

DOI

УДК 636.5 : 577.17

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА КРЕМНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

**Никулин Владимир Николаевич**, д-р с.-х. наук, проф., декан факультета биотехнологий и природопользования, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ.

460000, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.

E-mail: nikwlad@mail.ru

**Мустафина Александра Сергеевна**, аспирант кафедры «Технологии производства и переработки продукции животноводства», ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, специалист ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.

E-mail: vshivkovaas@mail.ru

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, оксид кремния, энергия, корм, морфология, кровь.

*Цель исследования – повышение продуктивных качеств цыплят-бройлеров путём включения в основной рацион ультрадисперсного оксида кремния. В ходе проведенного эксперимента установлено биологическое действие ультрадисперсного оксида кремния на организм цыплят-бройлеров. Применение ультрадисперсных частиц  $\text{SiO}_2$  для кормления птицы способствовало увеличению в кровяном русле количества эритроцитов, повышению содержания общего белка, альбуминов. К концу эксперимента число эритроцитов в крови птицы увеличилось: на 17,43% ( $P \leq 0,001$ ) – в крови птицы 1 опытной группы, 16,51% ( $P \leq 0,01$ ) – 2 опытной, 20,80% ( $P \leq 0,001$ ) – 3 опытной и 21,71% ( $P \leq 0,001$ ) – 4 опытной группы, по сравнению с показателем контрольной группы. Количество общего белка в сыворотке крови цыплят 1 и 2 опытных групп увеличилось на 1,36-1,39 %, в 3 и 4 опытных группах отмечено достоверное ( $P \leq 0,05$ ) увеличение на 5,45 и 3,05% соответственно. Содержание глюкозы в крови цыплят опытных групп выше на 8,04-23,65% по сравнению с этим показателем крови цыплят контрольной группы. Во время проведения опыта расход корма на прирост 1 кг живой массы уменьшился: в 1 опытной группе на 3,00 %, во 2 опытной – на 0,50 %, в 3 опытной – на 6,00 %, в 4 опытной – на 4,50 %, по сравнению с этим показателем контрольной группы. Чистая энергия прироста цыплят 1 опытной группы была больше на 4,77 %, 2 опытной – на 6,20 %, 3 опытной – на 19,25 %, 4 опытной – на 11,59 %, чем контрольной. Следовательно, при трансформации энергии корма в энергию тела цыпленка-бройлера коэффициент конверсии энергии у птицы опытных групп выше, чем у бройлеров контрольной группы, на 7,16-21,76 %. Таким образом, определена наиболее оптимальная доза для дальнейшего исследования.*

## BIOLOGICAL EFFECTS OF SILICON OXIDE NANOPARTICLES ON BROILER CHICKEN

**V. N. Nikulin**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Biotechnology and Environmental Management, FSBEI HE Orenburg State Agrarian University.

460014, Orenburg, Chelyuskintsev street, 18.

E-mail: nikwlad@mail.ru

**A. S. Mustafina**, Graduate Student of the Department «Production Technology and Processing of Livestock Products», FSBEI HE Orenburg State Agrarian University, employee of FSSI «Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences».

460014, Orenburg, Chelyuskintsev street, 18.

E-mail: vshivkovaas@mail.ru

**Keywords:** broiler chickens, silicon oxide, energy, feed, morphology, blood.

The aim of the study is to increase the productive qualities of broiler chickens by including ultrafine silicon oxide into main diet. During the experiment, the biological effect of ultrafine silicon oxide on broiler chickens was established. Use of ultrafine  $\text{SiO}_2$  particles for poultry feeding contributed to an increase in the number of red blood cells and content of total protein and albumins. By the end of the experiment, the number of red blood cells in birds increased by 17.43%

