

---

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

---

**Биологическое действие нанокompозита Zn-C  
на морфобиохимические показатели крови цыплят-бройлеров**

**Юлия Владимировна Килякова<sup>1</sup>✉, Елена Петровна Мирошникова<sup>1</sup>,  
Азамат Ерсанович Аринжанов<sup>1</sup>, Марина Сергеевна Мингазова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко,  
Оренбург, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий  
Российской академии наук, Оренбург, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: fish-ka06@mail.ru

**Аннотация**

Для реализации в полной мере генетического потенциала бройлеров и увеличения продуктивности в птицеводстве нашли применение частицы металлов в наноформе как биологически активные кормовые добавки, оптимизирующие обмен веществ, для профилактики гиповитаминозов, активации иммунных реакций. В результате научных исследований выполнена оценка биологического действия нанокompозита Zn-C на рост, морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров. Добавление нанокompозита Zn-C в минимальной дозировке (0,2 ppm) способствовало более высокой интенсивности роста во время кормления – на 5,4% выше массы птицы контрольной группы. Цинк в наноформе в качестве кормовой добавки оказал положительное влияние также на морфобиохимические показатели крови цыплят-бройлеров. В лейкограмме цыплят-бройлеров опытных групп заметно увеличение количества нейтрофилов, эозинофилов и лимфоцитов к общему количеству клеток белой крови. Количество эритроцитов и гемоглобина оказалось ниже контроля в опытных группах, но среднее содержание гемоглобина в эритроците и средняя концентрация гемоглобина в эритроците были выше контроля. При биохимическом анализе сыворотки крови цыплят-бройлеров отмечалось усиление активности ферментов аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы. Также во всех опытных группах наблюдалось снижение билирубина относительно контроля. В I группе отмечалось повышение фосфора относительно контроля на 8,91%. Полученные результаты являются важными для расширения вариантов кормовых добавок, обладающих ростостимулирующим эффектом в птицеводстве.

**Ключевые слова**

цыплята-бройлеры, кормление, нанокompозит цинка, морфобиохимические показатели крови, динамика роста, кормовые добавки

**Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075–15–2024–550).

**Для цитирования**

Килякова Ю.В., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Мингазова М.С. Биологическое действие нанокompозита Zn-C на морфобиохимические показатели крови цыплят-бройлеров // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 2. С. 123–137.

## Biological effect of Zn-C nanocomposite on morphobiochemical blood parameters of broiler chickens

Yuliya V. Kilyakova<sup>✉</sup>, Elena P. Miroshnikova<sup>1</sup>, Azamat E. Arinzhanov<sup>1</sup>,  
Marina S. Mingazova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Orenburg State University named after V.A. Bondarenko, Orenburg, Russia

<sup>2</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS,  
Orenburg, Russia

✉Corresponding author: fish-ka06@mail.ru

### Abstract

To fully realise the genetic potential of broilers and increase productivity in poultry farming, metal particles in nanoform have been applied as biologically active feed additives. These additives optimise metabolism, help prevent hypovitaminosis, and activate immune responses. This scientific study assessed the biological effect of the Zn-C nanocomposite on the growth, morphological, and biochemical blood parameters of broiler chickens. The addition of the Zn-C nanocomposite at a minimal dosage (0.2 ppm) promoted higher growth intensity during feeding – the bird mass was 5.4% greater than that of the control group. Zinc in nanoform, as a feed additive, also had a positive effect on the morphobiochemical blood parameters of broiler chickens. The leukogram of broiler chickens in the experimental groups showed a noticeable increase in the number of neutrophils, eosinophils, and lymphocytes relative to the total number of white blood cells. The number of erythrocytes and haemoglobin was lower than in the control group in the experimental groups, but the mean corpuscular haemoglobin and mean corpuscular haemoglobin concentration were higher than in the control. Biochemical analysis of the blood serum of broiler chickens revealed increased activity of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase enzymes. A decrease in bilirubin relative to the control was observed in all experimental groups. In Group I, phosphorus levels increased by 8.91% relative to the control. The findings are important for expanding the range of feed additives with growth-stimulating effects in poultry farming.

