

УДК 577.17:636.5

Влияние наночастиц меди и оксида меди на организм цыплят-бройлеров

Е.П. Мирошникова^{1,2}, В.А. Сердаева^{1,2}, М.С. Мирошникова¹, И.А. Руденков¹

¹ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства»

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования по оценке морфологических и биохимических параметров цыплят-бройлеров при использовании в кормлении наночастиц меди и оксида меди. Исследования проводились на цыплятах-бройлерах кросса «Смена 8». Для проведения исследования в недельном возрасте были отобраны 90 цыплят, которых методом пар-аналогов разделили на 3 группы (n=30). По истечению подготовительного периода (1 неделя) подопытных цыплят перевели на режим основного учётного периода, предполагавшего кормление контрольной группы основным рационом, I опытная группа дополнительно к основному рациону получала препарат наночастиц меди, II опытная – наночастицы оксида меди. В эксперименте использованы препараты наночастиц меди ($d=55\pm 15$ нм; Z-потенциал $31\pm 0,1$ мВ; $S_{\text{пов}}= 12$ м²/г) и оксида меди ($d=90\pm 15$ нм; Z-потенциал $47\pm 0,1$ мВ; $S_{\text{пов}}= 14$ м²/г), произведённые методом плазмохимического синтеза.

Продолжительность основного учётного периода составила 28 суток. С целью изучения гематологических особенностей подопытной птицы в возрасте 14, 28, 42 суток были взяты и исследованы образцы крови по основным биохимическим и морфологическим параметрам.

В соответствии с полученными результатами скормливание цыплятам-бройлерам наночастиц меди в течение 14 дней сопровождалось увеличением концентрации лимфоцитов на 16 % и повышением содержания гемоглобина на 30 %. Скормливание наночастиц оксида меди сопровождалось повышением содержания лейкоцитов на 22 % и снижением количества эритроцитов в 2,3 раза в 28-суточном возрасте. При этом отмечалось уменьшение уровня гемоглобина на 45 % в 42-суточном возрасте.

Исходя из результатов гематологических исследований, более предпочтительным для включения в рацион цыплят-бройлеров представляется использование препарата наночастиц меди в сравнении с наночастицами оксида этого металла.

Ключевые слова: кормление, наночастицы меди, оксид меди, цыплята-бройлеры, гематологические параметры, лейкоциты.

Введение.

Развитие нанотехнологий сопровождается всё более широким производством и расширением сфер применения наночастиц металлов. Наночастицы (НЧ) металлов благодаря своим уникальным и многогранным свойствам находят всё более широкое применение в биологии и медицине [1, 2], в том числе как антибиотические препараты [3], стимуляторы роста [4], специфические корректоры микробиоценозов пищеварительного тракта животных [2] стимуляторов обмена веществ [5, 6] и т. д. Препараты НЧ металлов-микроэлементов рассматриваются как перспективные источники минеральных веществ в питании человека [7, 8].

Интерес для сельского хозяйства представляют работы по использованию НЧ в качестве источников микроэлементов для животных [4]. Ранее проводились исследования биологических свойств микро- и наночастиц различных металлов [9-11], позволившие разработать способы выращивания цыплят-бройлеров при включении данных комплексов в состав рационов. Установлено, что это приводит к повышению продуктивности птицы и снижению затрат корма на единицу прироста живой массы цыплят-бройлеров [12-15]. Однако эффективность препаратов НЧ Cu и CuO в качестве кормовых добавок в составе рационов для птицы не достаточно изучена и актуальна для исследования.

Цель исследования.

Изучение возможности применения НЧ Cu и CuO в качестве потенциальных кормовых добавок и их влияния на гематологические и биохимические параметры крови цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Цыплята-бройлеры кросса «Смена 8» и препараты наночастиц меди и оксида меди.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1966)». При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Схема эксперимента. Исследования были проведены в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Условия выращивания и содержания птицы соответствовали правилам OECD (Organization for Economic Co-operation and Development).