( $P \leq 0.001$ ) – in the blood of birds of the first experimental group, 16.51% ( $P \leq 0.01$ ) – the second one, 20.80% ( $P \leq 0.001$ ) – the third experimental and 21.71% ( $P \leq 0.001$ ) – the fourth experimental group, compared with the indicator of the control group. The amount of total protein in blood serum of chickens of the first and the second experimental groups increased by 1.36-1.39 %, in the third and fourth ones there was a significant ( $P \leq 0.05$ ) increase by 5.45 and 3.05%, respectively. The blood glucose content of chickens in the experimental groups is higher by 8.04-23.65% compared to this indicator with ones in the control group. During the experiment feed consumption per 1 kg gain of live weight decreased: in the first experimental group by 3.00 % in the second by – 0.50 %, the third – 6.00 % the fourth– by 4.50 %, compared to this with the control group. The chicken's vibrancy of the first the experimental group was higher by 4.77 %, the second – by 6.20 %, the third – by 19.25 % and the fourth– by 11.59% than in the control one. Consequently, when converting the feed energy into the body energy of a broiler chicken, the energy conversion coefficient of the experimental group of poultry is higher than that of the control one by 7.16-21.76 %. Thus, the most optimal dose for further research was determined.

Птицеводство является наиболее быстро растущим компонентом мирового производства мяса, оно постоянно растет из-за увеличения численности населения во всем мире, увеличения покупательной способности. Птица обладает большей эффективностью преобразования корма в мясо и яйцо по сравнению с другими видами сельскохозяйственных животных. Промышленные птицефабрики играют важную роль в обеспечении населения страны полноценным белком. Промышленное производство бройлеров обеспечивает население, главным образом, мясной продукцией, поскольку птица выращивается исключительно для мяса.

Продуктивные качества птицы в значительной степени зависят от кормления, а именно, от содержания в рационах биологически активных веществ, в том числе и минеральных, которые участвуют в поддержании нормального водного баланса и кислотно-щелочного равновесия, распределении воды в организме, генерации возбуждения в нервах и мышцах, проводимости нервных импульсов по нервным волокнам и т.д. [3].

Минеральные вещества являются структурным материалом при формировании тканей и органов, участвуют в обмене веществ и других биохимических реакциях, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность организма птицы и её высокую продуктивность. Многогранное значение в жизнедеятельности всех организмов, в том числе и птиц, имеет кремний. Он необходим для роста и развития животных, функционирования костной и соединительной тканей, нормализации обмена жиров, белков, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов [1].

В настоящее время проводятся исследования по изучению влияния способов введения и различных форм минеральных веществ на продуктивные и физико-химические показатели качества продукции. Одним из перспективных направлений повышения активности минералов является преобразование их в наноразмерные материалы с целью повышения физико-химической активности и биодоступности для организма животных.

**Цель исследования** – повышение продуктивных качеств цыплят-бройлеров путём включения в основной рацион ультрадисперсного оксида кремния.

**Задача исследований** – изучить влияние ультрадисперсного оксида кремния различной дозировки на морфологические и биохимические показатели крови, потребление корма и его перевариваемость, баланс и трансформацию энергии и протеина корма в тело подопытных цыплят-бройлеров.

**Материалы и методы исследования.** Объект исследования – цыплята-бройлеры кросса Арбор-Айкрес. При выполнении исследования были приняты меры по сведению к минимуму страданий животных. Для проведения экспериментального исследования было отобрано 150 голов цыплят-бройлеров 7-суточного возраста. Группы были сформированы по принципу пар-аналогов по 30 голов в каждой группе.

Во время эксперимента, проведённого в условиях экспериментально-биологической клиники (виварий) ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, цыплят содержали в клеточных батареях со свободным доступом к воде и корму. Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях. Содержание, плотность посадки, температурный и световой режимы, влажность воздуха, фронт кормления и поения соответствовали рекомендациям ВНИТИПа.

На протяжении всего эксперимента цыплята-бройлеры получали полноценный комбикорм.