### Keywords

broiler chickens, feeding, zinc nanocomposite, morphobiochemical blood parameters, growth dynamics, feed additives

### Acknowledgments

The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (agreement No. 075–15–2024–550).

### For citation

Kilyakova Yu.V., Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Mingazova M.S. Biological effect of Zn-C nanocomposite on morphobiochemical blood parameters of broiler chickens. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(2):123–137.

## Введение Introduction

Птицеводство в последнее десятилетие является стремительно растущей отраслью сельского хозяйства Российской Федерации, обеспечивая население качественными продуктами питания животного происхождения. В ответ на международные

санкции и глобальные экономические изменения в нашей стране были приняты меры по увеличению производства мяса птицы, что способствовало импортозамещению. Россия стала одним из крупнейших производителей куриного мяса в мире [1]. Важнейшая роль в отечественном птицеводстве принадлежит бройлерному направлению. Бройлерное птицеводство в России демонстрирует стабильный рост и высокую конкурентоспособность благодаря инвестициям, инновационным технологиям и государственной поддержке [2]. Бройлеры имеют множество преимуществ, что делает их крайне популярными в птицеводстве: высокая производительность, устойчивость к болезням, эффективность откорма. Высокопродуктивные кроссы цыплят-бройлеров обладают значительным генетическим потенциалом, позволяющим за 1-1,5 месяца выращивания получить живую массу более 2 кг [3]. С переходом на промышленный уровень производственникам иногда приходится увеличивать плотность содержания птицы, применять не всегда сбалансированные корма, а именно цыплята-бройлеры особенно чутко реагируют на условия содержания и кормления [4].

Увеличение продуктивности и реализация генетического потенциала бройлеров в полном объеме возможны только при регулярной корректировке условий выращивания, а также при сбалансированном кормлении [5]. Все более актуальным в птицеводческих хозяйствах становится использование биологически активных кормовых добавок, оптимизирующих обмен веществ, для профилактики гиповитаминозов, активации иммунных реакций, что в свою очередь способствует повышению продуктивности и рентабельности предприятия [2].

Частицы металлов в наноформе нашли применение в животноводстве при создании кормовых рационов, обогащенных микроэлементами. Благодаря своим ультрамалым размерам такие частицы гораздо быстрее проникают в организм и начинают действовать более активно. Микроэлементы в форме нанокомпозиата менее токсичны и оказывают влияние на все процессы жизнедеятельности организма, состав микробиома кишечника, иммунитет, повышают антиоксидантную активность, улучшают переваримость питательных веществ рационов [1, 6].

Цинк (Zn) – один из важнейших микроэлементов в питании как теплокровных, так холоднокровных животных. Цинк участвует в синтезе белков и нуклеиновых кислот, что важно для роста и восстановления клеток. Он является коферментом для многих ферментов включая антиоксидантные системы. Также цинк необходим для поддержания здоровья кожи и правильного формирования перьев, что улучшает внешний вид птицы и качество продукции. Являясь иммуномодулирующим элементом, цинк стабилизирует микрофлору и создает защитный слой в тонком отделе кишечника, таким образом подавляя воспалительные процессы в организме и пищеварительном тракте [7, 8].

Наночастицы металлов обладают уникальными физическими и химическими свойствами, отличающимися от свойств макроскопических образцов того же вещества. Эти уникальные характеристики делают их объектом активных исследований и применений в различных отраслях. Наночастицы металлов в птицеводстве – это относительно новая область исследований, которая привлекает внимание благодаря потенциальному преимуществу для здоровья птиц, повышению продуктивности и улучшению состояния окружающей среды. В птицеводстве они применяются в нескольких направлениях: для профилактики инфекционных болезней, сорбента различных загрязнителей, для повышения питательных свойств корма, стимуляции роста и усиления иммунной защиты [9]. Однако необходимо отметить, что использование наночастиц металлов может иметь и негативные последствия, так как излишнее применение или неправильно выбранная концентрация могут оказывать токсический эффект [10].