Препараты наночастиц. В исследованиях использованы препараты НЧ производства ООО «Платина» (г. Москва, Россия), полученные методом плазмохимического синтеза. НЧ Cu ($d=55\pm 15$ нм; Z-потенциал $31\pm 0,1$ мВ; $S_{пов}=12$ м²/г) и НЧ CuO ($d=90\pm 15$ нм; Z-потенциал $47\pm 0,1$ мВ; $S_{пов}=14$ м²/г).

Исследования проводились на цыплятах-бройлерах кросса «Смена 8». Для проведения исследования в недельном возрасте было отобрано 90 цыплят, которых методом пар-аналогов разделили на 3 группы ($n=30$). По истечению подготовительного периода (1 неделя) подопытных цыплят перевели на режим основного учётного периода, предполагавшего кормление контрольной группы основным рационом, I опытная группа дополнительно к основному рациону получала препарат наночастиц меди, II опытная – наночастицы оксида меди.

В течение первых 14 суток основного учётного периода птица находилась на стартовом комбикорме (содержание обменной энергии – 12,78 МДж/кг, сырого протеина – 19,87 %), в последующем – на ростовом рационе (содержание обменной энергии – 12,65 МДж/кг, сырого протеина – 18,37 %).

Контрольная группа в течение всего эксперимента содержалась на основном рационе, предполагавшим дополнительное введение 2,5 мг/кг корма меди в форме сульфата этого металла. Цыплятам опытных групп в составе основного рациона сульфат меди заменяли на 1,7 мг/кг меди в эквивалентном количестве на препараты наночастиц: в I опытной – на НЧ Cu, во II – на НЧ CuO [15]. Относительно меньшее введение НЧ в сравнении с солями объясняется более высокой биодоступностью меди из состава наночастиц.

Формирование рационов для подопытной птицы в ходе исследований проводились с учётом рекомендаций ВНИТИП [16] путём ступенчатого замешивания компонентов корма. Кормление опытной птицы проводилось 2 раза в сутки, учёт кормов – ежесуточно. Поение – вволю. Температурный режим осуществлялся с помощью терморегулятора для внутренних помещений RTR-B для поддержания заданной температуры, с ошибкой – не более 1°C. Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ВНИТИП [17]. Для проведения исследования использованы клетки КУН-05 с полезной площадью 4050 см² (90×45×45 см), изготовленные из оцинкованной сварной сетки и оцинкованного железного листа.

С целью изучения гематологических параметров производили отбор крови во время убоя подопытной птицы в 14, 28 и 42-суточном возрасте. До убоя птицу не кормили 12 часов, не поили 4 ч. Убой был проведён по методике ВНИТИП.

Среди морфологических показателей крови были исследованы: эритроциты ($10^{12}/л$), лейкоциты ($10^9/л$), гемоглобин (г/л), гематокрит (%). В сыворотке крови определяли: АлАТ (Ед/л), АсАТ (Ед/л), ЛДГ (Ед/л) (оптический тест Варбурга) и др.

Оборудование и технические средства. Гематологические исследования проводились по стандартизированным методикам в Испытательном центре ЦКП ФГБНУ ВНИИМС (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.2015 г.) и включали определение морфологических и биохимических параметров крови. Образцы крови для гематологических исследований отбирали в вакуумные пробирки с ЭДТА-К3, для биохимических исследований – в вакуумные пробирки с активатором свёртывания. Определение гематологических параметров крови производили на автоматическом гематологическом анализаторе крови URIT 2900 VETPlus («URIT MEDICAL ELECTRONIC CO., LTD», Китай). Биохимический анализ крови осуществляли с помощью автоматического биохимического анализатора CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd.», Китай). Биохимический анализ проводили с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетГест (производитель – Россия) и коммерческих биохимических наборов Randox (производитель – США).