Состав и питательность стартового и ростового комбикорма представлены в таблице 1. Цыплята контрольной группы на протяжении эксперимента получали основной рацион, а птице опытных групп в период учётного периода (14-42 сутки) дополнительно вводили ультрадисперсный оксид кремния SiO<sub>2</sub>: птице 1 опытной группы в дозе 100 мг/кг корма, 2 группы – 200 мг/кг, 3 группы – 300 мг/кг, 4 группы – 400 мг/кг корма. Дозировки 100-400 мг/кг корма выбраны с учётом проведённого анализа литературных данных, в которых отражён положительный эффект влияния кремнийсодержащих препаратов [5].

Таблица 1

Состав и питательность стартового и ростового комбикорма

Показатели	Комбикорм	
	Стартовый (7-28 сутки)	Ростовой (29-42 сутки)
Пшеница, %	27,1	41,2
Кукуруза, %	16,0	22,0
Шрот соевый, %	25,0	15,0
Шрот подсолнечный, %	18,0	8,0
Мука рыбная, %	4,0	6,0
Масло подсолнечное, %	5,0	2,8
Монохлоргидрат лизина (98%), %	0,24	0,11
DL-Метионин (98,5%), %	0,10	0,13
L-Треонин (98%), %	0,03	0,54
Соль поваренная, %	0,30	0,30
Монокальцийфосфат, %	0,7	0,7
Мел кормовой, %	0,5	0,4
Известняковая мука, %	1,0	0,7
Сода пищевая (бикарбонат натрия), %	0,05	0,10
Премикс, %	2,0	2,0
Итого	100,0	100,0

Комбикорм готовили методом ступенчатого смешивания, ультрадисперсные частицы (УДЧ) вводили после 45 мин диспергирования в физиологическом растворе с помощью УЗДН-2Т («НПП Академприбор», Россия, 35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 45 мин).

В ходе экспериментов производилась оценка роста и развития цыплят. Контроль над ростом производился еженедельно путем индивидуального взвешивания с последующим расчетом среднесуточного прироста. Сохранность учитывали ежедневно по числу павших особей и суммировали в конце исследования. Учет потребления корма осуществляли ежесуточно в каждой группе. Убой птицы для исследования производили на 28 и 42 сутки.

Переваримость питательных веществ изучалась в ходе балансовых опытов, проведенных по методикам ВНИТИПа. Химический состав помета, кормов и тканей тела бройлеров определялся в Испытательном центре ЦКП на базе ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по стандартизированным методикам.

На основании полученных результатов по общепринятым методикам производился расчет переваримости корма, энергии в теле подопытной птицы, эффективность трансформации корма в ткани тела подопытной птицы, а так же показателей мясной продуктивности.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программного пакета Statistica 10.0 и программного пакета «MS Excel 2016». Данные представлены в виде: среднее (M) ± стандартная ошибка среднего (m). Достоверными считали результаты при P≤0,05.

**Результаты исследований.** В 10-суточном возрасте живая масса цыплят-бройлеров в среднем составляла 232,33±4,80 г. Начиная с первой недели учетного периода, аналоги опытных групп по данному показателю стабильно опережали своих сверстников из контрольной группы. Живая масса цыплят в опытных группах после недельной дачи ультрадисперсного оксида кремния была выше контрольных значений на 2,55, 3,42, 5,84 и 5,15% соответственно (рис. 1).

Наибольшая разница в живой массе – 6,71 и 5,81 % отмечалась на 14 сутки после начала учетного периода в 3 и 4 опытных группах соответственно. Затем наблюдали снижение прироста живой массы и к 42 суткам оно составило 1,59, 1,99, 3,54 и 3,25 % для 1, 2, 3 и 4 опытных групп соответственно. Таким образом, эффективное ростостимулирующее действие УДЧ оксида кремния

наблюдается до 28-суточного возраста, когда происходят наиболее интенсивные обменные процессы в организме птицы.

