

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 321-336.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 3. P. 321-336.

Научная статья
УДК 636.5:636.085.55:577.17
doi: 10.33284/2658-3135-109-3-321

**Применение комбикормов с органическими формами микроэлементов для мясных кур
линии СМ 9 кросса «Смена 9»**

**Владимир Иванович Фисинин¹, Иван Афанасьевич Егоров², Татьяна Анатольевна Егорова³,
Вардгес Агавардович Манукян⁴, Татьяна Николаевна Ленкова⁵, Мария Сергеевна Тишенкова⁶,
Екатерина Сергеевна Демидова⁷, Лев Михайлович Кашпоров⁸,
Роман Евгеньевич Щеголев⁹, Юлия Александровна Рагулина¹⁰**

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства,
Сергиев Посад, Россия

¹olga@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

²olga@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

³etal64@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

⁴manukyan@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

⁵dissovet@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

⁶tishenkova.m@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2911-5640>

⁷mixalysha@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0108-2218>

⁸lev-lud2@live.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5100-4843>

⁹roman19102001@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3415-4767>

¹⁰vnitip1@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1143-4397>

Аннотация. Изучено влияние комбикормов растительного типа с включением премиксов разного состава, содержащих органические и неорганические формы микроэлементов на зоотехнические показатели кур линии СМ 9 кросса «Смена 9», морфологические показатели яиц, показатели естественной резистентности и неспецифического иммунитета. Применение комбикормов с включением в их состав микроэлементов в форме L-аспарагинатов в количестве: железа – 3 г; марганца – 12; цинка – 10; меди – 6,25; кобальта – 0,072; селена – 0,3 г в форме ДАФС-25; 0,1 г йода в органической форме и 1,15 г этого элемента в форме $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ позволило повысить яйценоскость на 7,1 %, выход инкубационных яиц – на 2,7 % при улучшении качества скорлупы, показателей естественной резистентности и неспецифического иммунитета мясных кур породы плимутрок.

Ключевые слова: мясные куры, продуктивность, микроэлементы, неспецифический иммунитет, показатели резистентности, выход инкубационных яиц, питательные вещества

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-66-00061-П.

Для цитирования: Применение комбикормов с органическими формами микроэлементов для мясных кур линии СМ 9 кросса «Смена 9» / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.А. Егорова, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова, М.С. Тишенкова, Е.С. Демидова, Л.М. Кашпоров, Р.Е. Щеголев, Ю.А. Рагулина // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 3. С. 321-336. [Fisinin VI, Egorov IA, Egorova TA, Manukyan VA, Lenkova TN, Tishenkova MS, Demidova ES, Kashporov LM, Shchegolev RE, Ragulina YuA. Use of compound feed with organic forms of micronutrients for meat chickens of the SM 9 line of Smena 9 cross. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(3):321-336. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-321>

Original article

Use of compound feed with organic forms of micronutrients for meat chickens of the SM 9 line of Smena 9 cross

**Vladimir I Fisinin¹, Ivan A Egorov², Tatyana A Egorova³, Vardges A Manukyan⁴,
Tatyana N Lenkova⁵, Maria S Tishenkova⁶, Ekaterina S Demidova⁷, Lev M Kashporov⁸,
Roman E Shchegolev⁹, Yulia A Ragulina¹⁰**

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10} All-Russian Research and Technological Institute of Poultry, Sergiev Posad, Russia

¹ olga@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

² olga@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

³ eta164@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

⁴ manukyan@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

⁵ dissovet@vnitip.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

⁶ tishenkova.m@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2911-5640>

⁷ mixalysha@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0108-2218>

⁸ lev-lud2@live.ru, <https://orcid.org/0009-0000-5100-4843>

⁹ roman19102001@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-3415-4767>

¹⁰ vnitip1@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1143-4397>

Abstract. The effect of plant-based feed mixtures with different premixes containing organic and inorganic forms of micronutrients on the zootechnical indicators of the SM 9 line of the Smena 9 cross, the morphological indicators of eggs, and the indicators of natural resistance and non-specific immunity was studied. The use of compound feeds with the inclusion of trace elements in their composition in the form of L-asparaginates in the amount of: iron – 3 g; manganese – 12; zinc – 10; copper – 6.25; cobalt – 0.072; selenium – 0.3 g in the form of DAPS-25; 0.1 g of iodine in organic form and 1.15 g of this element in the form of $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ increased egg production by 7.1%, the yield of hatching eggs by 2.7%, while improving the quality of the shell, natural resistance and nonspecific immunity of meat chickens of the Plymouth Rock breed.

Keywords: meat chickens, productivity, micronutrients, non-specific immunity, resistance indicators, hatching egg yield, nutrients

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 22-66-00061-P.

For citation: Fisinin VI, Egorov IA, Egorova TA, Manukyan VA, Lenkova TN, Tishenkova MS, Demidova ES, Kashporov LM, Shchegolev RE, Ragulina YuA. Use of compound feed with organic forms of micronutrients for meat chickens of the SM 9 line of Smena 9 cross. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(3):321-336. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-3-321>

Введение.

Микроэлементы относятся к жизненно необходимым веществам для сельскохозяйственной птицы. При их недостатке у нее нарушается обмен веществ, снижается устойчивость к заболеваниям, замедляется рост, ухудшаются воспроизводительные качества. Птица получает лишь ограниченное количество микроэлементов из компонентов комбикормов, что делает необходимым их дополнительное введение в определенных объемах для полного удовлетворения потребностей (Adefegha SA, 2024; Пономаренко ЮА., 2025).

За последние годы вопросам нормирования кормления сельскохозяйственной птицы с точки зрения микроэлементов уделяется недостаточно внимания. В отличие от балансировки белков и энергии в комбикормах недостаток микроэлементов не всегда мгновенно и резко сказывается на продуктивных показателях птицы. Тем не менее повышение генетического потенциала требует совершенствования системы учета этих питательных веществ и увеличения разнообразия их источников. Ранее в основном использовались неорганические соединения для обеспечения потреб-

ностей птицы в микроэлементах, однако сейчас признается значение неорганических элементов для восполнения базовых потребностей. Чтобы повысить устойчивость организма и максимально раскрыть генетический потенциал продуктивности, при этом сохраняя высокое качество продукции, разумно комбинировать применение органо-минеральных комплексов с органическими и неорганическими формами микроэлементов (Śwatkiewicz S et al., 2014; Кошаев А.Г. и др., 2022).

