

УДК 636.5:577.17

DOI: 10.33284/2658-3135-104-1-8

### **Определение рациональной дозы диоксида кремния в кормлении цыплят-бройлеров**

*Р.З. Мустафин<sup>1</sup>, А.С. Мустафина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)*

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

**Аннотация.** Мясное птицеводство – одно из самых быстрорастущих и интенсивно развивающихся производств в животноводческой отрасли. Для удовлетворения всех потребностей животных и птицы в различные половозрастные периоды кормления и содержания полноценному питанию уделяется большое внимание.

Основным путём повышения продуктивности и резистентности является применение биологически активных веществ, в том числе минеральных. Кремний как минеральный компонент корма оказывает влияние на рост и развитие соединительной ткани, прочность и эластичность кровеносных сосудов, участвует в промежуточном обмене в качестве элемента связи, который обеспечивает нормальное течение жизненно важных механизмов.

В ходе исследования различных доз диоксида кремния в кормлении цыплят-бройлеров было установлено, что сохранность цыплят всех опытных групп составила 100 %, случаев падежа не выявлено; максимальная разница в живой массе – 6,7 % и 5,8 % отмечалась на 28 сутки, абсолютный прирост живой массы цыплят-бройлеров в опытных группах был больше контрольных значений на 1,7-3,8 %, затраты корма на прирост единицы продукции снизились во всех опытных группах на 1,5-2,5 %, масса потрошёной тушки в опытных группах увеличилась на 1,6-3,3 %, масса мышечной ткани – на 1,0-5,3 %. Содержание белка в грудных мышцах тушек цыплят-бройлеров опытных групп увеличилось на 0,2-1,3 %, в бедренных мышцах – на 0,4-1,9 %, а в мышцах голени снизилось на 1,1-2,4 %, уровень жира в бедренных мышцах увеличился на 1,5-3,1 %, в мышцах голени – на 0,6-2,3 %, а в грудных мышцах снизился на 0,1-0,5 % по сравнению с аналогичными показателями контрольной группы.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, кормление, диоксид кремния, живая масса, мясная продуктивность, качество мяса.

UDC 636.5:577.17

### **Determination of the rational dose of silicon dioxide in the feeding of broiler chickens**

*Ramis Z Mustafin<sup>1</sup>, Alexandra S Mustafina<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)*

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

**Summary.** Meat and poultry farming is one of the fastest growing and rapidly developing industries in the livestock industry. To meet all the needs of animals and poultry in different age and sex periods of feeding and keeping, good nutrition, namely in terms of energy and protein content, is given a great importance.

Silicon, as a mineral component of feed, affects growth and development of connective tissue, the strength and elasticity of blood vessels, participates in intermediate metabolism as a communication element that ensures the normal course of vital mechanisms.

During the study of various doses of silicon dioxide in the feeding of broiler chickens, it was found that the safety of chickens of all experimental groups was 100%, no cases of death were detected; the maximum difference in live weight - 6.7% and 5.8% was observed on the 28th day, the absolute increase in live weight of broiler chickens in the experimental groups was greater than the control values – by 1.7-3.8%, feed costs per unit increase decreased in all experimental groups by 1.5-2.5%, the weight of gutted carcass in

the experimental groups increased by 1.6-3.3%, muscle mass by 1.0-5.3%. The protein content in the pectoral muscles of the carcasses of broiler chickens of the experimental groups increased by 0.2-1.3%, in the femoral muscles by 0.4-1.9%, and in the lower leg muscles decreased by 1.1-2.4%, the fat level in the femoral muscles increased by 1.5-3.1%, in the lower leg muscles by 0.6-2.3%, and in the pectoral muscles decreased by 0.1-0.5% compared to similar indicators of the control group.

**Key words:** live weight, meat productivity, meat quality, broiler chicken feeding, silicon dioxide.

### **Введение.**

Промышленное птицеводство, являясь наиболее наукоёмкой и динамичной отраслью агропромышленного комплекса, вносит значительный вклад в обеспечение населения страны продовольствием. Особенно быстрыми темпами растёт производство мяса птицы. В то же время интенсивное развитие производства зачастую предусматривает использование некоторых антимикробных препаратов для профилактики и лечения ряда заболеваний птицы, которые связаны с нарушением кишечного биоценоза, снижением резистентности, обусловленным ослаблением иммунной системы (Фисинин В.И. и др., 2018; Hedman HD et al., 2020).

Для нормализации физиолого-биохимического статуса, повышения общей резистентности и продуктивности птицы, а также получения экологически безопасной продукции высокого качества наряду с проведением мероприятий, направленных на улучшение условий содержания и кормления, предусматривается внедрение технологий выращивания бройлеров с использованием биологически активных веществ. При этом в последние годы всё большее внимание исследователей привлекают различные экологически безопасные препараты адаптогенного действия и стимуляторы продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы, в том числе фитобиотики, пробиотики, органические и минеральные комплексы, а также препараты, созданные на их основе (Кочиш И.И. и др., 2020).

Все эти препараты объединяет то, что они влияют на микрофлору желудочно-кишечного тракта. С этих позиций их следует рассматривать как добавки для поддержания здоровья животных и получения продукции высокого качества, безопасной как в бактериальном, так и в химическом отношении. Таким образом, поддержание эффективного симбиоза между организмом птицы и её кишечной микрофлорой сегодня считается необходимым компонентом разработки кормовой стратегии и сохранения здоровья птицы (Косян Д.Б. и др., 2018; Mustafina AS et al., 2021).