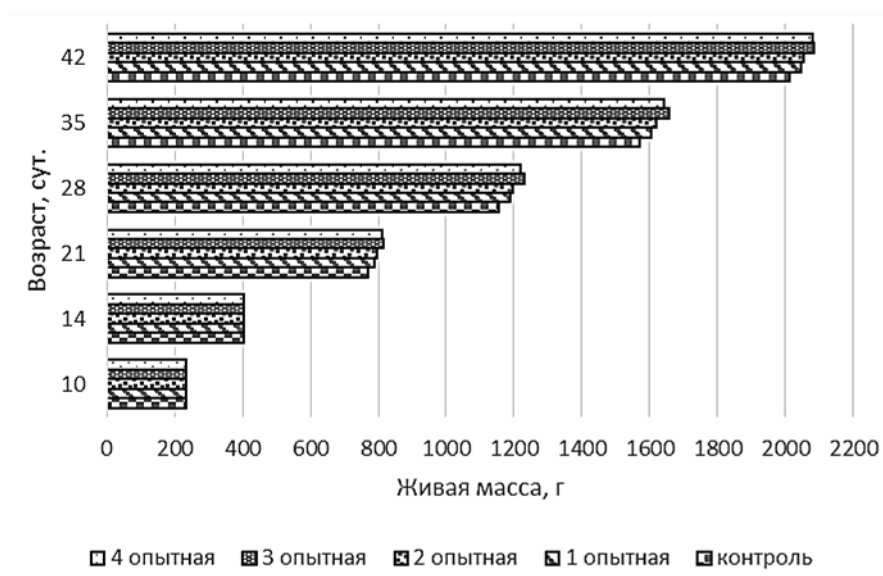


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров контрольной и опытных групп

Скармливание ультрадисперсного оксида кремния способствовало снижению потребления корма за весь период эксперимента в 1 опытной группе на 0,96 %, в 3 группе – на 2,11%, в 4 группе – на 0,73 %, во 2 опытной группе наблюдали повышение этого показателя на 1,94 % по сравнению с потреблением корма в контрольной группе (рис. 2). В то же время расход корма на прирост 1 кг живой массы уменьшился в 1 опытной группе на 3,00 %, во 2 опытной – на 0,50 %, в 3 опытной – на 6,00 %, в 4 опытной – на 4,50 % по сравнению с этим показателем контрольной группы.