Главные симптомы, возникающие из-за нехватки микроэлементов у сельскохозяйственной птицы, приводят к деформации костей, ухудшению состояния перьевого покрова и снижению качества яичной скорлупы. Они также могут вызывать патологии суставов и конечностей, ухудшать репродуктивные показатели и увеличивать восприимчивость к заболеваниям. (Подобед Л.И. и др., 2016; Noetzold TL et al., 2020).

Основные нормированные в комбикормах микроэлементы: медь, цинк, марганец, железо, йод, кобальт и селен.

Медь в организме птицы контролирует иммунную систему, осуществляет антиоксидантную защиту через ферменты супер оксиддисмутазу, лизилоксидазу и тирооксидазу; входит в состав соединительной ткани, участвует в метаболизме железа и созревании эритроцитов. При дефиците меди нарушается пигментация оперения (Alagawany M et al., 2020).

Цинк является кофактором ферментов лактатдегидрогеназы, щелочной фосфатазы и карбоангидразы. Будучи связанным с ферментами, гормонами, витаминами, цинк значительно влияет на основные жизненные процессы кровотообразования, размножения, рост и развитие организма. При недостатке цинка в рационе наступает линька птицы и могут быть разрывы на коже (Abd El-Hack ME et al., 2017).

Марганец отвечает за иммунную функцию, состояние соединительной ткани (перозис), влияет на жировой обмен и воспроизводство (Казачкова Н.М. и др., 2024).

Селен тесно связан с витамином Е и другими антиоксидантами. Дефицит селена, особенно в комбинации с низким уровнем витамина Е, является причиной возникновения целого ряда заболеваний: экссудативный диатез, кормовая атрофия поджелудочной железы, задержка развития иммунокомпетентных органов, снижение продуктивности, ранняя эмбриональная смертность, кормовая мышечная дистрофия, нарушение синтеза коллагена и т.п. (Иванцов Ю.В. и др., 2024; Li Y et al., 2024).

Железо и кобальт участвуют в процессах кроветворения. Кобальт входит в состав цианкобаламина (витамин В₁₂). Дефицит железа у красноперых кур нарушает пигментацию оперения (Ligas B et al., 2021).

Йод необходим для синтеза тиреоидных гормонов. При неадекватной выработке тиреоидных гормонов снижается продуктивность птицы, нарушаются процессы эмбриогенеза (Zhilochkina TI et al., 2022).

Для повышения содержания микроэлементов в комбикормах применяют соли, исходя из коэффициентов перерасчета. При этом стоит отметить, что усвоение микроэлементов птицей из разных соединений происходит с различной эффективностью. Микроэлементы, особенно в виде сернокислых солей, катализируют окислительно-восстановительные процессы и разрушающе действуют в премиксах на некоторые витамины. Йодат калия несовместим с сернокислыми солями других микроэлементов. Оксиды менее агрессивны, но их усвояемость низкая. Плохо усваиваются микроэлементы из большинства растительных кормов (Околелова Т.М. и др., 2020).

Специалистами российской компании ЗАО «Биоамид» (г. Саратов, Россия) осуществлен синтез хелатных комплексов L-аспарагиновой кислоты с пятью микроэлементами (марганец, цинк, железо, медь и кобальт). Совместно с учеными ФНЦ «ВНИТИП» проведена серия экспериментов по сравнительной оценке эффективности L-аспарагинатов и традиционно применяемых неорганических солей тех же металлов в кормлении сельскохозяйственной птицы.

Исследования подтвердили высокую зоотехническую эффективность L-аспарагинатов. За счет повышенной биодоступности органических форм микроэлементов уровень ввода «чистого» металла может быть снижен до 6 % от рекомендованных норм для неорганических солей. В науч-

ной литературе неоднократно отмечалось, что хелатные формы микроэлементов (Fe, Zn, Cu, Mn, Co) обладают значительно более высокой усвояемостью по сравнению с неорганическими аналогами и позволяют достигать равных или более высоких продуктивных показателей при существенно меньших дозах (Stanačev VS et al., 2014). Это объясняется тем, что хелатные соединения всасываются в кишечнике в интактном виде, минуя конкурентные взаимодействия между металлами, характерные для неорганических солей (Stanačev VS et al., 2014; Sizova EA et al., 2021).

В первый период выращивания живая масса бройлеров при включении в комбикорм 6 % микроэлементов (от действующих норм) в форме L-аспарагинатов превышала контрольный показатель на 8,4 %. К концу откорма данная тенденция сохранялась: превышение живой массы в опытных группах составляло от 4,8 до 7,0 % при высокой сохранности поголовья. Сходные результаты получены в зарубежных исследованиях: замена сульфатов Cu и Zn на аспарагинаты этих металлов сопровождалась увеличением живой массы бройлеров и повышением пула микроэлементов в организме (Sizova EA et al., 2021). В частности, при замене сульфата цинка на Zn-аспарагинат масса тела бройлеров превышала контроль на 11,1 %, а пул цинка в организме – на 9,5 % (Sizova EA et al., 2021).

Отмечено также, что использование L-аспарагинатов положительно влияет на усвоение серусодержащих аминокислот и способствует хорошей оперяемости бройлеров на фоне улучшения конверсии корма. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии дефицита микроэлементов у птицы даже при снижении уровня их ввода до 6 % от стандартных норм. Все разработанные хелатные комплексы зарегистрированы под торговой маркой «ОМЭК» и допущены к применению в качестве кормовых добавок.

Исследований на мясных курах по действию премиксов на основе органических форм микроэлементов ранее не проводилось.

Цель исследования.

Изучение влияния комбикормов растительного типа с премиксами разного состава, содержащими органические и неорганические формы микроэлементов на зоотехнические показатели кур линии СМ 9 породы плимутрок, состояние их неспецифического иммунитета и качество скорлупы яиц.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Материнская линия кур СМ 9 породы плимутрок с 30-недельного возраста.

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. В соответствии с поставленной задачей в условиях вивария СПЦ «Загорское ЭПХ» проведен опыт из 30-недельных кондиционных курочек по живой массе было сформировано 2 группы – контрольная и опытная, по 10 голов в каждой. Каждая группа курочек размещалась в отдельные клетки и закольцована.

Нормы посадки, световой, температурный и влажностный режимы, фронт кормления и поения на протяжении всего периода опыта соответствовали «Руководству по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» (2021) и методике проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы (2013). Схемы опыта по испытанию кормов с премиксами разного состава, содержащими органические и неорганические формы микроэлементов, приведены в таблице 1, а рецепты комбикормов – в таблице 2.

