

УДК 636.5:577.17

DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-220

Продуктивное действие комплексного применения аминокислот и диоксида кремния при выращивании цыплят-бройлеров

Р.З. Мустафин¹, А.С. Мустафина²

¹ *Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)*

² *Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)*

Аннотация. Всё больше исследований в области выращивания, содержания и кормления сельскохозяйственных животных и птицы направлены на применение и использование минеральных веществ в ультрадисперсном виде, поскольку они обладают большей проникающей способностью и биодоступностью.

Для проведения эксперимента были сформированы методом аналогов 4 группы цыплят-бройлеров кросса «Арбор-Айкрес» суточного возраста (n=30). В ходе исследования было установлено действие аминокислот и ультраразмерного диоксида кремния как отдельно, так и в комплексе на живую массу и мясную продуктивность цыплят-бройлеров.

Было выявлено, что комплексное применение в кормлении цыплят-бройлеров аминокислот «аргинин+лизин+метионин» и диоксида кремния в рациональной дозе увеличило живую массу к середине опыта на 8,5 % (P≤0,01), а к концу эксперимента – на 12,3 % (P≤0,05) по сравнению с аналогичными значениями контрольной группы. При этом среднесуточный и абсолютный приросты живой массы также были выше контрольных значений к концу эксперимента на 18,1 %. Комплекс данных препаратов сказался и на мясной продуктивности цыплят-бройлеров, которая выразилась в увеличении массы полупотрошённой тушки на 15,3 %, массы потрошённой тушки – на 17,0 %, убойный выход увеличился на 5,7 %.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, аминокислоты, диоксид кремния, мясная продуктивность.

UDC 636.5:577.17

The productive effect of complex use of amino acids and silicon dioxide growing broiler chickens

Ramis Z Mustafin¹, Alexandra S Mustafina²

¹ *Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)*

² *Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)*

Summary. More and more research in the field of raising, keeping and feeding farm animals and poultry is directed to the use and use of minerals in an ultrafine form, since they have a greater penetrating ability and bioavailability.

For the experiment, 4 groups of one-day broiler crosses "Arbor-Acres" (n = 30) were formed by the method of analogues. In the course of the study, the effect of amino acids and ultra-sized silicon dioxide, both separately and in combination, on the live weight and meat productivity of broiler chickens was established.

It was found that the complex use of the amino acids "arginine + lysine + methionine" and silicon dioxide in a rational dose in feeding broiler chickens increased the live weight by 8.5% by the middle of the experiment (P≤0.01), and by the end of the experiment by 12.3% (P≤0.05) compared to the same values in the control group. At the same time, the average daily and absolute gain in live weight were also higher than the control values by the end of the experiment by 18.1%. The complex of these preparations also affected meat productivity of broiler chickens, which was expressed in an increase in the weight of the semieviscerated carcass by 15.3%, the weight of the eviscerated poultry carcass by 17.0%, the slaughter yield increased by 5.7%.

Key words: broiler chickens, feeding, amino acids, silicon dioxide, meat productivity

Введение.

Производство продуктов питания и их качество являются одной из важных задач аграрного комплекса страны. Решением этой задачи занимаются специалисты, связанные с кормлением и содержанием сельскохозяйственных животных и птиц. Полноценное сбалансированное питание – это основная часть в кормлении, которая направлена на то, чтобы организм животных и птицы получал весь набор питательных веществ, необходимый ему по уровню продуктивности и физиологическому состоянию (Буянкин Н.Ф. и Матюшкин В.Г., 2008).

Мясная продуктивность сельскохозяйственной птицы характеризуется живой массой и мясными качествами. Помимо этого особое значение придается и качеству получаемого мяса. Жизнеспособность, скорость роста цыплят-бройлеров и оплата корма определяют экономическую эффективность мясной продуктивности сельскохозяйственной птицы.

Полноценное сбалансированное питание сельскохозяйственных животных и птицы невозможно без минеральных веществ, так как они важны про процессов жизнедеятельности. Элементы являются структурными звеньями при развитии и формировании тканей и органов, участвуют во всех биохимических реакциях в организме, тем самым поддерживая нормальный обмен веществ, который обеспечивает процессы жизнедеятельности (Дрогалев А.А., 2017). Кремнию отведена важная роль, так как он необходим для нормального течения таких жизненно важных процессов, как обмен белков, жиров, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов. Также он необходим для роста, развития и функционирования костной и соединительной тканей (Буянкин Н.Ф., 2011).

Доказано, что кремний влияет на рост и развитие соединительной ткани и придает ей прочность, формирует целостность и эластичность кровеносных сосудов, а также препятствует проникновению липидов в плазму крови (Воронков М.Г., 1988). Эластичность и гибкость кровеносных сосудов обеспечиваются за счёт большого содержания кремния в эластине и коллагене. Также установлено, что липидный обмен, метаболизм фосфора и других минеральных элементов зависит от количества потреблённого кремния. Недостаток кремния в кормах провоцирует нарушение костной ткани. (Жолобова И.С. и др., 2014).