Следует отметить, что теоретическая и практическая база по экологизации технологий животноводства в отечественном сельском хозяйстве только начинает формироваться. При этом, несмотря на определённую изученность отдельных сторон проблемы, многие аспекты применения биологически активных добавок в промышленном птицеводстве требуют дальнейшей углублённой проработки и экспериментально-производственного испытания. Реализация технологии в производственных условиях позволит сохранить продуктивные качества сельскохозяйственной птицы на уровне не ниже среднего для определённой породы или кросса, повысить качество и безопасность мяса (Сизова Е.А. и др., 2016; Мирошников и др., 2020).

Представляет особый интерес характеристика и физиологическое обоснование продуктивности, а также качества мясной продукции бройлеров кросса «Арбор-Айкрес» в условиях напольного и клеточного содержания с использованием биологически активных добавок. Экономическое обоснование таких технологий позволит встроить их в биотехнологическую систему, обеспечивающую уменьшение дозировок лекарственных препаратов.

Многочисленными исследованиями подтверждено, что кремний оказывает влияние на рост и развитие соединительной ткани, прочность и эластичность кровеносных сосудов (Воронков М.Г., 1988; Pritchard A et al., 2020), участвует в промежуточном обмене в качестве элемента связи (Еремин С.В., 2016; Мирошников С.А. и др., 2020), который обеспечивает нормальное течение таких жизненно важных процессов, как обмен белков, жиров, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов (Буянкин Н.Ф., 2011; Никулин В.Н. и Мустафина А.С., 2020).

**Цель исследования.**

Изучить влияние различных доз диоксида кремния в ультрадисперсном виде на живую массу, мясную продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров.

**Материалы и методы исследования.**

**Объект исследования.** Мясной кросс цыплят-бройлеров «Арбор-Айкрес».

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

**Схема эксперимента.** Исследования проводились в виварии ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН). Для эксперимента было выбрано 150 голов здоровых семисуточных цыплят-бройлеров и сформировано 5 групп по принципу аналогов методом случайной выборки. На протяжении всего эксперимента цыпята содержались в клеточных батареях и были маркированы пластиковыми бирками. Условия содержания соответствовали рекомендациям ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2004). Подопытную птицу кормили два раза в сутки сухими сбалансированными комбикормами, составленными с учётом рекомендуемых норм ВНИТИП (Егоров И.А. и др., 1992), учёт потребления корма осуществляли ежедневно в каждой опытной группе. Состав стартового и ростового комбикорма представлен в таблице 1.

Таблица 1. Структура стартового и ростового комбикорма  
Table 1. Structure of starting and growing compound feed

Показатель / <i>Indicator</i>	Комбикорм / <i>Mixed feed</i>	
	стартовый / <i>Starting</i>	ростовой / <i>Growth</i>
Пшеница, % / <i>Wheat, %</i>	27,1	41,2
Кукуруза, % / <i>Corn, %</i>	16,0	22,0
Шрот соевый, % / <i>Soy meal, %</i>	25,0	15,0
Шрот подсолнечный, % / <i>Sunflower meal, %</i>	18,0	8,0
Мука рыбная, % / <i>Fish flour, %</i>	4,0	6,0
Масло подсолнечное, % / <i>Sunflower oil, %</i>	5,0	2,8
Монохлоргидрат лизина (98 %), % / <i>Lysine Hydrochloride (98 %), %</i>	0,24	0,11
DL-Метионин (98,5%), % / <i>DL-Methionine (98.5 %), %</i>	0,10	0,13
L - Треонин (98 %), % / <i>L-Threonine (98 %), %</i>	0,03	0,54
Соль поваренная, % / <i>Table salt, %</i>	0,30	0,30
Монокальцийфосфат, % / <i>Monocalcium Phosphate, %</i>	0,7	0,7
Мел кормовой, % / <i>Chalk feed, %</i>	0,5	0,4
Известняковая мука, % / <i>Limestone flour, %</i>	1,0	0,7
Сода пищевая (бикарбонат натрия), % / <i>Baking soda (sodium bicarbonate), %</i>	0,05	0,10
Премикс, % / <i>Premix, %</i>	2,0	2,0
Итого, % / <i>Total, %</i>	100,0	100,0

В опыте был использован диоксид кремния в ультрадисперсном виде, который представляет собой рассыпчатый аморфный белый порошок без специфического запаха, массовая доля кремния в котором не менее 99,8 %, гидродинамический диаметр –  $388 \pm 117$  нм. В ходе анализа литературных данных и физико-химических свойств диоксида кремния в ультрадисперсном виде были определены дозы для исследования данного препарата в кормлении цыплят-бройлеров (Подобед Л., 2014; Подобед Л., 2016). Схема эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2. Схема опыта по определению рациональной дозы диоксида кремния  
Table 2. Scheme of the experiment for determining the rational dose of silicon dioxide

