamyltransferase, LDH – lactate dehydrogenase, CK – creatine phosphokinase.

В ходе исследований было установлено снижение концентрации мочевины в сыворотке крови опытных групп по сравнению с контрольной: во второй опытной группе на 3,18 %, в третьей – на 5,83 %, в четвертой – на 8,34 %. Сочетание повышенного содержания общего белка и сниженной концентрации мочевины в сыворотке крови указывает на то, что у молодняка свиней в опытных группах активизированы процессы биосинтеза аминокислот и белка в организме.

Интенсивность обмена кальция и фосфора у молодняка свиней тесно связана с их соотношением в крови. Данные, полученные в ходе эксперимента, демонстрируют, что уровень кальция в плазме крови во 2-й, 3-й и 4-й опытных группах превышал показатели контрольной на 4,76 %, 6,35 % и 11,64 %. Подобная тенденция наблюдалась и для фосфора: его концентрация во 2-й, 3-й и 4-й группах была выше на 9,09 %, 11,5 % и 14,8 % соответственно.

На основании изученных биохимических показателей крови у молодняка свиней экспериментальных групп, различающихся по процентному содержанию желтого люпина в структуре рациона, можно заключить: увеличение доли люпина желтого без оболочки в рационе кормления стимулирует окислительно-восстановительные реакции в организме опытных групп молодняка свиней. Это свидетельствует об интенсификации метаболизма, направленного на увеличение мышечной массы и аккумуляцию жировых отложений в подкожной клетчатке.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Исследованием установлено, что корректировка рационов кормления молодняка свиней с использованием люпина желтого без оболочки позволяет снизить или заменить в структуре рациона соевые корма во 2-й опытной группе на 33,3 %, в 3-й опытной – на 60 %, в 4-й опытной – на 100 %. Также это способствует снижению содержания других высокобелковых кормов животного и растительного происхождения. Отмечено увеличение среднесуточных приростов, которое происходит за счет накопления белка у растущего молодняка свиней, что определяется соотношением скорости его ассимиляции и диссимиляции. Это отражается в результа-

тах физиологического исследования, где ретенция азота была выше в опытных группах: во 2-й опытной отложение азота в теле было выше на 9,51 %, в 3-й – на 13,17 %, и в 4-й – на 17,4 %. Коэффициенты переваримости протеина также были выше в опытных группах: во 2-й опытной группе – на 2,2 %, в 3-й группе – на 3,1 %, а в 4-й группе – на 4,21 %. Исследование демонстрирует прямую зависимость между содержанием сырого протеина в рационе и активацией внутриклеточных сигнальных путей (протеинкиназ), стимулирующих синтез мышечного белка у молодняка свиней. Такие ферменты, как аспаратаминотрансфераза (AST) и аланинаминотрансфераза (ALT), играют роль в белково-углеводном и жировом метаболизме, катализируя синтез ключевых аминокислот. Уровень фермента ALT был наиболее выраженным у молодняка свиней в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2-й опытной группе – на 3,33 %, в 3-й – на 4,37 %, в 4-й – на 8,74 %. Подобная тенденция наблюдалась и с ферментом AST: активность фермента была увеличена во 2-й опытной группе на 1,92 %, в 3-й – на 5,64 %, в 4-й – на 8,91 %, что указывает на стимулирование окислительно-восстановительных реакций в организме экспериментальных животных. Таким образом, можно сделать вывод, что введение в рацион молодняка свиней люпина желтого без оболочки способствует улучшению переваримости, конверсии корма, ретенции азота, биохимического состава крови и повышению обмена веществ в организме, вследствие чего увеличивается продуктивность молодняка свиней. Поэтому низкоалкалоидный люпин желтый без оболочки может быть использован для замены соевых продуктов в кормопроизводстве. Это способ повышения устойчивости и автономии российского агропромышленного комплекса, а также решение, направленное на улучшение кормовой базы в свиноводстве. Применение люпина желтого способствует уменьшению зависимости от импортных компонентов рационов. Такой подход может играть ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны и поддержании конкурентоспособности отечественного животноводства в условиях глобальных экономических изменений.