Поэтому необходимо проводить дальнейшие исследования для оценки безопасности и выявления допустимых дозировок для различных кроссов цыплят-бройлеров.

**Цель исследований:** оценить биологическое действие нанокompозита Zn-C на рост, морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров.

### Методика исследований

#### Research method

Исследования проведены в условиях кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБУ ВО «Оренбургский государственный университет» и ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». В качестве объекта исследований выбраны цыплята-бройлеры кросса «Arbor Acres». Бройлеры породы Арбор (Arbor Acres) – это одна из популярных мясных пород кур, которая была выведена в начале XX в. и которая известна высокой производительностью и хорошими показателями роста. Один из основных плюсов этой породы – высокая эффективность конверсии корма, что позволяет получать больше мяса с меньшими затратами [3]. В возрасте 14 суток методом пар-аналогов были отобраны 24 шт. цыплят-бройлеров и распределены на 4 группы в равных количествах ( $n = 6$ ). Продолжительность исследований включала в себя подготовительный (7-13-суточного возраста) и основной учетный (14-42-суточного возраста) периоды.

В течение всего периода эксперимента кормление бройлеров опытных и контрольной групп осуществлялось согласно рекомендациям ВНИТИП в соответствии с возрастом. Цыплята до 25 суток получали ростовой рацион ПК-5, с 26 по 42 сутки – финишный рацион ПК-6. Комбикорм ПК-5 и ПК-6 произведен ЗАО «Птицефабрика Оренбургская», г. Оренбург, Россия.

Во время подготовительного периода все цыплята-бройлеры потребляли основной рацион (ОР). Начиная с 14-суточного возраста цыплятам в ОР, включавший стартовый и ростовой рационы, дополнительно вносили нанокompозиты в различных дозировках. Схема эксперимента представлена на рисунке 1.

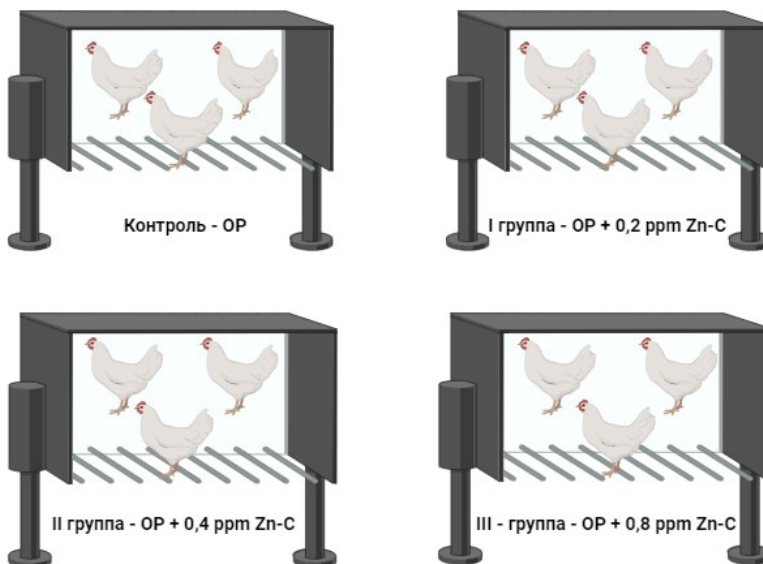


Рис. 1. Схема эксперимента

Figure 1. Experimental design

Дозировка рассчитана с учетом информации от производителя и проводимых ранее исследований [11-13].

Нанокompозит Zn-C (40-60 нм) представляет собой углеродную матрицу с наночастицами цинка. Нанокompозит получен плазменно-дуговой технологией синтеза на углеродной матрице в Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН. Способ синтеза включает в себя распыление в плазме электрического дугового разряда постоянного тока в атмосфере инертного газа композитного электрода в виде графитового стержня с просверленной полостью, в которую запрессована смесь порошков металла и углерода в виде графита.