Статистическая обработка. Статистическую обработку полученных данных проводили с применением пакета программ Statistica 10.0 («Stat Soft Inc.», США). Проверка соответствия полученных данных нормальному закону распределения определялась при помощи критерия согласия Колмогорова.

Результаты исследования.

Исследования морфологического состава крови выявили повышение содержания лейкоцитов во II опытной группе в 28-суточном возрасте на 22 % ($P < 0,05$), в 42-суточном – на 6 % ($P < 0,05$) (табл. 1). В I опытной группе отмечено увеличение количества лимфоцитов в 28-суточном возрасте на 16 % ($P < 0,05$). Количество эритроцитов во II опытной группе в 28-суточном возрасте уменьшилось в 2,3 раза ($P < 0,05$). Количество гемоглобина в крови I опытной группы в 28-суточном возрасте увеличилось на 30 % ($P < 0,05$), а во II опытной уменьшилось на 45 % ($P < 0,05$). Показатели гематокрита в I опытной группе в 28-суточном возрасте выросли на 39 % ($P < 0,05$). В то же время относительная ширина распределения тромбоцитов во II опытной группе в 42-суточном возрасте выросла на 29 % ($P < 0,05$).

Таблица 1. Морфологический состав крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Возраст цыплят-бройлеров, сутки		
	14	28	42
Лейкоциты (WBC), 10^9/л			
Контрольная		65,2±2,43	77,5±3,70
I опытная	61,7±3,79	68,0±1,99	68,8±3,38
II опытная		79,6±4,93*	82,4±2,30*
Лимфоциты (Lym), 10^9/л			
Контрольная		63,5±21,1	73,63±3,35
I опытная	58,0±17,40	74,1±1,9*	65,53±2,80
II опытная		39,4±4,9	77,23±2,31
Эритроциты (RBC), 10^{12}/л			
Контрольная		1,85±0,52	2,01±0,18
I опытная	1,71±0,32	1,85±0,05	1,76±0,07
II опытная		0,60±0,14*	2,05±0,06
Гемоглобин (HGB), г/л			
Контрольная		90,3±30,18	126,3±5,24
I опытная	98,7±16,1	117,0±3,06*	109,7±3,84
II опытная		62,3±8,65*	129,7±4,10

Продолжение 1 таблицы

Группа	Возраст цыплят-бройлеров, сутки		
	14	28	14
Гематокрит (HCT), %			
Контрольная		17,0±6,52	24,8±1,71
I опытная	20,6±3,58	23,7±0,70*	20,8±0,67
II опытная		10,0±1,59	26,0±0,87
Средний объём тромбоцитов (MPV), фл			
Контрольная		19,80±0,10	20,73±0,83
I опытная	16,97±1,49	20,00±1,22	19,73±0,88
II опытная		25,30±1,00	19,43±0,66
Относительная ширина распределения тромбоцитов (PDW), фл			
Контрольная		11,30±0,50	17,93±2,11
I опытная	15,07±2,00	16,07±0,13	17,00±1,56
II опытная		10,70±1,50	23,13±4,17*

Примечание: * – P≤0,05

Исследования биохимического состава крови выявили снижение общего билирубина в I опытной группе в 42-суточном возрасте на 38 % (P≤0,05) (табл. 2).

Таблица 2. Биохимический состав крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Возраст цыплят-бройлеров, сутки		
	14	28	42
Глюкоза, ммоль/л			
Контрольная		8,8±1,62	8,08±2,22
I опытная	11,16±1,33	8,5±1,13	9,66±1,01
II опытная		7,4±0,72	6,85±0,49
Общий белок, г/л			
Контрольная		32,1±2,22	33,6±0,72
I опытная	16,7±2,00	34,7±0,58	36,7±1,26
II опытная		36,1±0,33	36,4±0,47
Альбумин, г/л			
Контрольная		12,3±0,33	15,0±0,58
I опытная	16,33±2,03	13,7±0,88	16,3±0,33
II опытная		14,3±0,33	16,3±0,33
Билирубин общий, мкмоль/л			
Контрольная		20,31±0,64	21,20±2,91
I опытная	20,6±0,28	20,72±0,11	15,35±0,15*
II опытная		20,76±0,11	55,23±31,61
Билирубин прямой, мкмоль/л			
Контрольная		0,75±0,14	0,69±0,14
I опытная	0,75±0,20	0,57±0,03	0,63±0,20
II опытная		0,71±0,08	0,61±0,03
Холестерин, ммоль/л			
Контрольная		4,50±0,37	4,59±0,08
I опытная	4,8±0,47	4,91±0,13	4,47±0,05
II опытная		4,61±0,29	4,39±0,10