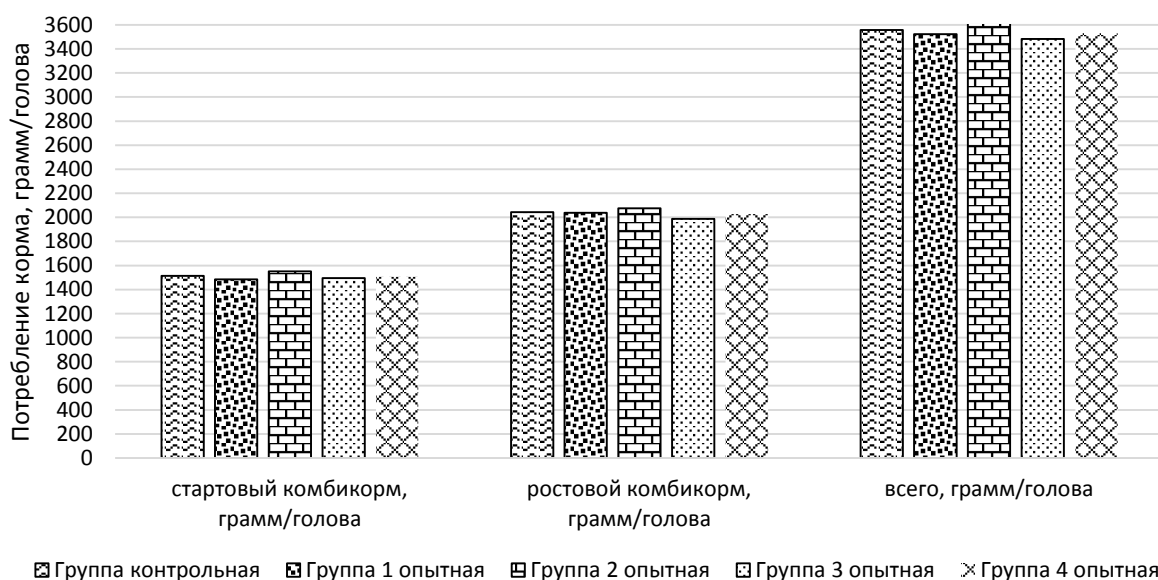


Рис. 2. Потребление комбикорма за эксперимент

Оценка гематологических параметров дает важную информацию о реакции организма на травмы, они являются хорошим индикатором физиологического состояния и состояния здоровья животных и могут быть полезны для дополнения знаний о незнакомом влиянии кормовых добавок [6]. Количественный и качественный состав периферической крови поддерживается на определенном

уровне и отражает состояние организма, степень его реактивности и устойчивости к действию внешних факторов.

Доказано, что с ростом живой массы цыплят-бройлеров количество общего белка в сыворотке крови повышается в связи с интенсивно происходящими процессами обмена веществ. Так, к 28 суткам количество общего белка в сыворотке крови цыплят 1 и 2 опытных групп увеличилось на 1,36-1,39 %, в 3 и 4 опытных группах отмечено достоверное ( $P \leq 0,05$ ) увеличение на 5,45 и 3,05 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Основные морфо-биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Показатель	Группа				
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
28 сутки					
Глюкоза, ммоль/л	8,33±0,60	9,57±0,35	9,00±0,58	10,30±0,51*	10,27±0,43*
Общий белок, г/л	34,48±0,41	34,96±0,92	34,95±0,66	36,36±0,60*	35,53±0,11*
Альбумин, г/л	12,67±0,18	13,00±0,00	14,00±0,00***	14,33±0,33**	14,00±0,58
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> к/л	40,77±0,90	35,73±0,38**	39,87±0,55	32,35±0,69***	32,40±0,96**
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> к/л	3,11±0,09	3,76±0,02***	3,78±0,09**	3,87±0,05***	3,86±0,06***
Гемоглобин, г/л	120,00±0,64	117,33±0,88*	116,00±1,15*	132,50±0,41***	131,00±0,36***
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> к/л	103,00±2,89	111,00±4,62	117,33±1,45**	117,50±0,41**	118,00±1,53**
42 сутки					
Глюкоза, ммоль/л	10,00±0,58	10,30±0,42	10,50±0,23	11,50±0,09*	11,67±0,33*
Общий белок, г/л	35,33±0,68	36,10±0,86	35,58±0,45	39,42±1,22*	38,89±1,18*
Альбумин, г/л	13,33±0,33	13,33±0,67	14,33±1,20	14,50±0,29*	15,00±0,58*
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> к/л	39,13±1,75	39,07±0,47	37,50±1,40	37,20±1,09	36,80±1,36
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> к/л	3,27±0,09	3,84±0,03***	3,81±0,05**	3,95±0,01***	3,98±0,06***
Гемоглобин, г/л	118,67±3,18	112,67±7,26	113,00±1,00	133,00±2,40*	133,00±2,31*
Тромбоциты, 10 <sup>9</sup> к/л	109,00±5,77	106,33±14,72	103,00±4,58	115,00±7,26	123,00±3,46

Примечание: \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $P \leq 0,001$  в сравнении с контрольной группой.

К 42 суткам значение этого показателя возросло во всех группах на 0,71-11,58 % по сравнению с аналогичными значениями в 28-суточном возрасте. В 3 и 4 опытных группах содержание общего белка в сыворотке крови цыплят достоверно ( $P \leq 0,05$ ) выше, чем в крови цыплят контрольной группы, на 11,58 и 10,08 %, соответственно.