В процессе исследований еженедельно выполняли оценку роста и развития цыплят-бройлеров путем индивидуального взвешивания утром до кормления. Отбор крови осуществляли в последний день эксперимента из подкрыльцовой вены. Исследования морфологических и биохимических показателей крови выполнены на автоматическом биохимическом анализаторе DURUI CS-T240 и ветеринарном автоматическом гематологическом анализаторе DF50 Vet.

Статистический анализ был выполнен с помощью программы «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента, при котором статистически значимым считались значения с  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,01$  и  $P \leq 0,001$ . Данные представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое значение,  $m$  – ошибка средней арифметической величины.

## Результаты и их обсуждение

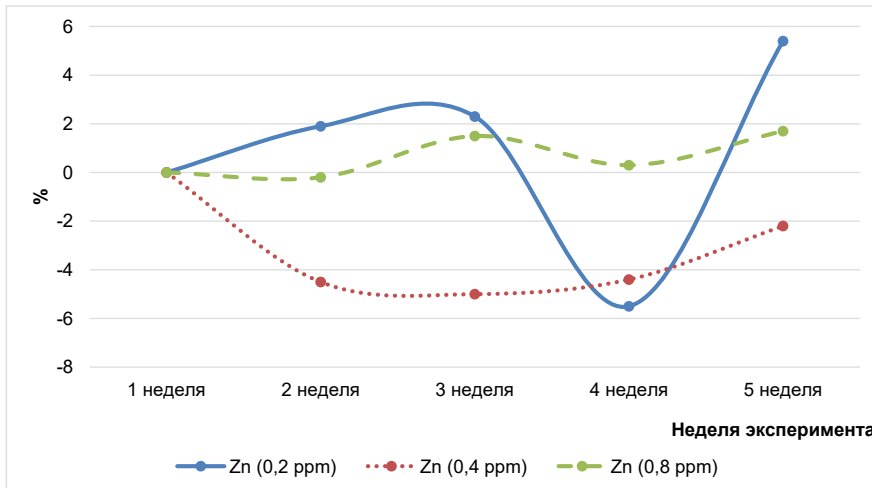
### Results and discussion

Важными показателями при учете мясной продуктивности птицы являются динамика роста и убойный выход. Чем выше эти показатели, тем выше мясная продуктивность птицы [6]. Бройлеры отличаются значительной скороспелостью. Этот показатель критически важен для многих птицеводов, поскольку напрямую влияет на сроки производства, затраты на корм и общую рентабельность бизнеса [8].

Анализируя данные по динамике роста подопытных бройлеров, установили, что добавление Zn в минимальной дозировке (0,2 ppm) отличалось более высокой интенсивностью роста во время кормления – на 5,4% выше массы птицы контрольной группы. Превосходство живой массы I группы относительно контроля началось на четвертой неделе эксперимента. На первых этапах эксперимента организм птиц может адаптироваться к новым условиям, и лишь спустя некоторое время начинают проявляться положительные эффекты от вмешательства. Это может быть связано с улучшением усвоения питательных веществ или изменениями в обмене веществ, активацией защитных механизмов. Увеличение дозировок нанокompозита Zn в составе рациона (II и III опытные группы) не оказало ростостимулирующего действия (рис. 2).

Оценка гематологических показателей цыплят-бройлеров является важной частью исследования безопасности кормовых добавок. Морфологические показатели помогают оценить состояние кислородного обмена и общую физиологическую стабильность организма животных [2, 5]. Морфологические показатели цыплят-бройлеров кросса «Arbor Acres» представлены в таблице 2.

При использовании нанокompозита цинка в рационе цыплят-бройлеров происходило изменение всех гематологических показателей. Так, количество лейкоцитов во всех опытных группах было несколько выше физиологической нормы и выше контроля на 3,6%; 4,66%; 3,39% соответственно, что может свидетельствовать об активации неспецифической защиты организма и реализации противомикробных и антитоксических иммунных реакций [11, 13].