Продолжение 2 таблицы

Группа	Возраст цыплят-бройлеров, сутки		
	14	14	14
Триглицериды, ммоль/л			
Контрольная		0,69±0,19	0,39±0,14
I опытная	0,92±0,54	0,34±0,04	0,36±0,02
II опытная		0,45±0,08	0,47±0,03
Мочевина, ммоль/л			
Контрольная		1,80±0,10	1,40±0,06
I опытная	1,90±0,01	1,63±0,03	1,57±0,27
II опытная		1,67±0,03	1,53±0,03
Креатинин, мкмоль/л			
Контрольная		15,3±3,80	17,20±1,61
I опытная	20±2,55	16,7±1,30	16,97±0,83
II опытная		19,1±0,35	16,33±0,55

Примечание: * – P≤0,05

Исследования активности ферментов показали, что активность аланинаминотрансферазы во II опытной группе в 42-суточном возрасте увеличилась на 21 % (P≤0,05), в это же время показатели аспартатаминотрансферазы для II опытной группы в 28-суточном и 42-суточном возрасте, напротив, снизились на 133 % (P≤0,05) и на 52 % (P≤0,05) соответственно. Показатели гамма-глутамилтрансферазы для I опытной группы в 42-суточном возрасте возросли на 43 % (P≤0,05), а для II опытной в 42-суточном возрасте – на 37 % (P≤0,05). Активность креатинкиназы для I опытной группы в 28-суточном возрасте возросла на 61 % (P≤0,05), а в 42-суточном возрасте снизилась на 8 % (P≤0,05), в то же время для II опытной группы в 28-суточном возрасте этот показатель возрос на 26 % (P≤0,05) (табл. 3).

Таблица 3. Динамика активности ферментативных систем крови подопытных цыплят-бройлеров

Группа	Возраст цыплят-бройлеров, сутки		
	14	28	42
АЛТ, Ед/л			
Контрольная		19,50±10,46	16,83±7,34
I опытная	27,9±5,92	20,30±1,87	17,57±2,45
II опытная		19,30±3,15	20,37±3,06*
АСТ, Ед/л			
Контрольная		76,9±32,3	42,6±30
I опытная	44,17±3,12	44,2±6,60*	49,3±7,34
II опытная		32,9±6,6*	27,9±6,6*
г-ГТ, Ед/л			
Контрольная		19,3±0,33	12,33±0,67
I опытная	14,95±0,05	18,3±1,76	17,7±0,33*
II опытная		20,0±1,00	17,0±0,58*
Креатинкиназа, Ед/л			
Контрольная		3 173,0±430,0	6 196,0±341,0
I опытная	3 285±341	5 125,0±425,0*	5 714,0±430,0*
II опытная		4 004,0±369,0*	6 203,0±247,0
ЛДГ, Ед/л			
Контрольная		2 007,0±214,0	2 676,0±261,0
I опытная	1 050,0±4,50	1 201,0±107,0	1 697,0±174,0
II опытная		1 598,0±162,0	2 659,0±247,0

Примечание: * – P≤0,05

Обсуждение полученных результатов.