С целью повышения мясной продуктивности сельскохозяйственной птицы во всём мире ведутся исследования селекционных качеств и технологий кормления птицы. Однако мясная продуктивность напрямую зависит от полноценного сбалансированного кормления, в том числе и применения новых кормовых добавок, которые влияют на среднесуточные и абсолютные приросты живой массы, продолжительность откорма, биологическую ценность и питательность мяса птицы.

Цель исследования.

Изучить влияние аминокислот и диоксида кремния как отдельно, так и в комплексе на мясную продуктивность цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса «Арбор-Айкрес».

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Для исследования в условиях вивария ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН было отобрано 120 голов здоровых цыплят-бройлеров и сформированы группы по 30 цыплят по принципу аналогов методом случайной выборки. Птица содержалась в клетках размером 90×45×45 см и маркировалась пластиковыми бирками. Условия содержания соответствовали рекомендациям ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2004).

Кормили птицу 2 раза в сутки сухими сбалансированными комбикормами с параметрами питательности, соответствующими рекомендуемым нормам ВНИТИП (Егорова И.А. и др., 1992). В период учётного периода птице 1 опытной группы дополнительно вводили аминокислоты, птице 2 опытной группы – 300 мг ультрадисперсного диоксида кремния на кг корма после диспергирования (45 мин) в физиологическом растворе с помощью УЗДН-2Т (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 45 мин), птице 3 опытной группы – комплекс аминокислот и диоксида кремния.

В качестве препаратов аминокислот использовали: метионин кормовой (2 г/кг), монохлоргидрат лизина (6 г/кг), гидрохлорид аргинина (7 г/кг). Дозировки ввода в рацион препаратов аминокислот выбраны с учётом ранее проведённых исследований (Яшуева Е.В., 2016).

В эксперименте использовали диоксид кремния в ультрадисперсном виде, представляющий собой рассыпчатый аморфный белый порошок без специфического запаха, массовая доля кремния в котором не менее 99,8 %, гидродинамический диаметр – 388 ± 117 нм. Рациональная доза выбрана с учётом ранее проведённых исследований (Мустафина А.С. и Никулин В.Н., 2019; Мирошников С.А. и др., 2020; Никулин В.Н. и Мустафина А.С., 2020).

Стартовый комбикорм представлял собой пшенично-кукурузную смесь с добавлением соевого и подсолнечникового шрота, а также рыбной муки. В комбикорме содержалось 12,1 МДж/кг обменной энергии, сухого вещества – 84,0 %, сырого протеина – 25,71 %, сырой клетчатки – 5,3 %, сырого жира – 7,0 %. Ростовой комбикорм – это также пшенично-кукурузная смесь, но с меньшим процентом соевого и подсолнечникового шрота. В ростовом комбикорме содержалось 11,8 МДж/кг обменной энергии, сухого вещества – 85,0 %, сырого протеина – 19,75 % (что меньше на 6,0 %), сырой клетчатки – 4,3 %, сырого жира – 5,4 %.

Контроль за ростом птицы осуществлялся на протяжении всего опыта. Учёт живой массы осуществлялся один раз в неделю путём индивидуального взвешивания. Знание живой массы цыплят-бройлеров позволило рассчитать абсолютный и среднесуточный приросты. Сохранность опытной птицы в период эксперимента составила 100 %. Потребление кормов цыплятами учитывали ежедневно в каждой группе.

Статистическая обработка. Статистическую обработку полученных данных с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Данные представлены в виде: среднее (M) \pm стандартная ошибка среднего (m). Достоверными считали различия при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Живая масса суточных цыплят в среднем составляла 52 грамма. После начала использования изучаемых добавок живая масса цыплят-бройлеров опытных групп была выше значений птицы контрольной группы. Живая масса цыплят-бройлеров в опытных группах на 21 сутки была выше контрольных значений на 4,3 %, 1,5 % и 6,1 % соответственно, причём данное значение для 3 опытной группы достоверно ($P \leq 0,05$) (рис. 1).