**Рис. 2.** Разница живой массы птицы с нанокompозитами Zn по сравнению с контролем, %  
**Figure 2.** Difference in live weight of poultry fed with Zn nanocomposites compared to the control, %

В лейкоцитарной формуле цыплят опытных групп отмечалось заметное увеличение количества лимфоцитов, нейтрофилов и эозинофилов. Вероятно, этот эффект обусловлен иммуномодулирующим воздействием нанокompозита цинка [14]. Процентное соотношение и количество моноцитов были ниже контроля во всех опытных группах, а процентное соотношение базофилов и количество базофилов – выше контроля только во II группе на 32,5 и 37,5%. Стимуляция иммунологических реакций, а также отсутствие воспалительных процессов в организме цыплят подтверждаются лейкоцитарной формулой [2].

Включение в рацион нанокompозита цинка сопровождалось снижением количества эритроцитов и гемоглобина. Количество эритроцитов оказалось ниже контроля во всех опытных группах на 6,57%; 7,04%; 2,35%, а гемоглобина – на 2,66%; 1,6% в I и II группах, оставаясь при этом в пределах нормы. Снижение уровня гематокрита относительно контрольных значений в крови бройлеров всех опытных групп свидетельствует об отсутствии анемии у цыплят-бройлеров. Средний объем эритроцита, степень отклонения размера эритроцитов от нормального, разница между самым большим и самым маленьким эритроцитами не имели достоверных отличий от контроля и находились в пределах физиологической нормы во всех опытных группах [13].

Полученные в результате исследований данные указывают на положительные изменения среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в эритроците у цыплят-бройлеров, получавших кормовую добавку. Эти показатели были выше во всех группах относительно контроля (на 4,82%; 6,24%; 3,17% и на 278,42%; 283,66%; 262,44% соответственно). Такие значения говорят о развитии компенсаторных механизмов, направленных на улучшение кислородной емкости крови, что важно для интенсивно растущих животных – таких, как бройлеры. Отсутствие патологических нарушений кровообращения также поддерживает вывод о том, что добавка безопасна для применения и может быть полезной для повышения продуктивности птицы [6, 11]. Тромбоциты в I и II группах были выше контроля на 98,51 и 149,25%. Повышенное количество тромбоцитов указывает на активизацию иммунной системы, так как тромбоциты играют важную роль в воспалительных реакциях и защите организма от инфекций. Они участвуют в гемостазе и способны реагировать на повреждения сосудов, что может быть особенно важным для поддержки здоровья птиц, подвергающихся стрессам или потенциальным патогенам [15].

**Морфологические показатели цыплят-бройлеров кросса «Arbor Acres»****Morphological characteristics of Arbor Acres broiler chickens**

Показатели	Группа			
	К	I	II	III
WBC <sup>10<sup>9</sup>/l</sup>	40,15±3,46	41,6±6,51	42,02±2,26	41,51±4,5
Neu%	35,33±3,12	40,23±3,9	44,97±8,23	38,93±8,14
Lym%	52,87±7,89	50,07±4,2	48,03±9,48	53,43±10,98
Mon%	6,27±5,47	0,73±0,23	0,43±0,15	0,73±0,43
Eos%	5,13±0,78	8,83±0,29*	6,03±1,26	6,67±2,51
Bas%	0,4±0,15	0,13±0,03	0,53±0,12	0,23±0,07
Neu 10 <sup>9</sup> /l	13,97±0,75	16,63±3,03	19±3,86	16,48±4,29
Lym 10 <sup>9</sup> /l	21,63±4,56	20,87±3,7	20±3,55	21,73±3,64
Mon 10 <sup>9</sup> /l	2,18±1,84	0,27±0,06	0,18±0,06	0,3±0,16
Eos 10 <sup>9</sup> /l	2,11±0,49	3,66±0,57	2,53±0,5	2,84±1,08
Bas 10 <sup>9</sup> /l	0,16±0,06	0,05±0,01	0,22±0,04	0,09±0,03
RBC <sup>10<sup>12</sup>/l</sup>	2,13±0,06	1,99±0,18	1,98±0,05	2,08±0,14
HGB g/l	125,33±5,36	122±10,12	123,33±2,73	125,33±4,33
HCT%	26,7±1,01	24,23±2,14	24,13±0,72	25,93±1,14
MCV fl	125,2±1,43	121,8±0,61	121,77±0,91	125±3,58
MCH pg	58,67±0,96	61,5±0,9	62,33±0,2*	60,53±3,35
MCHC g/l	133,45±132,4	505±4,93	512±3,61	483,67±12,68
RDW-CV%	9,4±0,06	8,93±0,19	8,8±0,12*	8,97±0,29
RDW-SD fl	47,7±0,65	45,1±0,76	44,1±0,36*	46,03±2,26
PLT 10 <sup>9</sup> /l	0,67±0,33	1,33±0,67	1,67±0,33	0,33±0,33

\*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001.