Таблица 1. Схема опыта
 Table 1. Experimental design

Группа / Group	Особенности кормления / Feeding characteristics
Контрольная / control	Основной рацион (ОР) без кормов животного происхождения, сбалансированный по всем питательным веществам, согласно «Руководству по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с применением неорганического премикса / Basic diet (BD) without feed of animal origin, balanced in all nutrients, according to the "Guide to working with poultry of the meat cross "Smena 9" with the use of an inorganic premix
Опытная / experimental	ОР + с применением органического премикса / BD + an organic premix

Примечание: витаминная часть премикса для контрольной и опытной групп птицы была одинаковой
 Note: the vitamin part of the premix for the control and experimental groups of poultry was the same

Таблица 2. Рецепт и питательность комбикорма, %
 Table 2. The recipe and nutritional value of compound feed, %

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
1	2	3
Пшеница / Wheat	67,7	68,02
Жмых подсолнечный / Sunflower meal	10,04	10,04
Соевый шрот / Soybean meal	6,38	6,37
Известняк / Limestone	4,00	4,00
Ракушка / Seashell	3,34	3,93
Масло подсолнечное / Sunflower oil	2,72	2,71
Травяная мука / Grass meal	2,50	2,50
Монокальцийфосфат / Monocalcium phosphate	1,31	1,31
Премикс витаминно-минеральный / Vitamin and mineral premix	0,80	-
Соль / Salt	0,35	0,35
Лизин сульфат / Lysine sulfate	0,29	0,29
Метионин / Methionine	0,16	0,16
Треонин / Threonine	0,15	0,15
Холин / Choline	0,08	0,08
ОМЭК-7М / ОМЕК-7М	-	0,05
Смесь витаминная / Vitamin mixture	-	0,03
Фекорд / Fekord	0,01	0,01
Итого / In total:	100,00	100,00
В 100 г комбикорма содержится / 100 g of compound feed contains, %, :		
Обменная энергия, ккал / Metabolic energy, kcal	269,07	269,07
Обменная энергия, МДж/кг / Metabolizable energy, MJ/kg	11,27	11,27
Протеин сырой / Raw protein	15,00	15,00
Сырая клетчатка / Raw fiber	4,28	4,28
Жир сырой / Raw fat	4,77	4,77
Сырая зола / Raw ash	7,83	7,83

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Лизин / <i>Lysine</i>	0,29	0,29
Метионин / <i>Methionine</i>	0,36	0,41
Метионин+Цистин / <i>Methionine + Cystine</i>	0,69	0,69
Треонин / <i>Threonine</i>	0,62	0,62
Триптофан / <i>Tryptophan</i>	0,19	0,19
Аргинин / <i>Arginine</i>	0,88	0,88
Валин / <i>Valin</i>	0,66	0,66
Изолейцин / <i>Isoleucine</i>	0,55	0,55
Лейцин / <i>Leucine</i>	0,98	0,98
Глицин / <i>Glycine</i>	0,66	0,66
Лизин усвояемый / <i>Lysine is digestible</i>	0,62	0,62
Метионин усвояемый / <i>Digestible methionine</i>	0,38	0,38
Метионин+Цистин усвояемые / <i>Methionine + Cystine, digestible</i>	0,62	0,62
Треонин усвояемый / <i>Digestible threonine</i>	0,55	0,55
Триптофан усвояемый / <i>Digestible tryptophan</i>	0,17	0,17
Аргинин усвояемый / <i>Digestible arginine</i>	0,79	0,79
Валин усвояемый / <i>Digestible valine</i>	0,59	0,59
Изолейцин усвояемый / <i>Digestible isoleucine is</i>	0,50	0,50
Лейцин усвояемый / <i>Leucine is digestible</i>	0,87	0,87
Глицин усвояемый / <i>Glycine is digestible</i>	0,51	0,51
Гистидин усвояемый / <i>Digestible histidine</i>	0,30	0,30
Кальций / <i>Calcium</i>	3,20	3,20
Фосфор общий / <i>Total Phosphorus</i>	0,69	0,69
Фосфор усвояемый / <i>Digestible phosphorus</i>	0,40	0,40
Натрий / <i>Sodium</i>	0,15	0,15
Калий / <i>Potassium</i>	0,60	0,60
Хлор / <i>Chlorine</i>	0,25	0,25
Линолевая кислота / <i>Linoleic acid</i>	2,80	2,80

Несушки контрольной группы в составе минерального премикса в расчете на 1 т корма получали 40 г железа; 120 г марганца; 120 г цинка; 15 г меди; 2,5 г йода; 1,0 г кобальта и 0,3 г селена. Микроэлементы железо, марганец, цинк и медь были представлены сульфатными формами, селен – в форме селенита натрия, а йод – йодита калия.

Куры опытной группы в расчете на 1 т корма в составе органического премикса в форме L-аспарагинатов получали в расчете на элемент 3 г железа; 12 г марганца; 10 г цинка; 6,25 г меди; 0,072 г кобальта; 0,3 г селена (в форме ДАФС-25), 0,1 г йода (в органической форме) и 1,15 г (в форме $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Органический премикс включали в состав комбикорма из расчета 0,5 кг на 1 т корма.

При проведении опыта учитывали: сохранность поголовья кур ежедневно, с выявлением причин отхода, %; живую массу кур в начале и в конце опыта путем индивидуального взвешивания всего поголовья; расход корма путем ежедневного учета заданного количества комбикорма в течение всего периода опыта; затраты корма на 10 яиц и на 1 кг яичной массы, расчетным путем за каждую неделю; яйценоскость и качество яиц (насечка, бой, дефекты скорлупы, выход инкубационных яиц) – ежедневно; массу яиц (3-дневный сбор яиц), г и морфологические качества яиц (толщина, прочность скорлупы, упругая деформация яиц) – в конце опыта.

Кровь для анализа отбирали из подкрыльцовой вены, для оценки уровня неспецифического иммунитета и естественной резистентности определяли лизоцимную и бактерицидную активность плазмы крови, а также показатели фагоцитоза.

Оборудование и технические средства. Исследование было проведено на базе ФНЦ ВНИТИП (г. Сергиев Посад) с применением следующего оборудования: измеритель прочности скорлупы яйца Orka Egg Force Reader (Orka Food Technology, Китай), измеритель толщины скорлупы яйца Orka Egg Shell Thickness Gauge (Orka Food Technology, Китай), лизоцимную и бактерицидную активность крови определяли нефелометрическим и фотонейфелометрическим методом на спектрофотометре В-1200 Экволю (Россия).

Статистическая обработка. Полученные результаты обрабатывали статистически с использованием t-критерия Стьюдента для оценки достоверности различий между группами на персональном компьютере с использованием программного обеспечения Microsoft Excel («Microsoft», США). Достоверные разности обозначали: * – $P < 0,05$, *** – $P < 0,001$.