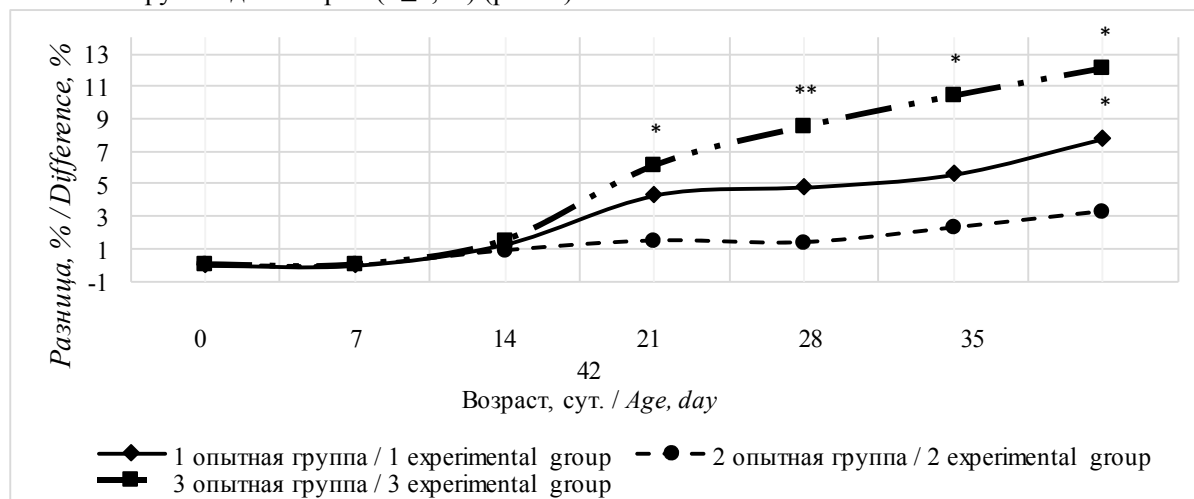


Рис. 1 – Разница живой массы цыплят-бройлеров опытных групп по сравнению с контрольной, %

Figure 1 – Change of difference of live weight of broiler chickens of control and experimental groups, %

Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой

Note: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$ comparison with control group

Дальнейшее достоверное увеличение отмечено только для 3 опытной группы и составляет к 28 суткам 8,5 % ($P \leq 0,01$), к 35 суткам – 10,4 % ($P \leq 0,05$) и к 42 суткам – 12,3 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с аналогичными значениями контрольной группы. Живая масса цыплят-бройлеров 1 опытной группы достоверно была выше значений живой массы птицы контрольной группы на 7,8 % ($P \leq 0,05$).

За время эксперимента случаев падежа подопытных цыплят-бройлеров не отмечено, сохранность составила 100 % во всех исследуемых группах. Среднесуточный приросты живой массы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров ($M \pm m$), г
Table 1. Average daily live weight increase of broiler chickens ($M \pm m$), g

Возраст, сут/ Age, day	Группа / Group			
	контрольная /control	1 опытная / 1 experimental	2 опытная / 2 experimental	3 опытная / 3 experimental
1	24,57±0,52	24,54±0,52	24,51±0,57	24,54±0,47
7	29,86±1,27	30,66±0,89	30,40±1,32	30,80±1,16
14	52,25±2,23	53,65±1,55	53,20±2,31	53,90±2,04
21	55,03±2,94	59,20±3,50	56,20±1,96	61,20±3,28*
28	63,64±3,42	63,64±3,42	60,89±3,03	68,06±3,22**
35	67,80±1,87	70,14±2,35	68,24±7,66	76,08±3,15*
42	70,41±2,61	81,22±2,04**	75,14±3,10*	83,18±5,70

Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой
Note: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$ comparison with control group

К концу эксперимента среднесуточный прирост живой массы для цыплят-бройлеров 1 опытной группы составил 81,22 грамма, что на 10,81 грамма выше, чем в контроле. Для птицы 2 опытной группы этот показатель составил 75,14 грамма, что выше контрольных значений на 4,73 грамма. Наивысший среднесуточный прирост живой массы – 83,18 г был отмечен у цыплят-бройлеров 3 опытной группы к концу эксперимента, что на 12,77 грамма выше, чем в контрольной группе. Абсолютный прирост живой массы к середине эксперимента у цыплят-бройлеров опытных групп был выше контрольных значений на 5,9 %, 1,2 % и 13,1 % соответственно. К концу опыта эта разница составила для 1 опытной группы – 15,4 %, 2 опытной – 6,7 %, 3 опытной – 18,1 % по сравнению с аналогичным значением контрольной группы.

Мясная продуктивность цыплят-бройлеров зависит во многом не только от живой массы, но и от целого ряда качественных характеристик мяса и субпродуктов. Анализ мясной продуктивности подопытных цыплят-бройлеров выявил преимущество комплексного использования в рационе аминокислот «аргинин+лизин+метионин» и диоксида кремния (рис. 2).