Таким образом, насыщенность эритроцитов гемоглобином у цыплят, получавших кормовую добавку, находилась на высоком уровне, несмотря на снижение их количества. Следовательно, процессы дыхания и насыщения тканей и органов кислородом были активными [16].

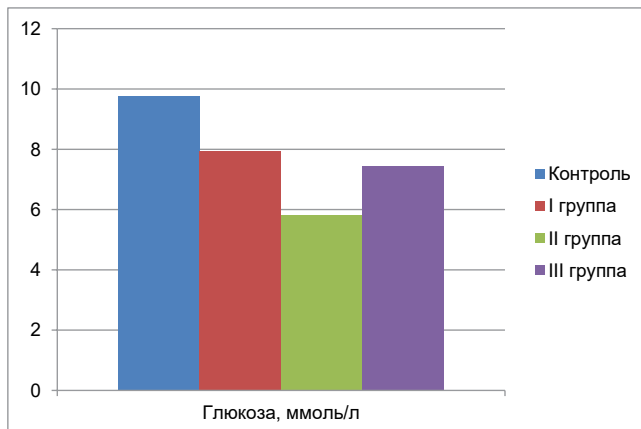
Биохимические анализы крови, включая уровни белков, ферментов, глюкозы, липидов, позволяют получить информацию о метаболических процессах и функциональном состоянии разных систем органов. Изменения в этих показателях могут свидетельствовать о токсическом воздействии или о других негативных эффектах исследуемой добавки [7, 9].

Изучение биохимических показателей крови бройлеров является важным инструментом для ветеринаров и специалистов по кормлению. Эти данные помогают оптимизировать здоровье птиц и улучшить их продуктивность, обеспечивая необходимую поддержку для достижения высоких результатов в птицеводстве. Биохимические показатели сыворотки крови характеризуют адаптационные возможности организма [11]. Вводимая добавка способствовала изменению углеводного обмена – в частности, снижению уровня глюкозы (ниже контроля во всех опытных группах на 18,65%; 40,27%; 23,87% соответственно) (рис. 3). В результате активного роста в организме может наблюдаться снижение уровня глюкозы в крови, которая расходуется на метаболические и ферментативные процессы. При такой динамике исключаются также поражение эндокринной системы и стресс [2, 6].

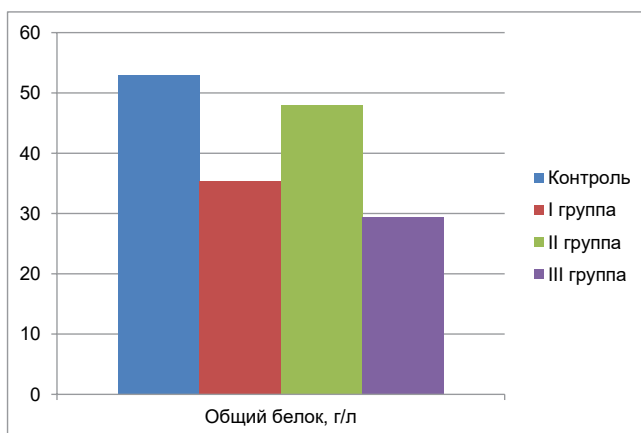
Общий белок зафиксирован ниже контроля во всех группах, получавших наноккомпозит цинка (на 33,38%; 9,62%; 44,5% соответственно) (рис. 4). Альбумин был в пределах нормы, превышение контроля во всех опытных группах одинаковое – на 13,96%. Повышение концентрации альбуминов в сыворотке крови указывает как на активный синтез белков в организме, так и на нормализацию или усиление функциональной активности печени [17].