Группа / <i>Group</i>	Возраст, сут / <i>Age,</i> <i>day</i>	Период исследования / <i>Study period</i>	
		подготовительный (7-13 сут) / <i>preparatory (7-13 days)</i>	учётный (14-42 сут) / <i>record (14-42 days)</i>
Контрольная/ <i>control</i>	7	Основной рацион (OP) / <i>Basic diet (BD)</i>	OP/BD
I опытная / <i>I experimental</i>			OP+100 мг SiO <sub>2</sub> /кг корма / <i>BD+100 mg SiO<sub>2</sub> / kg feed</i>
II опытная / <i>II experimental</i>			OP+200 мг SiO <sub>2</sub> /кг корма / <i>BD+200 mg SiO<sub>2</sub> / kg feed</i>
III опытная / <i>III experimental</i>			OP+300 мг SiO <sub>2</sub> /кг корма / <i>BD+300 mg SiO<sub>2</sub> / kg feed</i>
IV опытная / <i>IV experimental</i>			OP+400 мг SiO <sub>2</sub> /кг корма / <i>BD+400 mg SiO<sub>2</sub> / kg feed</i>

Контроль за ростом птицы осуществлялся на протяжении всего опыта. Живую массу измеряли 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 %.

Убой подопытной птицы и отбор проб проводились на 42 сутки. При контрольном убое была проведена анатомическая разделка тушек цыплят-бройлеров и сформированы средние пробы мышечной ткани. Аминокислотный состав мышечной ткани определяли методом капиллярного электрофореза с использованием системы «Капель-105».

**Оборудование и технические средства.** Исследования опытных образцов проводили в Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.2015 г.) по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ. Аминокислотный состав опытных образцов определяли с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-105» (ООО «Люмэкс-маркетинг», Россия). Диспергирование диоксида кремния проводили при использовании диспергатора УЗДН-2Т («НПП Академприбор», Россия).

Взвешивание подопытной птицы проводили на электронных весах M-ER 327 АСР («MERCURY WP TECH GROUP CO, LTD», Сеул, Республика Корея).

**Статистическая обработка.** Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Данные представлены в виде: среднее (M) ± стандартная ошибка среднего (m). Достоверными считали различия при  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,001$ .

#### Результаты исследований.

При постановке на опыт живая масса цыплят-бройлеров в недельном возрасте составляла 141-142 грамма. С первой недели учётного периода цыплята-бройлеры опытных групп опережали птицу контрольной группы по живой массе на 2,6-5,8 % (табл. 3).

Таблица 3. Динамика живой массы цыплят-бройлеров (M±m), г  
Table 3. Dynamics of live weight of broiler chickens (M±m), g

Возраст, сут/ Age, day	Группа / Group				
	контрольная/ control	I опытная/ I experimental	II опытная / II experimental	III опытная / III experimental	IV опытная / IV experimental
7	142±4,53	142±5,60	142±3,01	142±4,72	141±5,31
14	403±7,13	404±6,15	405±5,67	404±7,40	404±6,80
21	770±10,6	790±10,6	796±9,39	815±8,62	810±10,0
28	1153±14,5	1190±13,2	1195±11,5	1230±10,7	1220±12,3
35	1570±26,3	1605±24,4	1620±20,7	1656±23,3	1643±38,5
42	2013±26,7	2045±29,2	2053±23,2	2084±24,5	2078±40,0

Максимальная разница в живой массе – 6,7 % и 5,8 % отмечалась на 28 сутки в III и IV опытных группах соответственно. Затем наблюдалось снижение прироста живой массы и к 42 суткам составило 1,6-3,5 % для опытных групп. За период эксперимента сохранность цыплят-бройлеров всех опытных групп составила 100 %, случаев, падежа не выявлено. Основным показателем, характеризующим интенсивность роста птицы, является среднесуточный прирост (табл. 4).

Таблица 4. Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров (M±m), г  
Table 4. Average Daily increase in live weight of broiler chickens (M±m), g

Возраст, сут / Age, day	Группа / Group				
	контрольная/ control	I опытная/ I experimental	II опытная / II experimental	III опытная / III experimental	IV опытная / IV experimental
7-14	65,33±1,01	65,75±0,67	62,25±3,77	65,67±0,93	65,75±1,04
14-21	52,43±0,54	55,05±0,67	57,95±1,73	58,71±0,36	57,95±0,51
21-28	54,71±0,62	57,24±0,50	56,90±0,40	59,33±0,43	58,62±0,38
28-35	60,76±1,01	61,05±1,10	57,71±1,25	59,14±1,31	59,05±2,56
35-42	63,24±0,10	62,86±0,72	61,81±0,38	61,14±0,16	62,19±0,25
14-42	58,48	59,48	59,73	60,71	60,52

В возрастной период 14-21 сут у цыплят-бройлеров опытных групп среднесуточный прирост живой массы был выше, чем у птицы контрольной группы на 2,6-5,5 г. В 21-28-суточном возрасте показатель несколько снизился. К концу эксперимента среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров в контрольной группе был заметно выше, чем в опытных.

Абсолютный прирост живой массы цыплят-бройлеров опытных групп к 28-суточному возрасту больше контрольных значений на 18-44 грамма, затем наблюдается его снижение к 35 суткам, и разница составляет 15-32 грамм, а к концу эксперимента – абсолютный прирост птицы опытных групп больше контрольных значений всего на 6-9 грамм. За весь период эксперимента абсолютный прирост живой массы цыплят-бройлеров в опытных группах был больше контрольных значений на 1,7-3,8 % (табл. 5). Причём самый большой абсолютный прирост отмечен для цыплят-бройлеров III опытной группы.