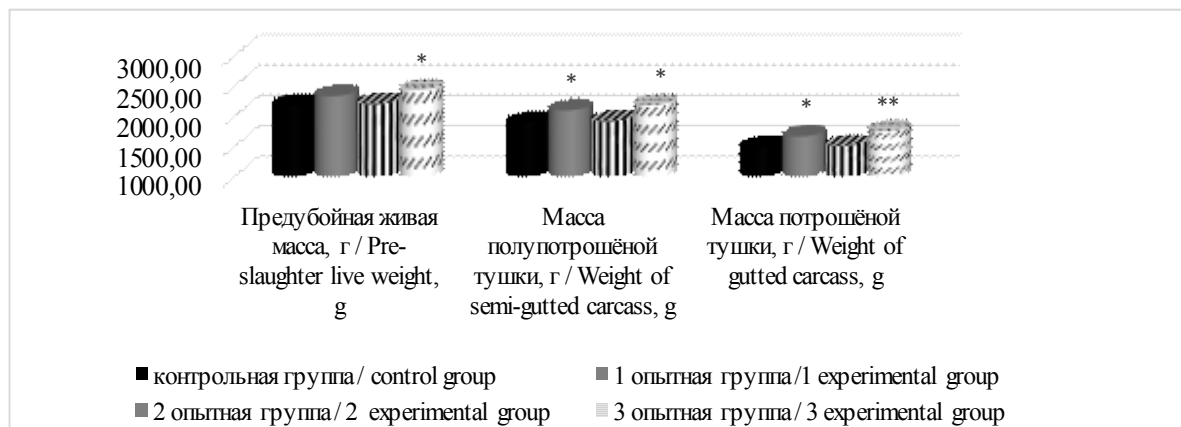


Рис. 2 – Показатели мясной продуктивности цыплят-бройлеров
Figure 2 – Indicators of meat productivity of broiler chickens

Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$ в сравнении с контрольной группой
Note: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$ comparison with control group

Сочетание комплекса аминокислот «аргинин+лизин+метионин» с диоксидом кремния повысило предубойную живую массу цыплят-бройлеров 3 опытной группы на 11,5 %, в то время как использование только аминокислот в 1 опытной группе увеличило живую массу птицы на 7,0 %, а применение диоксида кремния во 2 опытной группе повысило живую массу цыплят лишь на 1,0 %.

Данное обстоятельство отразилось и на массе полупотрошённой тушки опытных цыплят-бройлеров, которая была выше контрольного значения на 10,7 %, 1,3 % и 15,3 % соответственно для 1, 2 и 3 опытных групп. Наивысший выход потрошеной тушки отмечен в 1 и 3 опытных группах, что на 12,0 % и 17,0 % выше контрольного значения.

Убойный выход тушки был довольно высоким в 1 и 3 опытных группах. Однако максимальное увеличение данного показателя было отмечено в 3 опытной группе цыплят-бройлеров, которым скармливали аминокислоты и диоксид кремния в комплексе, что выше контрольного значения на 5,7 %.

Обсуждение полученных результатов.

«Никакой организм не может существовать и развиваться без кремния», – писал в 1944 году знаменитый академик В.И. Вернадский. Экспериментально доказано, что на безкремневой диете животные и птица отстают в росте и развитии, ухудшается состояние шерсти, перьев и костей (Колесников М.П., 2001).

В животноводстве кремнийсодержащие минералы и добавки применяются для укрепления костного скелета животных и птицы. Помимо прочего, кремнийсодержащие препараты необходимы для нормального функционирования обменных процессов в организме, а именно для обмена жиров, белков, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов. Но их использование не всегда эффективно, поскольку доступность элементов из минеральных форм составляет 25-40 %. Поэтому переход на ультрамелкие формы является актуальным. Ультрамелкий диоксид кремния довольно активно используется во многих областях медицины и сельского хозяйства, так как он обладает уникальной биосовместимостью (Tang M et al., 2018), имеет различные модификации поверхности частиц (Barnes TJ et al., 2013; Salonen J and Mäkilä E, 2018), низкотоксичен (Murugadoss S et al., 2017) и термостабилен (Wang G et al., 2015, 2016).

Благодаря особенностям химической структуры кремний может создавать электрически заряженные коллоидные системы, обладающие силой притяжения. Эти системы притягивают к себе болезнетворные микробы и вирусы. Уникальность данной способности состоит в том, что она избирательна: вредоносные микроорганизмы приклеиваются к кремнию и за счёт его адсорбционных свойств и вместе с ним выводятся из организма, а полезные и необходимые остаются. Ионы кремния стимулируют фагоцитоз, улучшают общую сопротивляемость организма вирусным и инфекционным заболеваниям, повышая иммунитет (Меликян М.А. и Давтян В.Г., 2019).

Исследования подтвердили, что ультрамелкие частицы кремния способны активировать функциональную активность лейкоцитов, а именно гранулоцитов, что увеличивает интенсивность метаболических процессов, которая приводит к активности бактерицидных потенциалов и их истощению. Также отмечена способность ультрадисперсных частиц кремния активировать моноциты и макрофаги (Колбин И.А. и Колесников О.Л., 2011).