При биохимическом анализе сыворотки крови цыплят-бройлеров отмечалось усиление активности ферментов аланинаминотрансферазы и аспаргатаминотрансферазы. Эти показатели были выше контроля во всех опытных группах (АЛТ на 49,67, 58,18, 14,76%; АСТ на 47,26, 88,82, 50,6% соответственно). Благодаря усилению белоксинтезирующей функции печени в организме опытных цыплят-бройлеров происходило изменение активности трансаминаз. Высокие показатели активности объясняются тем, что обмен веществ у цыплят-бройлеров находится на высоком физиологическом уровне [18]. Аспаргатаминотрансфераза считается показателем активности митохондрий в клетках организма. Увеличение активности АСТ в результате воздействия наноккомпозита цинка указывает на более активное использование свободных аминокислот в цикле Кребса, что в свою очередь может свидетельствовать о повышении энергетической интенсивности метаболических процессов [17]. Кроме того, изменение проницаемости клеточных мембран может повлиять также на транспорт нутриентов и метаболитов, чем объясняются изменения в обмене веществ. Если ультрадисперсные частицы влияют на мембранный потенциал или структуры мембран, это может способствовать более эффективному введению аминокислот и других субстратов в клетку, что также будет поддерживать реакции биосинтеза [19].

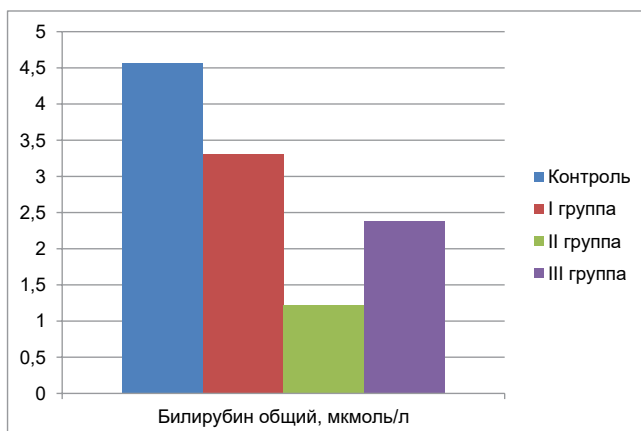
Во всех опытных группах наблюдалось снижение билирубина относительно контроля (на 27,57; 73,3; 47,92%) (рис. 5), что свидетельствует о нормальном билирубиновом обмене [2].



**Рис. 3.** Уровень глюкозы в крови цыплят-бройлеров  
**Figure 3.** Glucose level in the blood of broiler chickens



**Рис. 4.** Общий белок в крови цыплят-бройлеров  
**Figure 4.** Total protein in the blood of broiler chickens



**Рис. 5.** Билирубин в крови цыплят-бройлеров  
**Figure 5.** Bilirubin in the blood of broiler chickens

Холестерин и триглицериды во всех опытных группах были в пределах нормы, отклонение от контрольной группы незначительное. Холестерин является важным компонентом клеточных мембран и может варьировать в зависимости от типа корма, генетики, возраста и общего состояния здоровья птицы. Триглицериды служат основным способом хранения энергии в организме. Они образуются из свободных жирных кислот и глицерина, а их уровень в крови зависит от питания, энергетического баланса и интенсивности обмена веществ. Концентрации холестерина и триглицеридов в сыворотке крови могут служить важными индикаторами липидного обмена у цыплят-бройлеров и их общего метаболического состояния. Повышение триглицеридов часто коррелирует с интенсивным ростом, указывая на эффективное использование энергетических ресурсов [2].

Мочевина и креатинин превышали физиологическую норму только в III группе. В этой же группе зафиксировано наибольшее превышение данных показателей относительно контрольной группы на 184,29 и 35,32%. При активном белковом откорме птицы наблюдается повышение уровня мочевины в крови. Когда птицы получают корма с высоким содержанием белка, происходит повышение аминокислот в организме. Эти аминокислоты используются для синтеза белков, необходимых для роста и других физиологических процессов. Излишние аминокислоты преобразуются в печени в аммоний и мочевину, которая затем циркулирует в крови и выводится из организма.