Знание количества потреблённого комбикорма позволило рассчитать затраты корма на прирост единицы продукции, которые снизились во всех опытных группах на 1,5-2,5 % по сравнению со значением в контрольной группе. Наибольшее снижение затрат корма на единицу прироста живой массы отмечено для III опытной группы и составило 2,5 %.

Таблица 5. Эффективность применения диоксида кремния при выращивании цыплят-бройлеров  
Table 5. Efficiency of application of silicon dioxide in broiler chickens

Группа / Group	Абсолютный прирост живой массы, г / Absolute body weight gain, g	Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг / The cost of feed for 1 kg of growth live weight, kg	Процент от контроля / Per- centage of control
Контрольная/ control	1871,33	2,01	100,00
I опытная / I experimental	1903,67	1,97	97,61
II опытная / II experimental	1911,33	1,98	98,25
III опытная / III experimental	1943,00	1,94	96,32
IV опытная / IV experimental	1937,33	1,96	97,10

Живая масса цыплят-бройлеров является не единственным показателем мясной продуктивности сельскохозяйственной птицы. Сюда также следует отнести и качественные показатели мяса (табл. 6).

Таблица 6. Основные показатели мясной продуктивности цыплят-бройлеров (M±m)  
Table 6. Main indicators of meat productivity of broiler chickens (M±m)

Показатель / Indicator	Группа / Group				
	контрольная / control	I опытная / I experi- mental	II опытная/ II experi- mental	III опытная/ III experi- mental	IV опытная / IV experi- mental
Предубойная живая масса, г / Preslaughter live weight, g	2013±26,8	2045±29,2	2053±23,2	2084±24,5	2078±40,0
Масса потрошённой тушки, г / Weight of the gutted carcass, g	1380±17,7	1402±23,3	1411±11,7	1426±16,6	1418±28,7
Масса мышечной ткани, г / Weight of muscle tissue, g	925±22,36	934±7,62	950±10,1	974±5,49	959±20,2
Масса съедобных частей, г / Weight of edible parts, g	1176±25,5	1211±6,50	1216±11,3	1231±18,4	1235±28,2
Масса несъедобных частей, г / Weight of inedible parts, g	597±10,9	616±13,1	607±4,89	628±6,04	611±16,0
Соотношение массы съедоб- ных/несъедобных частей / The weight ratio of edible/ non-edible parts	1,97±0,02	1,97±0,03	2,00±0,01	1,96±0,02	2,02±0,01
Убойный выход, % / Carcass yield, %	68,24±0,27	68,55±0,07	68,44±0,26	68,76±0,02	68,68±0,12

В ходе эксперимента установлено, что масса потрошённой тушки в опытных группах увеличилась на 1,6 % для I опытной группы, на 2,2 % – для II, на 3,3 % – для III и на 2,8 % – для IV опытной группы по сравнению с аналогичными значениями контрольной группы. Наибольший прирост мышечной массы отмечен в III и IV опытных группах – на 5,3 % и 3,7 % соответственно.

В ходе анатомической разделки тушек цыплят-бройлеров было установлено, что масса мышечной ткани в тушках птицы опытных групп увеличилась на 1,0-5,3 %, а масса съедобных частей – на 3,0-5,0 %. Убойный выход во всех группах находился в пределах 68-69 %. Причём

наилучшие показатели отмечены у тушек цыплят-бройлеров III опытной группы и разница с тушками птицы контрольной группы составила по предубойной живой массе 3,52 %, по массе потрошённой тушки – 3,33 %, по массе мышечной ткани – 5,30 %.

Анализ результатов химического состава мышечной ткани показал, что использование диоксида кремния в ультрадисперсном виде, приводящее к усилению метаболических функций, оказывает влияние на содержание белка и жира в грудных, бедренных мышцах и мышцах голени опытной птицы (рис. 1, 2).