Наночастицы металлов представляют интерес в качестве источника микроэлементов для человека и животных, что обосновывается относительно меньшей токсичностью НЧ в сравнении с минеральными солями [4], высокой биологической активностью [1, 2]. В числе перспективных источников микроэлементов рассматриваются НЧ меди. Однако исследований по данной проблеме явно недостаточно, а имеющиеся результаты нередко противоречивы. В связи с чем представляются актуальными исследования по оценке биологических свойств наночастиц меди и её соединений.

В ходе планирования эксперимента мы опирались на результаты ранее выполненных исследований, в которых обосновано введение относительно небольшого, в сравнении с существующими нормами, количества НЧ меди – 1,7 мг/кг корма или 68 % от нормы. Это становится возможным благодаря более высокой биодоступности меди из состава препарата НЧ в сравнении с минеральными солями.

Как следует из полученных результатов, использованные нами препараты НЧ неоднозначно повлияли на морфологический и биохимический составы крови. Препарат НЧ оксида меди оказал более выраженное токсическое действие в отличие от НЧ меди. В частности, во II опытной группе констатирован факт значительного снижения количества эритроцитов (в 2,3 раза) и гемоглобина в крови, увеличение относительной ширины распределения тромбоцитов. Можно предположить, что препарат НЧ оксида меди обладает гепатотоксическим действием, что косвенно подтверждается увеличением уровня аланинаминотрансферазы. В свою очередь скармливание НЧ меди цыплятам-бройлерам сопровождалось достоверным увеличением количества лимфоцитов, гемоглобина и гематокрита, что согласуется с предыдущими исследованиями [18]. Между тем нами отмечено незначительное токсическое действие НЧ меди, что подтверждалось увеличением активности гамма-глутамилтрансферазы как симптома возможного поражения печени или поджелудочной железы [19]. Отмечалось соответствующее изменение уровня креатинкиназы.

Анализируя полученные данные можно отметить, что различия в действии наночастиц металлсодержащих веществ не являются новыми для науки. Ранее описаны аналогичные различия даже для препаратов НЧ одноимённых металлов, но произведённых по различным технологиям или имеющих различный размер, различную поверхность и т. д. [20, 21]. В то же время в какой-то степени неожиданным является то, что НЧ оксида меди оказались более токсичными в сравнении с НЧ элементарной меди. Так как элементарная медь внутри организма способна стать источником электронов и запустить каскад образования супероксиданиона, потенциально возникающего при переносе электрона через электропроводящую наночастицу меди на молекулярный кислород и в дальнейшем спонтанно дисмутирующего в перекись водорода. Можно предположить, что описанное нами действие препарата НЧ оксид меди на птицу аналогично хорошо известному токсическому эффекту выбросов медеплавильных заводов на организм человека.

Выводы.

Использование наночастиц меди и оксида меди в кормлении цыплят-бройлеров сопровождается изменениями в картине крови. Исходя из результатов гематологических исследований, более предпочтительным для включения в рацион цыплят-бройлеров представляется использование препарата НЧ меди в сравнении с оксидом этого металла.

Литература

1. Influence of $cu10x$ copper nanoparticles intramuscular injection on mineral composition of rat spleen / E. Sizova, S. Miroshnikov, A. Skalny, N. Glushchenko // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2011. Т. 25. № SUPPL. 1. С. S84-S89.
2. Comparative assessment of effect of copper nano- and microparticles in chicken / S.A. Miroshnikov, E.V. Yausheva, E.A. Sizova, E.P. Miroshnikova, V.I. Levahin // Oriental Journal of Chemistry. 2015. Т. 31. № 4. P. 2327-2336.

3. Изучение антимикробной фотодинамической активности водных растворов наночастиц металлов / В.Б. Байбурин, Т.А. Шульгина, Е.С. Тучина, О.В. Нечаева, О.Г. Шаповал, Е.И. Тихомирова, Н.В. Беспалова, М.В. Корченова, О.А. Морозов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2014. Т. 4. № 1(77). С. 81-87.