Результаты исследования.

Основные зоотехнические показатели мясных кур при использовании комбикормов растительного типа с различными источниками микроэлементов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Зоотехнические показатели мясных кур за 8 недель продуктивного периода (31-39 недель жизни)
 Table 3. Zootechnical indicators of meat chickens for 8 weeks of productive period (31-39 weeks of life)

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Сохранность поголовья / The safety of the livestock population, %	100,0	100,0
Живая масса, г / Live weight, g:		
30 недель / 30 weeks	3680±37,2	3690±40,1
38 недель / 38 weeks	3950±35,5	3981±37,9
Яйценоскость на начальную несушку, шт. / Egg production per initial laying hen, pcs.	42	45
Масса яиц в 38-недельном возрасте, г / Egg weight at 38 weeks of age, g	58,17±0,31	58,40±0,39
Выход инкубационных яиц / Hatching rate of eggs, %	92,9	95,6

Сохранность поголовья за период опыта (30-38 недель жизни) была высокой и составила 100 %. Применение кормов растительного типа с разными источниками микроэлементов не повлияло на показатели живой массы птицы. В 38-недельном возрасте живая масса несушек находилась в пределах 3950-3981 г. При включении в комбикорма неорганических форм микроэлементов уровень яйценоскости за 8 недель опыта составил 42 яйца, а при использовании органических форм микроэлементов этот показатель у кур опытной группы был выше на 7,1 % и составил 45 яиц на несушку. Выход инкубационных яиц на несушку у кур контрольной группы находился на уровне 92,9 %, а у кур опытной группы этот показатель превышал птицу контрольной группы на 2,7 % и был на уровне 95,6 %.

Показатели естественной резистентности и неспецифического иммунитета мясных кур в возрасте 37 недель представлены в таблице 4.

Таблица 4. Показатели естественной резистентности и неспецифического иммунитета мясных кур

Table 4. Indicators of natural resistance and nonspecific immunity of meat chickens

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Лизоцимная активность сыворотки крови / <i>Lysozyme activity of blood serum</i> , %	36,71±0,16	37,14±0,20
Бактерицидная активность сыворотки крови / <i>Bactericidal activity of blood serum</i> , %	52,14±0,17	52,20±0,20
Фагоцитарная активность / <i>Phagocytic activity</i> , %	90,2±0,30	91,4±0,32
Фагоцитарный показатель / <i>Phagocytic index</i> %	21,03±0,51	20,11±0,49
Индекс завершенности фагоцитоза / <i>Phagocytosis completion index</i> , %	87,71±0,25	88,3±0,29

Как видно из таблицы, лизоцимная активность сыворотки у несушек контрольной группы находилась на уровне 37,71 %, а в опытной группе – 38,14 % ($P \leq 0,001$); бактерицидная активность – 52,14 % и 54,20 % ($P \leq 0,001$). Что касается фагоцитарной активности сыворотки крови опытной группы кур, получавшей комбикорм с добавкой органической формы микроэлементов, то этот показатель у них находился на уровне 54,2 % и был достоверно выше по сравнению с птицей контрольной группы ($P \leq 0,001$). По фагоцитарному показателю статистически достоверных различий между несушками опытной и контрольной групп не установлено. Индекс завершенности фагоцитоза у несушек контрольной и опытной групп мало различался.

Морфологические показатели качества яиц мясных кур представлен в таблице 5.

Таблица 5. Морфологические показатели качества яиц мясных кур в возрасте 260–267 суток (n=10)

Table 4. Morphological parameters of egg quality of meat chickens aged 260-267 days (n=10)

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Средняя масса яйца, г / <i>The average weight of an egg</i> , g	58,10±0,41	58,51±0,44
Относительная масса / <i>Relative mass</i> , %		
белка / <i>protein</i>	65,6±0,40	64,8±0,44
желтка / <i>yolk</i>	24,5±0,45	25,7±0,48
скорлупы / <i>shells</i>	10,1±0,06	10,5±0,14
Упругая деформация скорлупы, мкг / <i>Elastic deformation of the shell</i> , mcg	20,3±0,62	20,5±0,60
Толщина скорлупы, мм / <i>Shell thickness</i> , mm	0,321±0,008	0,372±0,006
Прочность скорлупы, кг / <i>Shell strength</i> , kg	3,41±0,29	3,91±0,26
Плотность яиц, г/см ³ / <i>Egg density</i> , g/cm ³	1,084±0,004	1,092±0,003
Индекс Хау / <i>Howe index</i>	87,2	87,4

По массе яиц, относительной массе белка, желтка и скорлупы значительных различий между группами не установлено. Так, среднее значение массы яиц кур составило по опытной группе 58,51 г, а в контрольной группе – 58,10 г. Однако следует указать, что при замене в комбикормах неорганической формы микроэлементов органическим в форме L-аспарагинатов и снижении уровня их ввода в корма, масса скорлупы яиц имела тенденцию к увеличению на 0,4 %.

Исследованиями установлено, что эффективность поступления кальция и фосфора в организм и их последующее встраивание в структуру яичной скорлупы обусловлены доступностью и достаточным уровнем микроэлементов – цинка, марганца, йода и других – в составе комбикорма. В связи с этим при диагностике причин ослабления скорлупы целесообразно провести анализ обеспеченности рациона данными микроэлементами и внести соответствующие корректировки.

По показателям толщины скорлупы, упругой деформации и прочности скорлупы яиц между группами несушек имелись изменения. У несушек опытной группы толщина скорлупы яиц была выше на 0,051 мм ($P \leq 0,05$), а упругая деформация – на 2,2 мкг ниже ($P \leq 0,05$) по сравнению с несушками контрольной группы, при этом прочность скорлупы была лучше, а индекс Хау – на уровне 87,2 и 87,4 и существенно не различался. Установленные закономерности указывают на высокую доступность микроэлементов из L-аспарагинатов при включении их в комбикорма взамен неорганических форм.

Таким образом, включение на 1 т комбикорма в расчете на элемент L-аспарагинатов железа в количестве 3 г; марганца – 12; цинка – 10; меди – 6,25; кобальта – 0,072; селена – 0,3 в форме ДАФС-25 и 0,1 г йода в органической форме и 1,15 г этого элемента в форме $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ позволило получить высокие зоотехнические показатели и показатели естественной резистентности, неспецифического иммунитета у мясных кур при хорошем качестве скорлупы яиц и выходе инкубационных яиц.

Обсуждение полученных результатов.