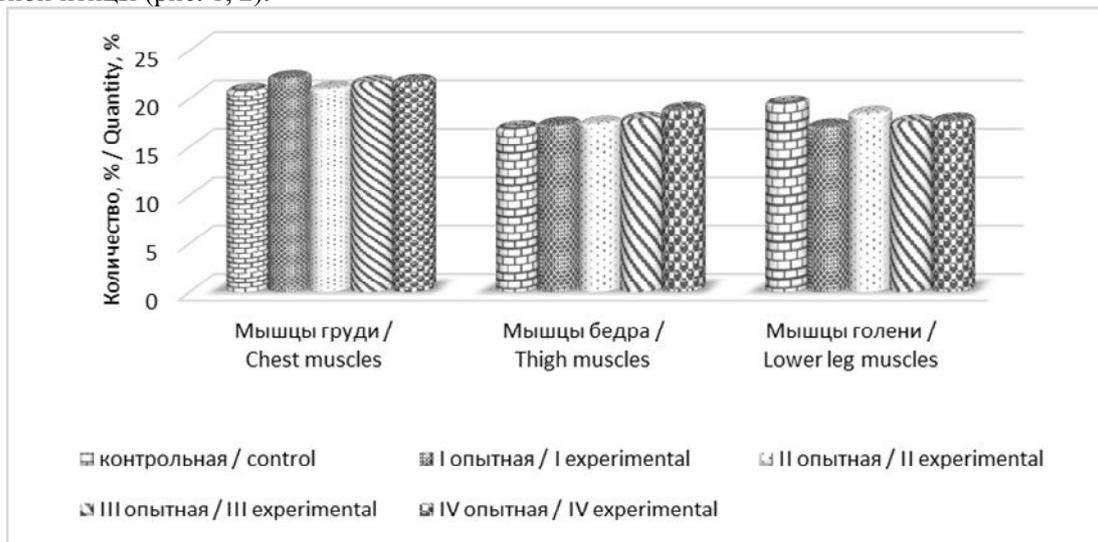


Рис. 1 – Содержание белка в различных видах мышечной ткани тушки цыплёнка-бройлера

Figure 1 – Protein content in various types of muscle tissue of a broiler chicken carcass

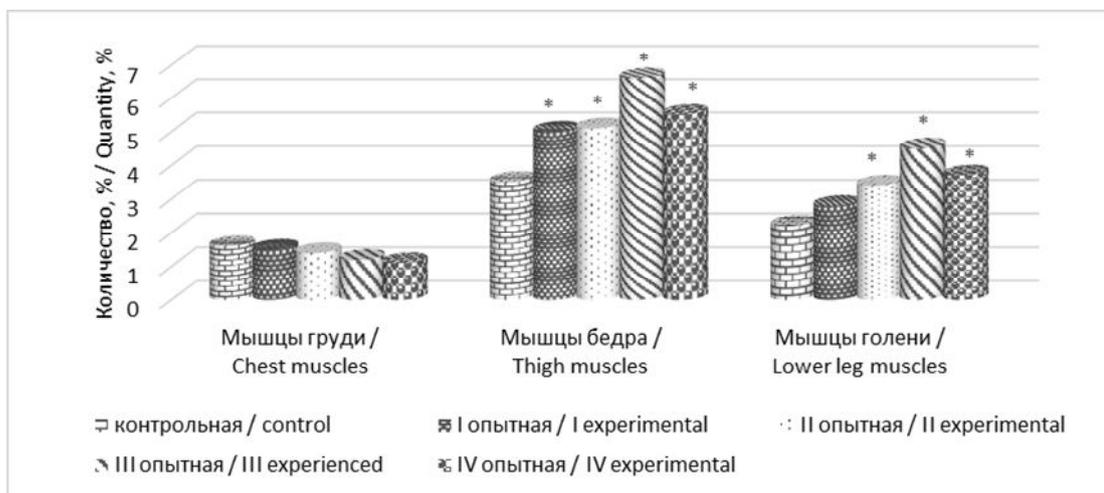


Рис. 2 – Содержание жира в различных видах мышечной ткани тушки цыплёнка-бройлера

Figure 2 - Fat content in various types of muscle tissue of a broiler chicken carcass

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

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

Содержание белка в грудных мышцах тушек цыплят-бройлеров I, II, III и IV опытных групп увеличилось на 1,3 %, 0,2 %, 0,8 % и 0,9 % соответственно, в бедренных мышцах – на 0,4-1,9 % по сравнению с аналогичными образцами тушек контрольной группы. А в мышцах голени тушек цыплят-бройлеров, наоборот, отмечено снижение содержания белка на 2,4 %, 1,1 %, 2,0 % и 1,8 % соответственно для I, II, III и IV опытных групп по сравнению с контрольной группой.

Уровень жира в бедренных мышцах тушек цыплят-бройлеров I, II, III и IV опытных групп увеличился на 1,5 %, 1,6 %, 3,1 % и 2,0 % соответственно, в мышцах голени – на 0,6-2,3 % по сравнению с аналогичными образцами тушек контрольной группы. А в грудных мышцах тушек цыплят-бройлеров отмечено снижение содержания жира на 0,1 %, 0,2 %, 0,4 % и 0,5 % соответственно для I, II, III и IV опытных групп по сравнению с контрольной группой.

Исследование аминокислотного состава мяса цыплят-бройлеров показало, что содержание аргинина в мясе цыплят-бройлеров опытных групп снизилось на 0,39-0,80 %, тирозина – на 0,09-0,32 %, валина – на 0,08-0,39 %, пролина – на 0,04-0,31 %, оксипролина – на 2,63-4,47 % по сравнению с образцами мяса птицы контрольной группы (рис. 3).