К концу эксперимента по количеству альбуминовой фракции кровь цыплят опытных групп также превосходит кровь птицы контрольной группы, на 7,50-12,53 %, причем в 3 опытной группе отмечено достоверное ( $P \leq 0,05$ ) увеличение на 8,78 %, в 4 опытной – на 12,53 % по сравнению с контрольными значениями.

До 60 % всего доступного кремния в макроорганизме связано с белками крови, в результате повышается активность таких белков и способность к встраиванию в ткани внутренних органов. Вот поэтому рассматриваемая форма кремния – реальный фактор ускорения роста и развития внутренних органов [2].

Содержание глюкозы в крови цыплят опытных групп выше на 8,04-23,65 %, по сравнению с этим показателем крови цыплят контрольной группы. К 42-суточному возрасту наблюдается дальнейшее увеличение этого показателя для всех исследуемых групп. Для 3 и 4 опытных групп отмечен достоверный ( $P \leq 0,05$ ) рост содержания глюкозы – на 15,00 и 16,70 % по сравнению с этим показателем крови цыплят контрольной группы.

В результате исследования установлено, что применение УДЧ SiO<sub>2</sub> при кормлении бройлеров в течение 28 суток учётного периода, способствовало увеличению в кровяном русле количества эритроцитов.

К концу эксперимента число эритроцитов в крови птицы увеличилось на 17,43 ( $P \leq 0,001$ ), 16,51 ( $P \leq 0,01$ ), 20,80 ( $P \leq 0,001$ ) и 21,71 % ( $P \leq 0,001$ ) соответственно для 1-4 опытных групп по сравнению с показателем контрольной группы. Повышение количества эритроцитов в крови говорит об усилении функции кроветворения, что связано с высокой интенсивностью обменных процессов в организме цыплят-бройлеров (табл. 2).

Следует отметить и влияние исследуемой добавки на концентрацию гемоглобина в

эритроцитарной массе, который отражает функциональные возможности красных клеток крови. Увеличение содержания гемоглобина в крови цыплят к 28 суткам наблюдалось только в 3 и 4 опытных группах и составляло 10,42 и 9,17 % ( $P \leq 0,001$ ) соответственно.

К концу эксперимента в крови цыплят контрольной, 1 и 2 опытных групп наблюдалось снижение данного показателя, а в крови бройлеров 3 и 4 опытных групп отмечен дальнейший рост концентрации гемоглобина. Известно, что повышение содержания гемоглобина в крови может быть связано с увеличением количества или размера эритроцитов. Чем выше концентрация гемоглобина в эритроците, тем больше кислорода может транспортировать данная клетка крови.

К середине эксперимента количество лейкоцитов в крови птицы опытных групп снизилось на 2,21-20,65 % по сравнению с количеством лейкоцитов в крови бройлеров контрольной группы. К концу учетного периода отмечено дальнейшее снижение числа лейкоцитов в крови цыплят контрольной и 2 опытной группы. В крови птицы 1, 3, 4 опытной групп наблюдается небольшое увеличение. В целом, данный показатель находится в пределах нормы для данного вида и возраста цыплят-бройлеров.

В ходе роста и развития организма цыплят-бройлеров отмечено достоверное ( $P \leq 0,01$ ) увеличение количества тромбоцитов в крови цыплят 2, 3, 4 опытных групп – к 28-дневному возрасту на 13,91, 14,08 и 14,56 % соответственно.

К концу эксперимента наблюдается небольшое снижение этого показателя в крови цыплят 1, 2 и 3 опытной групп, в крови бройлеров контрольной и 4 опытной группы отмечен небольшой рост количества тромбоцитов.