Экспериментально установлено, что доза 300 мг ультрамелкого диоксида кремния на килограмм комбикорма, используемого при выращивании цыплят-бройлеров, наиболее целесообразна, так как живая масса птицы увеличилась на 3,5 %, среднесуточный прирост – на 3,8 %, затраты корма на единицу прироста снизились на 3,5 %. Ростостимулирующие действие данного препарата подтверждается и основными показателями крови подопытных цыплят: содержание белка в крови увеличилось на 11,0 % ($P \leq 0,05$), альбумина – на 8,8 % ($P \leq 0,05$), глюкозы – на 15,0 % ($P \leq 0,05$), количество эритроцитов – на 8,0 % ($P \leq 0,01$), концентрация гемоглобина – на 12,0 % ($P \leq 0,05$) (Мустафина А.С. и Никулин В.Н., 2019; Мирошников С.А. и др., 2020; Никулин В.Н. и Мустафина А.С., 2020)

Использование и нормирование аминокислот в комбикормах является основной и важной частью работы, которая направлена на улучшения мясных качеств цыплят-бройлеров. Увеличение в комбикормах аминокислот лизина и метионина до 15,0 % повышает показатели мясной продуктивности: массу съедобных частей тушки – до 5,1 %, массу грудных мышц – на 11,0-12,4 %. Увеличение этих же аминокислот на 20,0 % способствовало снижению показателей контрольного убоя (Мальцева Н.А. и др., 2015).

Использование аргинина в кормлении цыплят-бройлеров увеличило массу потрошёной тушки на 7,5 % и повысило убойный выход до 69,6 %. Аргинин и лизин в рационе цыплят также увеличил массу потрошёной тушки и повысил убойный выход на 8,8 % и 1,0 %. Дополнительное применение метионина к аргинину и лизину увеличило показатели потрошёной тушки и убойный выход в сравнении с контролем на 12,0 % и 1,6 % соответственно (Яушева Е.В., 2016). Применение аргинина и других аминокислот в комбикормах для сельскохозяйственной птицы приводило к увеличению прироста живой массы птицы, что подтверждало связь аргинина с ростостимулирующими процессами (Szabó J et al., 2014; Bautista-Ortega J et al., 2014).

Совместное использование аминокислот и элементов в ультраразмерной форме более эффективно по сравнению с минеральной и хелатной формой, что отражено в наших исследованиях.

Использование в кормлении мясных цыплят комплекса наночинк-метионин, который состоит из наночастиц цинка и метионина, привело к увеличению скорости роста цыплят-бройлеров и улучшению конверсии корма (Mohammadi V et al., 2015). Совместное применение наночастиц железа и аргинина отразилось на увеличении живой массы цыплят-бройлеров, которая составила 9,2 % по сравнению с контролем (Яушева Е.В., 2016).

Выводы.

Таким образом, комплексное применение в кормлении цыплят-бройлеров аминокислот «аргинин+лизин+метионин» и диоксида кремния в рациональной дозе позволило увеличить живую массу к середине опыта на 8,5 % ($P \leq 0,01$), а к концу эксперимента – на 12,3 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с аналогичными значениями контрольной группы. При этом среднесуточный и абсолютный приросты живой массы также были выше контрольных значений: к 28-м суткам – на 6,9 % ($P \leq 0,05$) и 13,1 %, а к 42-м суткам – на 18,1 % и 18,1 % соответственно. Комплекс данных препаратов сказался и на мясной продуктивности цыплят-бройлеров, которая выразилась в увеличении массы полупотрошёной тушки на 15,3 %, массы потрошёной тушки – на 17,0 %, убойный выход увеличился на 5,7 %.

Литература

1. Буянкин Н.Ф. Применение кремнийорганических соединений // Птицеводство. 2011. № 2. С. 34-35. [Buyankin NF. Organosilicon compounds in poultry diets. Ptitsevodstvo. 2011;2:34-35. (In Russ)].
2. Буянкин Н.Ф., Матюшкин В.Г. Экологически безопасные соединения кремния в питании молодняка свиней // Современные проблемы ветеринарной диетологии и нутрициологии: материалы IV Междунар. симпозиума (г. Санкт-Петербург, 06-08 мая 2008 г.). СПб: СПбГАВМ, 2008. С. 14-16. [Buyankin NF, Matyushkin VG. Ekologicheski bezopasnye soedineniya kremniya v pitanii molodnyaka svinei. (Conference proceedings) Sovremennye problemy veterinarnoi dietologii i nutritsiologii: materialy IV Mezhdunar. simpoziuma (g. Sankt-Peterburg, 06-08 maya 2008 g.). Sankt-Peterburg: SPbGAVM; 2008:14-16. (In Russ)].
3. Воронков М.Г. Кремний и жизнь // Наука и человечество: междунар. ежегодник. М.: Знание, 1988. С. 145-157. [Voronkov MG. Kremnii i zhizn'. Nauka i chelovechestvo: mezhdunar. ezhegodnik. Moscow: Znanie; 1988:145-157. (In Russ)].
4. Дрогалев А.А. Использование кремнийсодержащих препаратов в птицеводстве // Вестник КрасГАУ. 2017. № 1. С. 44-51. [Drogalev AA. The use of silicon-containing medicaments in poultry farming. The Bulletin of KrasGAU. 2017;1:44-51. (In Russ)].