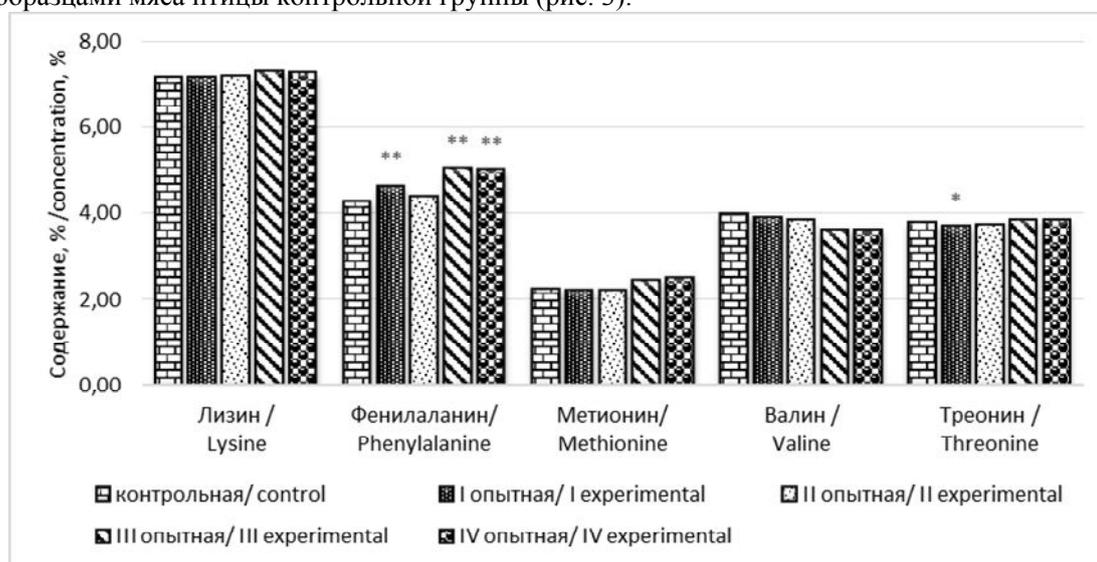


Рис. 3 – Содержание незаменимых аминокислот в мясе тушек цыплят-бройлеров

Figure 3 – The content of essential amino acids in the meat of broiler chicken carcasses

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

Количество метионина, треонина и глицина в образцах мяса тушек цыплят-бройлеров I и II опытных групп уменьшилось соответственно на 0,03-0,05 %, 0,04-0,09 % и на 0,03 % по сравнению с аналогичными показателями в мясе птицы контрольной группы. Более высокая доза исследуемого препарата в III и IV опытных группах цыплят-бройлеров содержание этих аминокислот в мясе увеличило на 0,19-0,24 %, 0,06-0,07 % и 0,08-0,09 % соответственно. А концентрация лизина, наоборот, увеличилась на 0,01- 0,14 %, фенилаланина – на 0,12-0,75 %, гистидина – на 0,03-1,02 %, лейцина и изолейцина – на 0,1-0,71 %, серина – на 0,21- 0,34 %, аланина – на 0,07-0,16 %, триптофана – на 2,73-6,90 % по сравнению с образцами мяса птицы контрольной группы.

#### Обсуждение полученных результатов.

Знаменитый академик В.И. Вернадский еще в далёком 1944 году говорил: «Никакой организм не может существовать и развиваться без кремния» (Вернадский В.И., 1965). Данное высказывание подтверждается многочисленными исследованиями кремнийсодержащих препаратов в различных областях животноводства.

Полученные результаты согласуются и с выводами других авторов, которые утверждают, что не выявлено никакого отрицательного влияния различных кремниевых препаратов на массу тела, потребление корма или коэффициент конверсии корма. Ряд авторов в своих работах отметили, что не наблюдалось никаких существенных различий в продуктивности цыплят-бройлеров среди групп, в которых был использован кремний с диетическим содержанием от 0,5 до 1,0 % (Incharoen T et al., 2016). Хотя другие исследователи сообщили, что диетическая 0,8 % добавка на основе кремния не оказала значительного влияния на общий прирост массы тела, потребление корма или коэффициент конверсии корма цыплят-бройлеров (Bintas E et al., 2014). Кроме того, добавки на уровне 2 % природного или модифицированного кремнезёма на основе кремния не оказали существенного влияния на общую продуктивность цыплят-бройлеров в возрасте от 1 до 42 дней (Wu QJ et al., 2013). И наоборот, есть исследования, подтверждающие, что пищевые добавки с 2 %-ным кремниевым клиноптилолитом улучшают состояние здоровья, увеличение массы тела и эффективность кормления животных (Tran ST et al., 2015). Они также сообщили и о положительном влиянии на снижение содержания аммиака, увеличение массы тела и конверсию корма у индеек в их работе с использованием диетического кремния 0,02 %. В некоторых исследованиях указывалось, что концентрированная смесь с 70 % кремния повышает усвояемость питательных веществ у свиней (Yan L et al., 2010).

Исследования кормовой добавки «НаБиКат», которая содержит в своём составе до 70 % кремния в органическом виде, отразили её способность увеличивать живую массу, среднесуточные приросты, что приводит к снижению затрат кормов на 1 кг прироста. Помимо прочего, имеется биологический эффект на живой организм в целом, который отражается в улучшении морфобиохимических показателей крови и активации обмена веществ. За счёт этого происходит формирование высокого уровня естественной резистентности сельскохозяйственной птицы (Еремин С.В., 2016). При использовании данной добавки в кормлении птицы наблюдается уравнивание птицы в росте и развитии её внутренних органов, костяка и мышц, которое приводит к уменьшению известных продукционных синдромов водянки, хондродистрофии, пододерматитов и синдрома внезапной смерти (Подобед Л.И., 2016). Использование кремнийсодержащих добавок в комбикормах позволяет повысить не только скорость роста живой массы сельскохозяйственной птицы, но и улучшить её развитие.