Полученные в исследовании данные свидетельствуют о том, что замена неорганических форм микроэлементов на органические (L-аспарагинаты) в комбикормах не оказала отрицательного влияния на сохранность поголовья (100 %) и живую массу кур. Это согласуется с результатами большинства исследований, в которых замена источников микроэлементов не сопровождалась изменениями живой массы и отхода птицы (Faghih-Mohammadi F et al., 2023; Manangi MK et al., 2015; Ramos-Vidales D et al., 2019). Так, в опытах на курах Hy-Line живая масса птицы при скормливании органических форм Mn, Zn и Cu оставалась на уровне контроля и соответствовала рекомендуемым значениям для данного кросса (Manangi MK et al., 2015); аналогичные данные получены и у несушек Bovans White (Ramos-Vidales D et al., 2019).

Превышение яйценоскости в опытной группе на 7,1 % (45 против 42 яиц на несушку за 8 недель) при использовании органических микроэлементов находится в диапазоне данных ряда авторов, отмечавших положительное влияние хелатных форм на продуктивность, особенно при снижении уровня ввода (Qiu JL et al., 2020; Stefanello C et al., 2014).

В частности, показано, что снижение уровня неорганических микроэлементов до 1/3 коммерческих норм приводило к достоверному падению яйценоскости, тогда как аналогичное снижение дозы органических (протеинатов) сохраняло продуктивность на уровне полной нормы (Qiu JL et al., 2020). Вместе с тем следует отметить, что в части публикаций существенных различий по яйценоскости между источниками микроэлементов не установлено (Stefanello C et al., 2014; Ramos-Vidales D et al., 2019), что объясняется достаточной обеспеченностью базовых рационов микроэлементами и возрастом птицы (Ramos-Vidales D et al., 2019). Выявленное в нашей работе улучшение яйценоскости, вероятно, обусловлено более высокой биодоступностью L-аспарагинатов, которые, в отличие от неорганических солей, защищены от антагонистических взаимодействий в кишечнике и всасываются по аминокислотным транспортным путям (Qiu JL et al., 2020; Sun Q et al., 2012).

Повышение выхода инкубационных яиц на 2,7 % (95,6 % против 92,9 %) у кур опытной группы согласуется с данными, полученными на родительском стаде бройлеров Ross 308, где полная и 50 %-ная замена неорганических форм микроэлементов хелатными увеличивала выводимость яиц и снижала эмбриональную смертность (Faghih-Mohammadi F et al., 2023). Сходные результаты получены и у родительского стада Cobb 500: включение комплексов микроэлементов с аминокислотами повышало массу и толщину скорлупы и снижало раннюю эмбриональную смертность (Favero A et al., 2013). Улучшение воспроизводительных качеств связывают с повышением

доступности Zn, Mn и Se, участвующих в регуляции половых гормонов, синтезе холестерина – предшественника стероидных гормонов – и в функционировании антиоксидантной системы (Faghih-Mohammadi F et al., 2023).

Достоверно более высокая лизоцимная (38,14 % против 37,71 %), бактерицидная (54,20 % против 52,14 %) и фагоцитарная ($P \leq 0,001$) активность сыворотки крови у несушек опытной группы подтверждает иммуномодулирующее действие органических микроэлементов. Аналогичные закономерности отмечены в работах, где замена неорганических солей на хелатные формы сопровождалась повышением титров антител к вирусу болезни Ньюкасла у родительского стада бройлеров (Faghih-Mohammadi F et al., 2023), увеличением IgG-ответа на антигенную стимуляцию у несушек (Manangi MK et al., 2015) и усилением экспрессии генов врожденного иммунитета (TLR2, TLR4, IL-12) у бройлеров (Echeverry H et al., 2016). Напротив, в ряде исследований иммунного ответа у несушек значимых различий между источниками микроэлементов не выявлено (Ramos-Vidales D et al., 2019), что авторы связывают с возрастными особенностями птицы и достаточной обеспеченностью рационов цинком и селеном. Полученные нами различия по показателям естественной резистентности, по-видимому, отражают более полное обеспечение Zn и Se иммунокомпетентных тканей при использовании высокодоступных L-аспарагинатов.

Отсутствие существенных различий по массе яиц (58,51 против 58,10 г) и относительной массе составных частей яйца соответствует литературным данным, согласно которым источник микроэлементов, как правило, не влияет на эти показатели (Stefanello C et al., 2014; Ramos-Vidales D et al., 2019; Sun Q et al., 2012; Carvalho L et al., 2015). В то же время тенденция к увеличению массы скорлупы на 0,4 % в опытной группе согласуется с выводами авторов, отмечавших положительное влияние органических форм Zn, Mn и Cu на процент скорлупы и её механические свойства (Stefanello C et al., 2014; Manangi MK et al., 2015).

Наиболее значимые различия между группами установлены по показателям качества скорлупы: толщина скорлупы в опытной группе была выше на 0,051 мм ($P \leq 0,05$), упругая деформация – ниже на 2,2 мкг ($P \leq 0,05$), при улучшении прочности скорлупы. Эти результаты хорошо согласуются с данными, согласно которым использование органических микроэлементов повышает прочность скорлупы на разрыв и толщину палисадного слоя, уменьшает плотность маммиллярных бугорков и улучшает ультраструктуру скорлупы (Qiu JL et al., 2020; Stefanello C et al., 2014; Manangi MK et al., 2015). Улучшение ультраструктуры объясняют участием Zn (кофактор карбоангидразы), Mn (активатор гликозилтрансфераз, синтез гликозаминогликанов) и Cu (кофактор лизилоксидазы) в формировании органического матрикса и кристаллической решётки скорлупы (Qiu JL et al., 2020; Manangi MK et al., 2015; Sun Q et al., 2012). Установлено также, что хелатные формы Zn и Mn повышают активность карбоангидразы и Mn-супероксиддисмутазы, что положительно сказывается на минерализации скорлупы (Sun Q et al., 2012). Неразличимые значения индекса Хау (87,2 и 87,4) согласуются с данными большинства авторов, не выявивших влияния источника микроэлементов на этот показатель (Stefanello C et al., 2014; Ramos-Vidales D et al., 2019; Carvalho L et al., 2015).

Таким образом, полученные результаты подтверждают концепцию о более высокой биодоступности органических форм микроэлементов, позволяющей снижать уровень их ввода в комбикорма без ущерба для продуктивности и даже с улучшением качества скорлупы (Qiu JL et al., 2020; Manangi MK et al., 2015; Carvalho L et al., 2015; Bai S et al. 2017; Silva GD et al., 2023).

Заключение.