5. Колбин И.А., Колесников О.Л. Изменение показателей функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов периферической крови доноров после инкубации с наночастицами диоксида кремния // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. 2011. № 20(237). С. 116-119. [Kolbin IA, Kolesnikov OL. Change of indicators of functional activity of neutrophils of peripheric blood of donors after the incubation with nanoparticles the silicon dioxide. Vestnik YuUrGU. Seriya: Obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura. 2011;20(237):116-119. (In Russ)].

6. Колесников М.П. Формы кремния в растениях // Успехи биологической химии. 2001. Т. 41. С. 301-332. [Kolesnikov MP. Formy kremniya v rasteniyakh. Uspekhi biologicheskoi khimii. 2001;41:301-332. (In Russ)].

7. Кормление сельскохозяйственной птицы: монография / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околелова, Ш.А. Имангулов. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. 375 с. [Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov ShA. Kormlenie sel'skhozjajstvennoj pticy: monografija. Sergiev Posad: VNITIP; 2004:375 p. (In Russ)].

8. Мальцева Н.А., Ядришенская О.А., Басова Е.А. Снижение обменной энергии при увеличении норм аминокислот в кормлении цыплят-бройлеров // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015. № 9-1. С. 112-118. [Mal'tseva NA, Yadrishchenskaya OA, Basova EA. Snizhenie obmennoi energii pri uvelichenii norm aminokislot v kormlenii tsyplyat-broilerov. Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoi nauki. 2015;9-1:112-118. (In Russ)].

9. Меликян М.А., Давтян В.Г. Кремне-органическая модель человека и рекомендации по восстановлению здоровья [Электронный ресурс]. URL: <https://vossta.ru/614-2-kremne-organicheskaya-modele-cheloveka-i-rekomendacii-po.html> (дата обращения 02.11.2020). [Melikyan MA, Davtyan VG. The silica-organic model of the person and the recommendation on health recovery [Elektronnyi resurs]. URL: <https://vossta.ru/614-2-kremne-organicheskaya-modele-cheloveka-i-rekomendacii-po.html> (data obrashcheniya 02.11.2020). (In Russ)].

10. Методические рекомендации по проведению научных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / И.А. Егорова, Т.М. Околелова, В.И. Ермакова и др.; под общ. ред. В.И. Фисинина, И.А. Егорова. Сергиев Посад: ВНИТИП, 1992. 24 с. [Egorov IA, Okolelova TM, Ermakova VI et al. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu nauchnykh issledovaniy po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoj ptitsy. Fisinin VI, Egorov IA, editors. Sergiev Posad: VNITIP; 1992:24 p. (In Russ)].

11. Мирошников С.А., Мустафина А.С., Губайдуллина И.З. Оценка действия ультрадисперсного оксида кремния на организм цыплят-бройлеров // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 1. С. 20-32. [Miroshnikov SA, Mustafina AS, Gubaidullina IZ. Evaluation of action of ultrafine silicon oxide on the body of broiler chickens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(1):20-32. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-1-20

12. Мустафина А.С., Никулин В.Н. Влияния ультрадисперсного кремния на продуктивные качества цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6(80). С. 300-304. [Mustafina AS, Nikulin VN. Effect of ultra-dispersed silicon on the productive qualities of broiler-chickens. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019;6(80):300-304. (In Russ)].

13. Наночастицы Fe в сочетании с аминокислотами изменяют продуктивные и иммунологические показатели у цыплят-бройлеров / Е.В. Яушева, С.А. Мирошников, Д.Б. Косян, Е.А. Сизова // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 912-920. doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.912rus [Yausheva EV, Miroshnikov SA, Kosyan DB, Sizova EA. Nanoparticles in combination with amino acids change productive and immunological indicators of broiler chicken. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2016. 51(6):912-920. (In Russ)]. doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.912eng

14. Никулин В.Н., Мустафина А.С. Биологическое действие наночастиц оксида кремния на организм цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 64-71. [Nikulin VN, Mustafina AS. Biological effects of silicon oxide nanoparticles

on broiler chicken. Bulletin Samara State Agricultural Academy.2020;2:64-71. (*In Russ*). doi: 10.12737/37342

15. Получение функциональной кормовой добавки на основе бентонитовых глин и каротинсодержащего сырья / И.С. Жолобова, С.Б. Хусид, М.П. Семененко, Ю.А. Лопатина // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 96(02). С. 836-846. [Zholobova IS, Khusid SB, Semenenko MP, Lopatina JA. Receiving functional feed additive on the basis of bentonite clays and carotene containing raw materials. Nauchnyi zhurnal KubGAU. 2014;96(02):836-846. (*In Russ*)].