#### **Выводы.**

Эксперимент по определению рациональной дозы диоксида кремния в ультрадисперсном виде, используемого при выращивании цыплят-бройлеров, показал, что наилучшие результаты по живой массе и мясной продуктивности отмечены для цыплят III опытной группы, где доза исследуемого препарата составила 300 мг на килограмм корма. При этом отмечено, что сохранность цыплят на протяжении всего эксперимента была 100 %, максимальная разница в живой массе к середине эксперимента составила 6,7 %, а к концу – 3,5 %, абсолютный прирост живой массы был больше контрольных значений на 3,8 %, затраты корма на прирост единицы продукции снизились на 2,5 %, масса потрошёной тушки увеличилась на 3,3 %, масса мышечной ткани – на 5,3 %. Также отмечено улучшение химического состава мяса, которое выразилось в увеличении содержания белка и уменьшении количества жира в различных видах мышечной ткани тушек цыплят-бройлеров, а также в изменении аминокислотного состава мяса.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005)**

#### **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. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. М.: Наука, 1965.

374 с. [Vernadskii VI. Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i eyo okruzheniya. Moscow: Nauka; 1965:374 p. (*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. Еремин С.В. Влияние новой кремнийсодержащей кормовой добавки «Набикат» на продуктивность, обмен веществ и резистентность организма цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Волгоград, 2016. 22 с. [Eremin SV. Vliyanie novoi kremniisoderzhashchei kormovoi dobavki «Nabikat» na produktivnost', obmen veshchestv i rezistentnost' organizma tsyplyat-broilerov: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Volgograd; 2016:22 p. (*In Russ*)].

5. 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'skokhozjajstvennoj pticy: monografija. Sergiev Posad: VNITIP; 2004:375 p. (*In Russ*)].

6. Косян Д.Б., Макаева А.М., Русакова Е.А. Биологические эффекты наночастиц диоксида кремния // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. С. 62. [Kosyan DB, Makaeva AM, Rusakova EA. The biological effects of nanoparticles of silicon dioxide. Modern problems of science and education. 2018;6:62. (*In Russ*)].

7. Кочиш И.И., Капитонова Е.А., Никулин В.Н. Эффективность цеолитсодержащих добавок в бройлерном птицеводстве // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3(83). С. 329-334. [Kochish II, Kapitonova EA, Nikulin VN. Effectiveness of using zeolite-containing additives in broiler poultry farming. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2020;3(83):329-334. (*In Russ*)].

8. Методические рекомендации по проведению научных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / И.А. Егоров, 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'skokhozjajstvennoj ptitsy. Fisinin VI, Egorov IA, editors. Sergiev Posad: VNITIP; 1992:24 p. (*In Russ*)].

9. 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

10. Мясное птицеводство в регионах России: современное состояние и перспективы инновационного развития / В.И. Фисинин, В.С. Буяров, А.В. Буяров, В.Г. Шуметов // Аграрная наука. 2018. № 2. С. 30-38. [Fisinin VI, Buyarov VS, Byarov AV, Shumetov VG. Poultry meat production in the regions of the Russian Federatiuon: current state and prospects of its innovative development. Agrarian Science. 2018;2:30-38. (*In Russ*)].

11. 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

12. О перспективности нанопрепаратов на основе сплавов микроэлементов-антагонистов (на примере Fe и Co) / Е.А. Сизова, С.А. Мирошников, С.В. Лебедев, А.В. Кудашева, Н.И. Рябов // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 4. С. 553-562. doi: 10.15389/agrobiology.2016.4.553rus [Sizova EA, Miroshnikov SA, Lebedev SV, Kudasheva AV, Ryabov NI. To the development of innovative mineral additives based on alloy of Fe and Co antagonists as an example. Sel'skokhozjajstvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2016;51(4):553-562. (*In Russ*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2016.4.553eng

13. Подобед Л.И. Влияние кремния на организм птицы // Сучасне птахівництво. 2014. № 7(140). С. 11-14. [Podobed LI. Vliyanie kremniya na organizm ptitsy. Suchasne ptakhivnitstvo. 2014;7(140):11-14. (*In Russ*)].
14. Подобед Л.И. Как избавиться от артритов у бройлеров и ремонтного молодняка птицы // Птицеводство. 2016. № 2. С. 50-53. [Podobed LI. Kak izbavit'sya ot artritov u broilerov i remontnogo molodnyaka ptitsy. Ptitsevodstvo. 2016;2:50-53. (*In Russ*)].
15. Bintas E, Bozkurt M, Kucukyilmaz K, Konak R, Cinar M, Aksit H et al. Efficacy of supplemental natural zeolite in broiler chickens subjected to dietary calcium deficiency. *Ital J Anim Sci.* 2014;13(2):3141. doi: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3141>
16. Hedman HD, Vasco KA, Zhang L. A Review of antimicrobial resistance in poultry farming within low-resource settings. *Animals.* 2020;10(8):1264. doi: 10.3390/ani10081264
17. Incharoen T, Tartrakoon W, Nakhon S, Treetan S. Effects of dietary silicon derived from rice hull ash on the meat quality and bone breaking strength of broiler chickens. *Asian J Anim Vet Adv.* 2016;11:417-422. doi: 10.3923/ajava.2016.417.422
18. Mustafina AS, Rakhmatullin SG, Sizova EA. Improving the efficiency of poultry meat production by feeding ultrafine silicon. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2021;624:012039. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012039
19. Pritchard A, Robison C, Nguyen T, Nielsen BD. Silicon supplementation affects mineral metabolism but not bone density or strength in male broilers. *PLoS One.* 2020;15(12):e0243007. doi: 10.1371/journal.pone.0243007
20. Tran ST, Bowman ME, Smith TK. Effects of a silica-based feed supplement on performance, health and litter quality of growing turkeys. *Poultry Sci.* 2015;94(8):1902-1908. doi: 10.3382/ps/pev158
21. Wu QJ, Wang LC, Zhou YM, Zhang JF, Wang T. Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. *Poultry Sci.* 2013;92(3):684-692. doi: 10.3382/ps.2012-02308
22. Yan L, Han DL, Meng QW, Lee JH, Park CJ, Kim IH. Effects of anion supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality and fecal noxious gas content in growing-finishing pigs. *Asian Australas J Anim Sci.* 2010;23(8):1073-1079. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90609>