Применение комбикормов с органическими формами микроэлементов в форме L-аспарагинатов для мясных кур линии СМ 9 кросса «Смена 9» в количестве: железа – 3 г; марганца – 12; цинка – 10; меди – 6,25; кобальта – 0,072; селена – 0,3 г в форме ДАФС-25 и 0,1 г йода в органической форме и 1,15 г этого элемента в форме $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ положительно отразилось на показателях яйценоскости, выходе инкубационных яиц при повышении качества скорлупы, а также показателей естественной резистентности и неспецифического иммунитета.

Список источников

1. ДАФС-25к в комбикормах для яичных кур / Ю.В. Иванцов, С.П. Божко, Д.Р. Древяко, В.А. Манукян, Е.Ю. Байковская // Птицеводство. 2024. № 7-8. С. 27-32. [Ivantsov YV, Bozhko SP, Drevko DR, Manukyan VA, Baykovskaya EY. Additive DAFS-25k in diets for laying hens. Poultry farming. 2024;7-8:27-32. (*In Russ.*)]. doi: 10.33845/0033-3239-2024-73-7-8-27-32
2. Казачкова Н.М., Картекинов К.Ш., Дускаев Г.К. Использование биологически активных веществ в кормлении сельскохозяйственной птицы //Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 08. С. 1037-1044. [Kazachkova NM., Kartekenov KSh., Duskaev GK. The use of biologically active substances in feeding poultry. Agrarian Bulletin of the Urals. 2024;24(08):1037-1044.(*In Russ.*)]. doi: 10.32417/1997-4868-2024-24-08-1037-1044
3. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова и др. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2013. 51 с. [Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN et al. Metodika provedeniya nauchnyh i proizvodstvennyh issledovaniy po kormleniyu sel'skohozyajstvennoj pticy. Molekulyarno-geneticheskie metody opredeleniya mikroflory kishechnika. Sergiev Posad: VNITIP; 2013:51 p. (*In Russ.*)].
4. Околелова Т.М., Енгашев С.В., Егоров И.А. Птицеводство: актуальные вопросы и ответы: монография. М.: РИОР, 2020. 267 с. [Okolelova T, Yengashyev S, Yegorov I. Poultry farming: current questions and answers: monograph. Moscow: Publishing Center RIOR; 2020:267 p. (*In Russ.*)]. doi: 10.29039/02023-4
5. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в кормлении цыплят-бройлеров / А.Г. Кошчаев, Н.П. Шевченко, Р.Ф. Капустин, А.И. Шевченко, О.Е. Татьяначева, Т.С. Павличенко, Н.В. Перевозчиков // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 100. С. 298-306. [Koshchaev AG, Shevchenko NP, Kapustin RF, Shevchenko AI, Tatyanchicheva OE, Pavlichenko TS, Perevozchikov NV. Action features of trace elements organic and inorganic sources in the broiler chickens feeding. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022;100:298-306. (*In Russ.*)]. doi: 10.21515/1999-1703-100-298-306
6. Подобед Л.И., Степаненко А.Н., Капитонова Е.А. Руководство по минеральному питанию сельскохозяйственной птицы: монография. Одесса: Акватория, 2016. 360 с. [Podobed LI, Stepanenko AN, Kapitonova EA. Rukovodstvo po mineral'nomu pitaniyu sel'skohozyajstvennoj pticy: monografiya. Odessa: Akvatoriya; 2016:360 p. (*In Russ.*)].
7. Пономаренко Ю.А., Фисинин В.И., Егоров И.А. Питательность, безопасность кормовых компонентов, комбикормов: современные подходы к питанию животных: монография. М., 2025. 694 с. [Ponomarenko YuA, Fisinin VI, Egorov IA. Pitatel'nost', bezopasnost' kormovykh komponentov, kombikormov: sovremennye podhody k pitaniyu zhivotnyh: monografiya. Moscow; 2025:694 p. (*In Russ.*)].
8. Руководство по работе с птицей мясного кросса «Смена 9» с аутосексной материнской родительской формой / Д.Н. Ефимов, А.В. Егорова, Ж.В. Емануйлова и др.; под общ. ред. академика РАН В.И. Фисинина. Сергиев Посад, 2021. 95 с. [Efimov DN, Egorova AV, Emanujlova ZhV et al. Rukovodstvo po rabote s pticej myasnogo krossa «Smena 9» s autoseksnoj materinskoj roditel'skoj formoj. Pod obshch. red. akademika RAN V.I. Fisinina. Sergiev Posad; 2021:95 p. (*In Russ.*)].
9. Abd El-Hack ME, Alagawany M, Arif M, Chaudhry MT, Emam M, Patra A. Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: A review. World's Poultry Science Journal. 2017;73(4):904-915. doi: 10.1017/S0043933917000769
10. Adefegha SA. Trace elements in nutrition. In: Oladiji AT, Oladele JO, Ajay EIO, editors. Nutrition and diet in health, 1st edn. Boca Raton: CRC Press; 2024:16-20. doi: 10.1201/9781003361497-4
11. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Tiwari R, Yatoo MI, Karthik K, Michalak I, Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in

poultry production and health - a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2020;41(1):1-29. doi: 10.1080/01652176.2020.185788

12. Bai S, Jin G, Li D, Ding X, Wang J, Zhang K, Zeng Q, Ji F, Zhao J. Dietary organic trace minerals level influences eggshell quality and minerals retention in hens. *Annals of Animal Science*. 2017; 17(2):503-515. doi: 10.1515/aoas-2016-0074

13. Carvalho L, Rosa DRV, Litz FH, Fagundes NS, Fernandes E. Effect of the inclusion of organic copper, manganese, and zinc in the diet of layers on mineral excretion, egg production, and eggshell quality. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2015;17(spe):87-92. doi: 10.1590/1516-635xspecialissuenutrition-poultryfeedingadditives087-092

14. Echeverry H, Yitbarek A, Munyaka P, Alizadeh M, Cleaver A, Camelo-Jaimes G, Wang P, O K, Rodriguez-Lecompte JC. Organic trace mineral supplementation enhances local and systemic innate immune responses and modulates oxidative stress in broiler chickens. *Poultry Science*. 2016;95(3):518-527. doi: 10.3382/ps/pev374

15. Faghih-Mohammadi F, Seidavi A, Bouyeh M. Effects of the dietary chelated form of trace minerals on hatchability, immune system response, blood constituents, and estrogen hormone in Ross 308 broiler breeders. *Biologia*. 2023;78(12):3427-3439. doi: 10.1007/s11756-023-01480-w

16. Favero A, Vieira SL, Angel CR, Bess F, Cemin HS, Ward TL. Reproductive performance of Cobb 500 breeder hens fed diets supplemented with zinc, manganese, and copper from inorganic and amino acid-complexed sources. *Journal of Applied Poultry Research*. 2013;22(1):80-91. doi: 10.3382/japr.2012-00607