16. Яушева Е.В. Влияние ультрадисперсных препаратов железа и меди на продуктивность и обмен веществ цыплят-бройлеров: дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2016. 169 с. [Yausheva EV. Vliyanie ul'tradispersnykh preparatov zheleza i medi na produktivnost' i obmen veshchestv tsyplyat-broilerov. [dissertation] Orenburg; 2016:169 p. (*In Russ*)].

17. Barnes TJ, Jarvis KL, Prestidge CA. Recent advances in porous silicon technology for drug delivery. Ther Deliv. 2013;4(7):811-23. doi: <https://doi.org/10.4155/tde.13.52>

18. Bautista-Ortega J, Cortes-Cuevas A, Ellis EA, Ruiz-Feria CA. Supplemental L-arginine and vitamins E and C preserve xanthine oxidase activity in the lung of broiler chickens grown under hypobaric hypoxia. Poultry Sci. 2014; 93(4):979-988. doi: 10.3382/ps.2013-03698

19. Mohammadi V, Ghazanfari S, Mohammadi-Sangcheshmeh A, Nazaran MH. Comparative effects of zinc-nano complexes, zinc-sulphate and zincmethionine on performance in broiler chickens. British Poultry Science. 2015;56(4):486-493. doi: 10.1080/00071668.2015.1064093

20. Murugadoss S, Lison D, Godderis L, Van Den Brule S, Mast J, Brassinne F, Sebaihi N, Hoet PH. Toxicology of silica nanoparticles: an update. Arch Toxicol. 2017;91:2967-3010. doi: <https://doi.org/10.1007/s00204-017-1993-y>

21. Salonen J, Mäkilä E. Thermally carbonized porous silicon and its recent applications. Adv Mater. 2018;30(24):e1703819. doi: <https://doi.org/10.1002/adma.201703819>

22. Szabó J, Andrásófszky E, Tuboly T, Bersényi A, Weisz A, Hetényi N, Hullár I. Effect of arginine or glutamine supplementation on production, organ weights, interferon gamma, interleukin 6 and antibody titre of broilers. Acta Vet Hung. 2014;62(3):348-361. doi: <http://dx.doi.org/10.1556/AVet.2014.017>

23. Tang M, Ji X, Xu H, Zhang L, Jiang A, Song B, Su Y, He Y. Photostable and biocompatible fluorescent silicon nanoparticles-based theranostic probes for simultaneous imaging and treatment of ocular neovascularization. Anal Chem. 2018;90(13):8188-8195. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b01580>

24. Wang G, Wang HJ, Zhou H, Nian QG, Song Z, Deng YQ, Wang X, Zhu SY, Li XF, Qin CF, Tang R. Hydrated silica exterior produced by biomimetic silicification confers viral vaccine heat-resistance. ACS Nano. 2015;9(1):799-808. doi: <https://doi.org/10.1021/nn5063276>

25. Wang G, Zhou H, Nian QG, Yang Y, Qin CF, Tang R. Robust vaccine formulation produced by assembling a hybrid coating of polyethyleneimine-silica. Chem Sci. 2016;7(3):1753-1759. doi: <https://doi.org/10.1039/C5SC03847B>

References

1. Buyankin NF. Organosilicon compounds in poultry diets. Ptitsevodstvo. 2011;2:34-35.
2. Buyankin NF, Matyushkin VG. Environmentally friendly silicon compounds in the nutrition of young pigs (Conference proceedings) Modern problems of veterinary dietetics and nutritiology: materials of the IV Intern. symposium (St. Petersburg, May 06-08, 2008). SPb: SPbGAVM; 2008:14-16.
3. Voronkov MG. Silicon and Life. Science and Humanity: Intern. yearbook. Moscow: Knowledge; 1988:145-157.
4. Drogalev AA. The use of silicon-containing medicaments in poultry farming. The Bulletin of KrasGAU. 2017;1:44-51.
5. Kolbin IA, Kolesnikov OL. Change of indicators of functional activity of neutrophils of peripheral blood of donors after the incubation with nanoparticles the silicon dioxide. Bulletin of South Ural State University. Series "Education, Healthcare, Physical Education. 2011;20(237):116-119.