#### References

1. Buyankin NF. Organosilicon compounds in poultry diets. *Ptitsevodstvo.* 2011;2:34-35.
2. Vernadsky VI. The chemical structure of the Earth's biosphere and its surroundings. Moscow: Nauka; 1965:374.
3. Voronkov MG. Silicon and Life. Science and Humanity: Intern. yearbook. Moscow: Knowledge; 1988:145-157.
4. Eremin SV. The influence of the new silicon-containing feed additive "Nabikat" on the productivity, metabolism and resistance of the organism of broiler chickens: author. Cand. Agr. sciences. Volgograd; 2016:22 p.
5. Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov ShA. Feeding poultry. Sergiev Posad: VNITIP; 2004:375 p.
6. Kosyan DB, Makaeva AM, Rusakova EA. The biological effects of nanoparticles of silicon dioxide. *Modern problems of science and education.* 2018;6:62.
7. Kochish II, Kapitonova EA, Nikulin VN. Effectiveness of using zeolite-containing additives in broiler poultry farming. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2020;3(83):329-334.
8. Egorov IA, Okolelova TM, Ermakova VI et al. Methodological recommendations for scientific research on feeding poultry. Fisinin VI, Egorov IA, editors. Sergiev Posad: VNITIP; 1992:24 p.
9. 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

10. Fisinin VI, Buyarov VS, Byarov AV, Shumetov VG. Poultry meat production in the regions of the Russian Federatiuon: current state and prospects of its innovative development. *Agrarian Science*. 2018;2:30-38.
11. 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
12. Sizova EA, Miroshnikov SA, Lebedev SV, Kudasheva AV, Ryabov NI. To the development of innovative mineral additives based on alloy of Fe and Co antagonists as an example. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2016;51(4):553-562. doi: 10.15389/agrobiology.2016.4.553eng
13. Podobed LI. Influence of silicon on the body of poultry. *Suchasne ptakhivnitstvo*. 2014;7(140):11-14.
14. Podobed LI. How to get rid of arthritis in broilers and replacement poultry. *Poultry*. 2016;2:50-53.
15. Bintas E, Bozkurt M, Kucukyılmaz K, Konak R, Cinar M, Aksit H et al. Efficacy of supplemental natural zeolite in broiler chickens subjected to dietary calcium deficiency. *Ital J Anim Sci*. 2014;13(2):3141. doi: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3141>
16. Hedman HD, Vasco KA, Zhang L. A Review of antimicrobial resistance in poultry farming within low-resource settings. *Animals*. 2020;10(8):1264. doi: 10.3390/ani10081264
17. Incharoen T, Tartrakoon W, Nakhon S, Treetan S. Effects of dietary silicon derived from rice hull ash on the meat quality and bone breaking strength of broiler chickens. *Asian J Anim Vet Adv*. 2016;11:417-422. doi: 10.3923/ajava.2016.417.422
18. Mustafina AS, Rakhmatullin SG, Sizova EA. Improving the efficiency of poultry meat production by feeding ultrafine silicon. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;624:012039. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012039
19. Pritchard A, Robison C, Nguyen T, Nielsen BD. Silicon supplementation affects mineral metabolism but not bone density or strength in male broilers. *PLoS One*. 2020;15(12):e0243007. doi: 10.1371/journal.pone.0243007
20. Tran ST, Bowman ME, Smith TK. Effects of a silica-based feed supplement on performance, health and litter quality of growing turkeys. *Poultry Sci*. 2015;94(8):1902-1908. doi: 10.3382/ps/pev158
21. Wu QJ, Wang LC, Zhou YM, Zhang JF, Wang T. Effects of clinoptilolite and modified clinoptilolite on the growth performance, intestinal microflora, and gut parameters of broilers. *Poultry Sci*. 2013;92(3):684-692. doi: 10.3382/ps.2012-02308
22. Yan L, Han DL, Meng QW, Lee JH, Park CJ, Kim IH. Effects of anion supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality and fecal noxious gas content in growing-finishing pigs. *Asian Australas J Anim Sci*. 2010;23(8):1073-1079. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.90609>

**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](mailto: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](mailto:vshivkovaas@mail.ru)

Поступила в редакцию 12 марта 2021 г.; принята после решения редколлегии 15 марта 2021 г.; опубликована 31 марта 2021 г. / Received: 12 March 2021; Accepted: 15 March 2021; Published: 31 March 2021