Эффективность использования корма вносит значительный вклад в экономическую устойчивость производства цыплят-бройлеров, выращиваемых для мяса, где корма представляют наибольшую переменную стоимость. Эффективность корма можно измерить, используя коэффициент конверсии корма и коэффициенты переваримости питательных веществ [4]. Полученные различия в живой массе цыплят-бройлеров можно объяснить и переваримостью питательных веществ ростового комбикорма (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты переваримости питательных веществ ростового комбикорма при применении УДЧ оксида кремния в кормлении бройлеров

Группа	Коэффициент переваримости			
	Органического вещества	Сырого жира	Сырого протеина	Углеводов
Контрольная	84,07±0,22	83,84±0,23	87,19±0,18	83,11±0,24
1 опытная	82,00±0,72*	84,06±0,62	85,20±0,59*	80,90±0,77*
2 опытная	83,86±0,86	86,01±0,74*	86,71±0,70	82,89±0,91
3 опытная	84,05±0,85	84,50±0,85	87,36±0,69	83,20±0,89
4 опытная	84,67±0,16	84,70±0,16*	87,66±0,13	83,82±0,17

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

Так, если у цыплят контрольной группы переваримость органического вещества ростового комбикорма находилась на уровне 84,07 %, то у птицы 1, 2 и 3 опытных групп она незначительно снизилась, у бройлеров 4 опытной группы она, наоборот, увеличилась на 0,71 %. Коэффициент переваримости сырого жира у цыплят опытных групп незначительно увеличился (на 0,26-2,59 %) по сравнению с аналогичным показателем для бройлеров контрольной группы, это увеличение достоверно ( $P \leq 0,05$ ) только у цыплят 2 и 4 опытных групп. Коэффициенты переваримости сырого протеина и углеводов у бройлеров 1 опытной группы снизились на 2,81 и 2,66 %, у цыплят 2 опытной группы – на 0,55 и 0,26 % соответственно, у птицы 3 и 4 опытных групп, наоборот, увеличились на 0,16 и 0,11 %; 0,54 и 0,85 % соответственно.

Одной из важнейших характеристик обменных процессов, протекающих в организме животных, является эффективность использования обменной энергии. Установлено, что наиболее высокое поступление валовой энергии корма наблюдалось во 2 опытной группе, т.к. в этой группе было потреблено большее количество корма на голову, наиболее низкое поступление валовой энергии отмечено в 3 опытной группе, где потребление корма меньше, чем в контрольной (табл. 4, рис. 2).

Таблица 4

### Баланс и трансформация энергии корма в тело подопытных бройлеров за учетный период

Показатель	Группа				
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Валовая энергия корма, МДж/гол.	67,01	66,40	68,29	65,56	66,51
Обменная энергия, МДж/гол.	48,10	46,32	49,04	46,91	48,38
Чистая энергия прироста, % от валовой энергии	13,91	14,57	14,77	16,59	15,52
Коэффициент конверсии энергии	17,19±2,14	18,62±2,50	18,42±1,43	20,93±2,17	19,16±1,95

Обменная энергия у птицы контрольной группы составила 48,10 МДж на голову, у бройлеров 1 и 3 опытных групп она меньше на 1,78 и 1,19 МДж на голову, в то время как у цыплят 2 и 4 опытных групп она больше на 0,94 и 0,28 МДж/голову соответственно. Исходя из значений валовой и обменной энергии чистая энергия прироста у птицы контрольной группы составляла 13,91 %, у цыплят 1 опытной группы она была больше на 4,77 %, 2 опытной – на 6,20 %, 3 опытной – на 19,25 %, 4 опытной – на 11,59 %. Следовательно, при трансформации энергии корма в энергию тела цыпленка-бройлера коэффициент конверсии энергии у птицы контрольной группы равен 17,19, в то время, как у бройлеров 1 опытной группы он выше на 8,32%, 2 группы – на 7,16 %, 3 группы – на 21,76 %, 4 группы – на 11,46%.