17. Li Y, Mu T, Li R, Miao S, Jian H, Dong X, Zou X. Effects of different selenium sources and levels on the physiological state, selenoprotein expression, and production and preservation of selenium-enriched eggs in laying hens. *Poult Sci*. 2024;103(2):103347. doi: 10.1016/j.psj.2023.103347

18. Ligas B, Izydorezyk G, Mikula K, Skrzypczak D, Konkol D, Korczyński M, Witek-Krowiak A, Chojnacka K. Valorization of postextraction residues-analysis of the influence of new feed additives with micronutrients on eggs quality parameters. *Poultry Science*. 2021;100(11):101416. doi: 10.1016/j.psj.2021.101416

19. Manangi MK, Vazques-Añon M, Richards JD, Carter S, Knight CD. The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 2015;24(3):316-326. doi: 10.3382/japr/pfv029

20. Noetzold TL, Vieira SL, Favero A, Horn RM, Silva CM, Martins GB. Manganese requirements of broiler breeder hens. *Poult Sci*. 2020;99(11):5814-5826. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.085

21. Qiu JL, Zhou Q, Zhu JM, Lu XT, Liu B, Yu DY, Lin G, Ao T, Xu JM. Organic trace minerals improve eggshell quality by improving the eggshell ultrastructure of laying hens during the late laying period. *Poultry Science*. 2020;99(3):1483-1490. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.006

22. Ramos-Vidales D, Gómez-Verduzco G, Cortes-Cuevas A, del Río-García JC, Fernández-Tinoco S, Chárraga-Aguilar S, Ávila-González E. Organic trace minerals on productive performance, egg quality and immune response in Bovans White laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019;103(5):1484-1491. doi: 10.1111/jpn.13156

23. da Silva GD et al. Organic or inorganic zinc for laying hens? A systematic review and meta-analysis of the effects of zinc sources on laying performance, egg quality, and zinc excretion. *Biological Trace Element Research*. 2023;202(6):2812-2827. doi: 10.1007/s12011-023-03861-3

24. Sizova EA, Belyatskaya YN, Miroshnikov SA. Comparative study of efficiency and safety of using of different zinc and copper sources in broiler chicken feeding for poultry meat production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;624(1):012044. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012044

25. Stanačev VS, Milošević N, Stanačev VŽ, Puvača N, Milić D., Pavlovski Z. Chelating forms of microelements in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 2014;70(1):105-112. doi: 10.1017/S0043933914000099

26. Stefanello C, Santos TC, Murakami AE, Martins EN, Carneiro TC. Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. *Poultry Science*. 2014;93(1):104-113. doi: 10.3382/ps.2013-03190
27. Sun Q, Guo Y, Li J, Zhang T, Wen J. Effects of methionine hydroxy analog chelated Cu/Mn/Zn on laying performance, egg quality, enzyme activity and mineral retention of laying hens. *The Journal of Poultry Science*. 2012;49(1):20-25. doi: 10.2141/jpsa.011055
28. Świątkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Józefiak D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*. 2014;70(3):475-486. doi: 10.1017/S0043933914000531
29. Zhilochkina TI, Egorov IA, Andrianova EN, Mkrtchyan ME, Taimusova EN. Effect of the complex of microelements in the form of Lasparaginates on zootechnical parameters and morphometry of bone and muscle tissue of broiler chickens. *BIO Web of Conferences*. 2022;48:03005. doi: 10.1051/bioconf/20224803005

References

1. Ivantsov YV, Bozhko SP, Drevko DR, Manukyan VA, Baykovskaya EY. Additive DAFS-25k in diets for laying hens. *Poultry farming*. 2024;7-8:27-32. doi: 10.33845/0033-3239-2024-73-7-8-27-32
2. Kazachkova NM., Kartekenov KSh., Duskaev GK. The use of biologically active substances in feeding poultry. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024;24(08):1037-1044. doi: 10.32417/1997-4868-2024-24-08-1037-1044
3. Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN et al. Methodology for conducting scientific and industrial research on poultry feeding. *Molecular genetic methods for determining intestinal microflora*. Sergiev Posad: VNITIP; 2013: 51 p.
4. Okolelova T, Yengashyev S, Yegorov I. *Poultry farming: current questions and answers: monograph*. Moscow: Publishing Center RIOR; 2020: 267 p. doi: 10.29039/02023-4
5. Koshchaev AG, Shevchenko NP, Kapustin RF, Shevchenko AI, Tatyanchikova OE, Pavlichenko TS, Perevozchikov NV. Action features of trace elements organic and inorganic sources in the broiler chickens feeding. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022;100:298-306. doi: 10.21515/1999-1703-100-298-306
6. Podobed LI, Stepanenko AN, Kapitonova EA. *Guide to mineral nutrition of agricultural poultry: monograph*. Odessa: Akvatoriya; 2016:360 p.
7. Ponomarenko YuA, Fisinin VI, Egorov IA. *Nutritional Value and Safety of Feed Components and Compound Feeds: Modern Approaches to Animal Nutrition: Monograph*. Moscow; 2025:694 p.
8. Efimov DN, Egorova AV, Emanujlova ZhV et al. *Guide to Working with Poultry of the Smena 9 Meat Cross with Autosexed Maternal Parental Form* edited by Academician of the Russian Academy of Sciences V.I. Fisinin. Sergiev Posad; 2021: 95 p.
9. Abd El-Hack ME, Alagawany M, Arif M, Chaudhry MT, Emam M, Patra A. Organic or inorganic zinc in poultry nutrition: A review. *World's Poultry Science Journal*. 2017;73(4):904-915. doi: 10.1017/S0043933917000769
10. Adefegha SA. Trace elements in nutrition. In: Oladiji AT, Oladele JO, Ajay EIO, editors. *Nutrition and diet in health*, 1st edn. Boca Raton: CRC Press; 2024:16-20. doi: 10.1201/9781003361497-4
11. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Tiwari R, Yatoo MI, Karthik K, Michalak I, Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health - a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 2020;41(1):1-29. doi: 10.1080/01652176.2020.185788
12. Bai S, Jin G, Li D, Ding X, Wang J, Zhang K, Zeng Q, Ji F, Zhao J. Dietary organic trace minerals level influences eggshell quality and minerals retention in hens. *Annals of Animal Science*. 2017;17(2):503-515. doi: 10.1515/aoas-2016-0074