4. Аринжанов А.Е., Мирошникова Е.П., Килякова Ю.В. Использование биодобавок и наночастиц железа в кормлении карпа // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 6. 181 с.

5. Влияние сульфата и наночастиц железа на особенности обмена химических элементов в мышечной ткани / Е.А. Сизова, С.В. Лебедев, О.Ю. Сипайлова, Д.В. Нестеров // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2014. Т. 217. С. 251-255.

6. Использование экструдированных кормов с добавлением наночастиц металлов в кормлении рыб / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова, А.М. Мирошников, А.В. Кудашева // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 10(146). С. 138-142.

7. Shahverdy A.R., Fakhimi Ali, Minaian Sara Synthesis and effect of silver nanoparicles on the antibacterial activity of different antibiotics against Staphylococcus and Escherichia coli // Nanomedicine-Nanotechnology biology and medicine. 2007. V. 3(2). S. 168-171.

8. Dietary iron depletion at weaning imprints low microbiome diversity and this is not recovered with oral Nano Fe(III) / D.I. Pereira, M.F. Aslam, D.M. Frazer, A. Schmidt, G.E. Walton, A.L. McCartney, G.R. Gibson, G.J. Anderson, J.J. Powell // Microbiologyopen. 2015. Feb. 4(1):12-27. doi: 10.1002/mbo3.213. Epub 2014 Dec 2.

9. Ле Вьет Фюнг. Использование высокодисперсных порошков железа, меди, марганца, цинка в премиксах цыплят-бройлеров: дис. канд. ... с.-х. наук. М., 2006. С. 37-45.

10. Серебряные нанобиокомпозиты в кормовых добавках для сельскохозяйственных животных и птицы / В.А. Скрябин, Ю.И. Михайлов, В.А. Реймер, Н.А. Носенко // Пища. Экология. Качество: тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. (Краснообск, 21-22 сент. 2010 г.). Новосибирск: РАСХН, 2010. С. 222-223.

11. Серебряные нанобиокомпозиты в кормовых добавках для сельскохозяйственных животных и птицы / Л.И. Мачихина, В.А. Скрябин, Ю.И. Михайлов, В.В. Болдырев // Инновационные нанотехнологии для АПК России: сб. тез. докл. участников II Междунар. форума по нанотехнологиям. 6-8 октября 2009. г. Новосибирск. Новосибирск, 2009. С. 390-392.

12. Курилкина М.Я., Холодилина Т.Н. Эффективность использования микропорошков в составе экструдата при кормлении цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 4. С. 169-171.

13. Холодилина Т.Н., Мирошников С.А. Исследование процессов создания и испытание новых препаратов эссенциальных элементов на основе микро- и макрочастиц металлов // Ориентированные фундаментальные исследования и их реализация в агропромышленном комплексе России: материалы Всерос. науч. конф. М.: ООО «Полиграф», 2010. С. 193-196.

14. Питательность и продуктивное действие отрубей, модифицированных в присутствии микрочастиц железа / Н.В. Гарипова, С.А. Мирошников, Т.Н. Холодилина и др. // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 10(146). С. 117-121.

15. Морфо-биохимические показатели крови у бройлеров при коррекции рациона солями и наночастицами Cu / Е.А. Сизова, В.Л. Королёв, Ш.А. Макаев, Е.П. Мирошникова, В.А. Шахов // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 903-911.

16. Методические указания по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.Н. Ленкова и др. М., 2009. 80 с.

17. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации / Ш.А. Имангулов, И.А. Егоров, Т.М. Околелова и др. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. 43 с.

18. Яушева Е.В., Мирошников С.А., Кван О.В. Оценка влияния наночастиц металлов на морфологические показатели периферической крови животных // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 12(161). С. 203-207.

19. Toxicological effects of cationic nanobubbles on the liver and kidneys: biomarkers for predicting the risk // T.L. Pan, P.W. Wang, S.A. Al-Suwayeh, Y.J. Huang, J.Y. Fang // Food and Chemical Toxicology. 2012. V. 50. Issue 11. P. 3892-3901. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.07.005>.