**Заключение.** В ходе проведенного эксперимента установлено, что применение УДЧ SiO<sub>2</sub> в кормлении птицы способствовало увеличению в кровяном русле количества эритроцитов, повышению содержания общего белка, альбуминов. Увеличение числа эритроцитов в крови птицы в конце эксперимента составило 16,51-21,71 % для опытных групп по сравнению с контрольной группой. Количество общего белка в сыворотке крови цыплят 1 и 2 опытных групп увеличилось на 1,36-1,39 %, в 3 и 4 опытных группах отмечено достоверное (P≤0,05) увеличение (на 5,45 и 3,05 % соответственно). Содержание глюкозы в крови цыплят опытных групп выше на 8,04-23,65 %, расход корма на прирост 1 кг живой массы меньше на 0,50-6,00 %, чистая энергия прироста выше на 4,77-19,25 %. Таким образом, наиболее продуктивное биологическое действие на организм бройлера наблюдается в 3 опытной группе, где дополнительно к основному рациону вводили наночастицы оксида кремния в дозе 300 мг на 1 кг корма.

#### Библиографический список

1. Буянкин, Н. Ф. Применение кремнийорганических соединений // Птицеводство. – 2011. – № 2. – С. 34-35.
2. Дрогалев, А. А. Использование кремнийсодержащих препаратов в птицеводстве // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 1. – С. 44-51.
3. Мустафина, А. С. Влияние ультрадисперсного кремния на показатели белкового обмена крови молодняка сельскохозяйственных птиц / А. С. Мустафина, В. Н. Никулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 232-236.
4. Мустафина, А. С. Влияние ультрадисперсного кремния на продуктивные качества цыплят-бройлеров / А. С. Мустафина, В. Н. Никулин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (80). – С. 300-304.
5. Подобед, Л. Как избавиться от артритов у бройлеров и ремонтного молодняка птицы // Птицеводство. – 2016. – № 2. – С. 50-53.
6. Togun, V. A. Effect of low level inclusion of biscuit dust in broiler finisher diet on pre-pubertal growth and some haematological parameters of unsexed broilers / V. A. Togun, B. S. Oseni // Res Comm Anim Sci. – 2005. – №1. – P.10-14.

#### References

1. Buyankin, N. F. (2011). Primeneniye kremniy-organi-cheskikh soedinenii [Application of organic silicon compounds]. *Pticevodstvo – Poultry*, 2, 34-35 [in Russian].
2. Drogalev, A. A. (2017). Ispolizovaniye kremnii soderzhashchikh preparatov v pticevodstve [Use of silicon-containing preparations in poultry farming]. *Vestnik Krasnoarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of KrasSAU*, 1, 44-51 [in Russian].
3. Mustafina, A. S., & Nikulin, V. N. (2019). Vliianiye ultra dispersnogo kremnija na pokazateli belkovogo obmena krvi molodniaka seliskohoziaistvennikh ptic [The effect of ultrafine silicon on the indicators of protein me-tabolism in the blood of young farm birds]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 4(78), 232-236 [in Russian].
4. Mustafina, A. S., & Nikulin, V. N. (2019). Vliianiye ultra- dispersnogo kremnija na produktivniye kachestva cipliat-broilerov [Effects of ultrafine silicon on the productive qualities of broiler chickens]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU –*

*Izvestia Orenburg SAU*, 6(80), 300-304 [in Russian].

5. Podobed, L. (2016). Kak izbavitsia ot artritov u broilerov I remontnogo molodniaka ptici [How to get rid of arthritis in broilers and repair young birds]. *Pticevodstvo – Poultry*, 2, 50-53 [in Russian].

6. Togun, V. A., & Oseni, B. S. (2005). Effect of low level inclusion of biscuit dust in broiler finisher diet on pre-pubertal growth and some hematological parameters of unsexed broilers. *ResCommAnimSci.*, 1, 10-14.