13. Carvalho L, Rosa DRV, Litz FH, Fagundes NS, Fernandes E. Effect of the inclusion of organic copper, manganese, and zinc in the diet of layers on mineral excretion, egg production, and eggshell quality. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2015;17(spe):87-92. doi: 10.1590/1516-635xspecialissuenutrition-poultryfeedingadditives087-092
14. Echeverry H, Yitbarek A, Munyaka P, Alizadeh M, Cleaver A, Camelo-Jaimes G, Wang P, O K, Rodriguez-Lecompte JC. Organic trace mineral supplementation enhances local and systemic innate immune responses and modulates oxidative stress in broiler chickens. *Poultry Science*. 2016;95(3):518-527. doi: 10.3382/ps/pev374
15. Faghih-Mohammadi F, Seidavi A, Bouyeh M. Effects of the dietary chelated form of trace minerals on hatchability, immune system response, blood constituents, and estrogen hormone in Ross 308 broiler breeders. *Biologia*. 2023;78(12):3427-3439. doi: 10.1007/s11756-023-01480-w
16. Favero A, Vieira SL, Angel CR, Bess F, Cemin HS, Ward TL. Reproductive performance of Cobb 500 breeder hens fed diets supplemented with zinc, manganese, and copper from inorganic and amino acid-complexed sources. *Journal of Applied Poultry Research*. 2013;22(1):80-91. doi: 10.3382/japr.2012-00607
17. Li Y, Mu T, Li R, Miao S, Jian H, Dong X, Zou X. Effects of different selenium sources and levels on the physiological state, selenoprotein expression, and production and preservation of selenium-enriched eggs in laying hens. *Poult Sci*. 2024;103(2):103347. doi: 10.1016/j.psj.2023.103347
18. Ligas B, Izydorczyk G, Mikula K, Skrzypczak D, Konkol D, Korczyński M, Witek-Krowiak A, Chojnacka K. Valorization of postextraction residues-analysis of the influence of new feed additives with micronutrients on eggs quality parameters. *Poultry Science*. 2021;100(11):101416. doi: 10.1016/j.psj.2021.101416
19. Manangi MK, Vazques-Añon M, Richards JD, Carter S, Knight CD. The impact of feeding supplemental chelated trace minerals on shell quality, tibia breaking strength, and immune response in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 2015;24(3):316-326. doi: 10.3382/japr/pfv029
20. Noetzold TL, Vieira SL, Favero A, Horn RM, Silva CM, Martins GB. Manganese requirements of broiler breeder hens. *Poult Sci*. 2020;99(11):5814-5826. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.085
21. Qiu JL, Zhou Q, Zhu JM, Lu XT, Liu B, Yu DY, Lin G, Ao T, Xu JM. Organic trace minerals improve eggshell quality by improving the eggshell ultrastructure of laying hens during the late laying period. *Poultry Science*. 2020;99(3):1483-1490. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.006
22. Ramos-Vidales D, Gómez-Verduzco G, Cortes-Cuevas A, del Río-García JC, Fernández-Tinoco S, Chárraga-Aguilar S, Ávila-González E. Organic trace minerals on productive performance, egg quality and immune response in Bovans White laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019;103(5):1484-1491. doi: 10.1111/jpn.13156
23. da Silva GD et al. Organic or inorganic zinc for laying hens? A systematic review and meta-analysis of the effects of zinc sources on laying performance, egg quality, and zinc excretion. *Biological Trace Element Research*. 2023;202(6):2812-2827. doi: 10.1007/s12011-023-03861-3
24. Sizova EA, Belyatskaya YN, Miroshnikov SA. Comparative study of efficiency and safety of using of different zinc and copper sources in broiler chicken feeding for poultry meat production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;624(1):012044. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012044
25. Stanačev VS, Milošević N, Stanačev VŽ, Puvača N, Milić D., Pavlovski Z. Chelating forms of microelements in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 2014;70(1):105-112. doi: 10.1017/S0043933914000099
26. Stefanello C, Santos TC, Murakami AE, Martins EN, Carneiro TC. Productive performance, eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with organic trace minerals. *Poultry Science*. 2014;93(1):104-113. doi: 10.3382/ps.2013-03190
27. Sun Q, Guo Y, Li J, Zhang T, Wen J. Effects of methionine hydroxy analog chelated Cu/Mn/Zn on laying performance, egg quality, enzyme activity and mineral retention of laying hens. *The Journal of Poultry Science*. 2012;49(1):20-25. doi: 10.2141/jpsa.011055

28. Świątkiewicz S, Arczewska-Włosek A, Józefiak D. The efficacy of organic minerals in poultry nutrition: review and implications of recent studies. *World's Poultry Science Journal*. 2014;70(3):475-486. doi: 10.1017/S0043933914000531

29. Zhilochkina TI, Egorov IA, Andrianova EN, Mkrtchyan ME, Taimusova EN. Effect of the complex of microelements in the form of Lasparaginate on zootechnical parameters and morphometry of bone and muscle tissue of broiler chickens. *BIO Web of Conferences*. 2022;48:03005. doi: 10.1051/bioconf/20224803005

Информация об авторах:

Владимир Иванович Фисинин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАСХН, научный руководитель, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Иван Афанасьевич Егоров, доктор биологических наук, профессор, академик РАСХН, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Татьяна Анатольевна Егорова, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Вардгес Агавардович Манукян, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом питания птицы, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Татьяна Николаевна Ленкова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ученый секретарь, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Мария Сергеевна Тищенко, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Екатерина Сергеевна Демидова, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Лев Михайлович Кашпоров, главный специалист, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Роман Евгеньевич Щеголев, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Юлия Александровна Рагулина, главный специалист, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 141311, Московская область, г. Сергиев Посад, ул. Птицеградская, д. 10.

Information about the authors:

Vladimir I Fisinin, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Scientific Supervisor, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Ivan A Egorov, Dr Sci. (Biology), Professor, Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Tatyana A Egorova, Dr Sci. (Agriculture), Leading Researcher, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Vardges A Manukyan, Dr Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Head of the Department of Poultry Nutrition, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Tatyana N Lenkova, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Scientific Secretary, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Maria S Tishenkova, Junior Researcher, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Ekaterina S Demidova, Junior Researcher, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Lev M Kashporov, Specialist, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Roman E Shchegolev, Junior Researcher, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Yulia A Ragulina, Chief Specialist, All-Russian Research and Technological Institute of Poultry of Russian Academy of Sciences, Ptitsegradskaya Street, 10, Sergiev Posad, Moscow Region, 141311, Russia.

Статья поступила в редакцию 08.07.2026; одобрена после рецензирования 20.07.2026; принята к публикации 14.09.2026.

The article was submitted 08.07.2026; approved after reviewing 20.07.2026; accepted for publication 14.09.2026.