#### Библиографический список

1. Антипов А. Е., Юрьева Е. В. Формирование внутренних органов свиней при использовании нетрадиционного корма при откорме // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 97–100.
2. Гапонов Н. В., Анишко М. Ю., Мисникова Н. В. Нутритивные свойства полнорационных комбикормов на основе узколистного люпина и экономическая эффективность их производства // Кормопроизводство. 2025. № 6. С. 30–34. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-6-30-34.
3. Chen Y., et al. Plasma protein levels of young healthy pigs as indicators of disease resilience // Journal of Animal Science. 2023. No. 101. Article number sd014. DOI: 10.1093/jas/skad014.
4. Zervas S., Zijlstra R. T. Effects of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and post prandial plasma urea profiles in grower pigs // Journal of Animal Science. 2002. No. 80. Pp. 3238–3246. DOI: 10.2527/2002.80123238x.

5. Whang K. Y., Easter R. A. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential in growing-finishing swine // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000. No. 13. Pp. 811–816. DOI: 10.5713/ajas.2000.811.
6. Montoro J. C., Solà-Oriol D., Muns R. Blood and faecal biomarkers to assess dietary energy, protein and amino acid efficiency of utilization by growing and finishing pigs // *Porcine Health Management*. 2022. No. 8. Article number 32. DOI: 10.1186/s40813-022-00273-y.
7. Корнилова Е. В., Николаев С. И., Карапетян А. К. [и др.] Использование альтернативного кормового ингредиента в рационе свиней // *главный зоотехник*. 2023. № 3 (236). С. 3–12. DOI: 10.33920/sel-03-2303-01.
8. Милушев Р. К., Шулаев Г. М. Концентраты из растительного сырья для балансирования комбикормов: теория и практика использования // *Свиноводство*. 2022. № 3. С. 40–43.
9. Горин И. Е., Самофалова О. В., Карапетян А. К. [и др.] Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4 (68). С. 334–340. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40.
10. Ниязов Н. С. Пьянкова Е. В. Истинная доступность аминокислот высокобелковых кормов у молодня свиней // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2021. № 2. С. 83–91. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.83-91.
11. Ниязов Н. С.-А., Панюшкин Д. Е., Пьянкова Е. В. Низкопротеиновые комбикорма, сбалансированные по доступным аминокислотам, в кормлении растущих свиней мясного типа // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2022. № 2. С. 79–89. DOI: 10.25687/1996-6733.
12. Кравченко В. Нарращивание объемов свинины не прекращается // *Животноводство России*. 2023. № 6. С. 3–5.
13. Новик Н. В., Лебедев А. А., Анишко М. Ю., Якуб И. А. Результаты скрининга коллекционного материала люпина желтого по аминокислотному составу белка семян // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 8. С. 28–31.
14. Yu W., Jensen J. D. Sustainability implications of rising global pork demand // *Animal Frontiers*. 2022. No. 12 (6). Pp. 56–60. DOI: 10.1093/af/vfac070.
15. Овсянников А. И. Основы опытного дела в животноводстве. Москва: Колос, 1976. 304 с.
16. Калашников А. П. [и др.] Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. 3-е изд. Москва, 2003. 456 с.
17. Голушко В. М., Линкевич С. А., Рощин В. А. [и др.]. Нормированное кормление свиней: рекомендации. Жодино: Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2019. 96 с.
18. Новик Н. В., Саввичева И. К., Степаненко А. А. Новый сорт желтого кормового люпина Булат // *Адаптивное кормопроизводство*. 2019. № 4. С. 54–60. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-54-60.
19. Зеленченкова А. А., Сивкина О. Н., Зайцев С. Ю. Кровь как метод оценки благополучия свиней на откорме // *Аграрный вестник Урала*. 2025. Т. 25, № 03. С. 422–433. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-03-422-433.
20. Martins J. M., Fialho R., Albuquerque A., Neves J., Freitas A., Nunes J. T. Growth, blood, carcass and meat quality traits from local pig breeds and their crosses // *Animal*. 2020. No. 14 (3). Pp. 636–647. DOI: 10.1017/S1751731119002222.
21. Sookoian S., Pirola C. J. Liver enzymes, metabolomics and genome-wide association studies: from systems biology to the personalized medicine. *World Journal of Gastroenterology*. 2015. Vol. 21 (3). Pp. 711–725. DOI: 10.3748/wjg.v21.i3.711.
22. Evans R. J. Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig // *Pig Journal*. 1994. No. 32. Pp. 52–57.
23. Симонян Г. А., Хисамутдинов Ф. Ф. Ветеринарная гематология. Москва: Колос, 1995. 256 с.