20. Влияние наночастиц металлов на плазмидную ДНК энтеробактерий / И.В. Бабушкина, А.Л. Боровский, О.В. Мареев, Е.Г. Чеботарева, Е.В. Бородулина, С.Б. Орлов // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. XVIII. № 2. С. 511-513.

21. Изучение безопасности введения наночастиц меди с различными физико-химическими характеристиками в организм животных / О.А. Богословская, Е.А. Сизова, В.С. Полякова, С.А. Мирошников, И.О. Лейпунский, И.П. Ольховская, Н.Н. Глущенко // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 2(108). С. 124-127.

Мирошникова Елена Петровна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры факультета прикладной биотехнологии и инженерии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», 460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-912-350-77-88, e-mail: elenaakva@rambler.ru

Сердаева Виктория Алексеевна, магистрант кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры факультета прикладной биотехнологии и инженерии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», 460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13; ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-932-536-45-21, e-mail: serdaeva2011@yandex.ru

Мирошникова Мария Сергеевна, студент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры факультета прикладной биотехнологии и инженерии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», 460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, сот.: 8-9228-67-57-10, e-mail: mary-zayka@mail.ru

Руденков Иван Анатольевич, студент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры факультета прикладной биотехнологии и инженерии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», 460018, г. Оренбург, просп. Победы, 13, сот.: 8-9226-25-57-46, e-mail: aqua925746@gmail.com

Поступила в редакцию 24 ноября 2017 года

UDC 577.17:636.5

Miroshnikova Elena Petrovna^{1,2}, Serdaeva Victoria Alexeevna^{1,2},

Miroshnikova Maria Sergeevna¹, Rudenkov Ivan Anatolievich¹

¹ FSBEI HE «Orenburg State University», e-mail: elenaakva@rambler.ru

² FSBSI «All-Russian Research Institute of Beef Cattle Breeding», e-mail: vniims.or@mail.ru

Influence of copper and copper oxide nanoparticles on organism of broiler chickens

Summary. The article presents the results of an experimental study on the evaluation of morphological and biochemical parameters of broiler chickens when copper and copper oxide nanoparticles are used in feeding. Studies were carried out on broiler crosses «Smena 8». To conduct the study, 90 week-old chickens were selected, they were divided into 3 groups (n=30) by pair analogues method. At the end of the preparatory period (1 week), the experimental chicks were transferred to the main record period, which supposed the feeding of the control group with the main diet, the first experimental group received a preparation of copper nanoparticles in addition to the main diet, and the second group received copper

oxide nanoparticles. Copper nanoparticle preparations ($d=55\pm 15$ nm, Z-potential 31 ± 0.1 mV, $S_n=12$ m²/g) and copper oxide ($d=90\pm 15$ nm, Z-potential 47 ± 0.1 mV, $S_p=14$ m²/g) produced by LLC «Platina» (Moscow) using plasma-chemical synthesis.

The duration of the main record period was 28 days. To study the hematological peculiarities of the experimental birds at the age of 14, 28, 42 days, blood samples were taken and examined according to the main biochemical and morphological parameters.

In accordance with the results obtained, feeding of broiler chickens with copper nanoparticles for 14 days was accompanied by an increase in lymphocyte concentration by 16 % and an increase in hemoglobin by 30 %. Feeding of copper oxide nanoparticles was accompanied by an increase in the leukocyte count by 22 % and a decrease in the number of erythrocytes by 2.3 times at the 28-day age. At the same time, there was a decrease in hemoglobin level by 45 % at 42-day age.

Based on the results of hematological studies, the use of a preparation containing copper nanoparticles is more preferable than preparation with nanoparticles of copper oxide in the diet of broiler chickens.

Key words: feeding, copper nanoparticles, copper oxide, broiler chickens, haematological parameters, leukocytes.