6. Kolesnikov MP. Forms of silicon in plants. *Advances in Biological Chemistry*. 2004;41:301-332.
7. Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM Imangulov ShA. Feeding poultry: monograph. Sergiev Posad: VNITIP; 2004: 375 p.
8. Maltseva N.A., Yadrishchenskaya O.A., Basova E.A. Decrease in metabolic energy with an increase in amino acid norms in feeding broiler chickens. *Theoretical and applied aspects of modern science*. 2015;9-1:112-118.
9. Melikyan MA, Davtyan VG. The silica-organic model of the person and the recommendation on health recovery [Internet]. Available from: URL: <https://vossta.ru/614-2-kremne-organicheskaya-modele-cheloveka-i-rekomendacii-po.html> (date of the application: 02.11.2020).
10. Egorov IA, Okolelova TM, Ermakova VI et al Methodical recommendations for conducting scientific research on feeding agricultural poultry. Fisinin VI, Egorov IA, editors. Sergiev Posad: VNITIP; 1992:24 p.
11. Miroshnikov SA, Mustafina AS, Gubaidullina IZ. Evaluation of action of ultrafine silicon oxide on the body of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(1):20-32. doi: 10.33284/2658-3135-103-1-20
12. Mustafina AS, Nikulin VN. Effect of ultra-dispersed silicon on the productive qualities of broiler-chickens. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;6(80):300-304.
13. Yausheva EV, Miroshnikov SA, Kosyan DB, Sizova EA. Nanoparticles in combination with amino acids change productive and immunological indicators of broiler chicken. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2016. 51(6):912-920. doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.912eng
14. Nikulin VN, Mustafina AS. Biological effects of silicon oxide nanoparticles on broiler chicken. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2020;2:64-71. doi: 10.12737/37342
15. Zholobova IS, Khusid SB, Semenenko MP, Lopatina JA. Receiving functional feed additive on the basis of bentonite clays and carotene containing raw materials. *Research Journal of KubSAU*. 2014;96(02):836-846.
16. Yausheva EV. The influence of ultrafine preparations of iron and copper on the productivity and metabolism of broiler chickens (dissertation). Orenburg, 2016:169 p.
17. Barnes TJ, Jarvis KL, Prestidge CA. Recent advances in porous silicon technology for drug delivery. *Ther Deliv*. 2013;4(7):811-23. doi: <https://doi.org/10.4155/tde.13.52>
18. Bautista-Ortega J, Cortes-Cuevas A, Ellis EA, Ruiz-Feria CA. Supplemental L-arginine and vitamins E and C preserve xanthine oxidase activity in the lung of broiler chickens grown under hypobaric hypoxia. *Poultry Sci*. 2014; 93(4):979-988. doi: 10.3382/ps.2013-03698
19. Mohammadi V, Ghazanfari S, Mohammadi-Sangcheshmeh A, Nazaran MH. Comparative effects of zinc-nano complexes, zinc-sulphate and zincmethionine on performance in broiler chickens. *British Poultry Science*. 2015;56(4):486-493. doi: 10.1080/00071668.2015.1064093
20. Murugadoss S, Lison D, Godderis L, Van Den Brule S, Mast J, Brassinne F, Sebaihi N, Hoet PH. Toxicology of silica nanoparticles: an update. *Arch Toxicol*. 2017;91:2967-3010. doi: <https://doi.org/10.1007/s00204-017-1993-y>
21. Salonen J, Mäkilä E. Thermally carbonized porous silicon and its recent applications. *Adv Mater*. 2018;30(24):e1703819. doi: <https://doi.org/10.1002/adma.201703819>
22. Szabó J, Andrásófszky E, Tuboly T, Bersényi A, Weisz , Hetényi N, Hullár I. Effect of arginine or glutamine supplementation on production, organ weights, interferon gamma, interleukin 6 and antibody titre of broilers. *Acta Vet Hung*. 2014;62(3):348-361. doi: <http://dx.doi.org/10.1556/AVet.2014.017>
23. Tang M, Ji X, Xu H, Zhang L, Jiang A, Song B, Su Y, He Y. Photostable and biocompatible fluorescent silicon nanoparticles-based theranostic probes for simultaneous imaging and treatment of ocular neovascularization. *Anal Chem*. 2018;90(13):8188-8195. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b01580>

24. Wang G, Wang HJ, Zhou H, Nian QG, Song Z, Deng YQ, Wang X, Zhu SY, Li XF, Qin CF, Tang R. Hydrated silica exterior produced by biomimetic silicification confers viral vaccine heat-resistance. *ACS Nano*. 2015;9(1):799-808. doi: <https://doi.org/10.1021/nn5063276>

25. Wang G, Zhou H, Nian QG, Yang Y, Qin CF, Tang R. Robust vaccine formulation produced by assembling a hybrid coating of polyethyleneimine–silica. *Chem Sci*. 2016;7(3):1753-1759. doi: <https://doi.org/10.1039/C5SC03847B>

Мустафин Рамис Зуфарович, кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Оренбургский государственный аграрный университет, 460014 г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18 (корпус № 1); e-mail: mustafinrz@mail.ru, тел.: 8987866299

Мустафина Александра Сергеевна, специалист Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-340-21-10, e-mail: vshivkovaas@mail.ru

Поступила в редакцию 27 ноября 2020 г.; принята после решения редколлегии 14 декабря 2020 г.; опубликована 31 декабря 2020 г. / Received: 27 November 2020; Accepted: 14 December 2020; Published: 31 December 2020