#### Об авторе:

**Николай Васильевич Гапонов**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ люпина – филиала 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. Antipov A. E., Yuryeva E. V. Formation of internal organs of pigs when using non-traditional feed during fattening. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; 1 (72): 97–100. (In Russ.)
2. Gaponov N. V., Anishko M. Yu., Misnikova N. V. Nutritional properties of full-grain compound feeds based on narrow-leaved lupine and economic efficiency of their production. *Feed production*. 2025; 6: 30–34. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-6-30-34. (In Russ.)

3. Chen Y., et al. Plasma protein levels of young healthy pigs as indicators of disease resilience. *Journal of Animal Science*. 2023; 101: sd014. DOI: 10.1093/jas/skad014.
4. Zervas S., Zijlstra R. T. Effects of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and post prandial plasma urea profiles in grower pigs. *Journal of Animal Science*. 2002; 80: 3238–3246. DOI: 10.2527/2002.80123238x.
5. Whang K. Y., Easter R. A. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential in growing-finishing swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000; 13: 811–816. DOI: 10.5713/ajas.2000.811.
6. Montoro J. C., Solà-Oriol D., Muns R. 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.
7. Kornilova E. V., Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., et al. The use of an alternative feed ingredient in the diet of pigs. *Head of Animal Breeding*. 2023; 3 (236): 3–12. (In Russ.)
8. Milushev R. K., Shulaev G. M. Concentrates from vegetable raw materials for balancing compound feeds: theory and practice of use. *Pig Breeding*. 2022; 3: 40–43. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40. (In Russ.)
9. Gorin I. E., Samofalova O. V., Karapetyan A. K. Development and use of compound feeds containing non-traditional feed products. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022; 4 (68): 334–340. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40. (In Russ.)
10. Niyazov N. S., Pyankova E. V. The true availability of amino acids of high-protein feeds in young pigs. *Problems of Biology of Productive Animals*. 2021; 2: 83–91. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbol.2021.2.83-91. (In Russ.)
11. Niyazova N. S.-A., Panyushkin D. E., Pyankova E. V. Low-protein compound feeds, balanced baths of available amino acids, in feeding growing meat-type pigs. *Problems of Biology of Productive Animals*. 2022; 2: 79–89. DOI: 10.25687/1996-6733. (In Russ.)
12. Kravchenko V. The increase in pork volumes does not stop. *Russian Animal Husbandry*. 2023; 6: 3–5. (In Russ.)
13. Novik N. V., Lebedev A. A., Anishko M. Yu., Yakub I. A. Results of screening of yellow lupine collection material by amino acid composition of seed protein. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024; 8: 28–31. (In Russ.)
14. Yu W., Jensen J. D. Sustainability implications of rising global pork demand. *Animal Frontiers*. 2022; 12 (6): 56–60. DOI: 10.1093/af/vfac070.
15. Ovsyannikov A. I. *Fundamentals of experimental business in animal husbandry*. Moscow: Kolos, 1976. 304 p. (In Russ.)
16. Kalashnikov A. P., et al. Norms and rations of feeding farm animals: reference manual. 3rd ed. Moscow, 2003. 456 p. (In Russ.)
17. Golushko V. M., Linkevich S. A., Roshchin V. A., et al. *Normalized pig feeding: recommendations*. Zhodino: Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Animal Husbandry, 2019. 96 p. (In Russ.)
18. Novik N. V., Savvicheva I. K., Stepanenko A. A. A new variety of yellow fodder lupine Bulat. *Adaptive Feed Production*. 2019; 4: 54–60. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-54-60. (In Russ.)
19. Zelenchenkova A. A., Sivkina O. N., Zaytsev S. Yu. Blood as a method of assessing the well-being of fattening pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (03): 422–433. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-03-422-433. (In Russ.)
20. Martins J. M., Fialho R., Albuquerque A., Neves J., Freitas A., Nunes J. T. Growth, blood, carcass and meat quality traits from local pig breeds and their crosses. *Animal*. 2020; 14 (3): 636–647. DOI: 10.1017/S1751731119002222.
21. Sookoian S., Pirola C. J. Liver enzymes, metabolomics and genome-wide association studies: from systems biology to the personalized medicine. *World Journal of Gastroenterology*. 2015; 21 (3): 711–725. DOI: 10.3748/wjg.v21.i3.711.
22. Evans R. J. Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig. *Pig Journal*. 1994; 32: 52–57.
23. Simonyan G. A., Khisamutdinov F. F. *Veterinary Hematology*. Moscow: Kolos, 1995. 256 p. (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, Michurinskiy settlement, Bryansk Region, Russia; ORCID 0000-0002-5086-7943, AuthorID 1038189.  
E-mail: nv.1000@bk.ru