Таким образом, при высоком белковом питании уровень мочевины в крови может повышаться по причине увеличения продукции мочевины в ответ на избыточный белок [9, 13]. Мочевая кислота оказалась ниже контроля во всех опытных группах на 32,86; 45,8 и 27,3%. У цыплят-бройлеров опытных групп при активном росте выведение почками креатинина и мочевины происходило интенсивно. Возможно, сказался также токсический эффект на значении уровня мочевины и креатинина. Если уровень мочевой кислоты в плазме крови снижается, то большее количество аминокислот используется для синтеза белков, а не превращается в азотистые отходы – такие, как мочевая кислота. Птицы более эффективно усваивают белки из корма и используют их для построения мышечной массы и других жизненно важных процессов, что приводит к увеличению производительности бройлеров [17, 20].

Минеральный обмен у бройлеров – это важный аспект их питания и общего здоровья, который включает в себя способы усвоения, распределения и использования минералов в организме птиц. Минералы необходимы для многих физиологических функций включая формирование костей, синтез белков, поддержание водно-солевого баланса и функционирование клеток. Обеспечение бройлеров сбалансированным рационом, содержащим необходимые минералы в правильных пропорциях, имеет ключевое значение для их здоровья, роста и продуктивности. Оптимальный минеральный обмен способствует не только росту птиц, но и повышению их устойчивости к болезням и улучшению качества конечного продукта [1, 13]. Кальций и фосфор во всех опытных группах были в пределах физиологической нормы, но относительно контроля происходило снижение кальция во всех опытных группах. Только в I группе наблюдалось повышение фосфора относительно контроля на 8,91%.

## **Выводы**

## **Conclusions**

Цинк, входящий в группу эссенциальных элементов, принимает участие в процессах кроветворения, обновления клеток, синтезе ферментов, способствует антиоксидантной защите организма, необходим для формирования оперения и скорлупы, влияет на обмен веществ и развитие организма [4, 8, 12].

Включение более низких концентраций нанокompозита цинка в наших исследованиях способствовало большей биодоступности цинка и лучшему ростостимулирующему эффекту. В наноформе интенсивность высвобождения металлов ниже в сравнении с ионными формами, что дает основание рассматривать нанокompозиты металлов как более выгодную альтернативу минеральным солям [13, 19].

Применение нанокompозита цинка в рационе цыплят-бройлеров демонстрировало положительное влияние на гематологические показатели, что связано с множеством факторов, способствующих улучшению здоровья и продуктивности этих птиц. Зафиксированы увеличение количества нейтрофилов, эозинофилов и лимфоцитов, увеличение содержания и концентрации гемоглобина в эритроцитах, снижение уровня глюкозы, повышение альбуминов, усиление активности ферментов, а также снижение концентрации билирубина, триглицеридов. Улучшение этих показателей говорит о позитивном влиянии добавления данного компонента в рацион птиц, что может привести к улучшению их роста, здоровья и продуктивности. Исследования в этой области необходимо продолжать для получения дополнительных данных о механизмах действия и долгосрочных эффектах использования нанокompозитов в птицеводстве.

### Список источников

1. Мустафина А.С., Мустафин Р.З. Влияние различных доз диоксида кремния на концентрацию органических кислот и микроэлементов в печени цыплят-бройлеров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105, № 1. С. 119–129. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-119>
2. Мусабаева Л.Л., Сизова Е.А., Лутковская Я.В., Иванищева А.П. Морфобиохимические показатели крови цыплят-бройлеров при применении кремнийсодержащей кормовой добавки // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105, № 2. С. 95–106. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-2-95>
3. Сулейманова Г.В., Донкова Н.В. Возрастная динамика морфобиохимических показателей крови цыплят-бройлеров кросса «Арбор Айкрез» // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 12 (177). С. 199–204. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-199-204>
4. Луговая И.С., Петрова Ю.В. Влияние витаминно-минеральных добавок на здоровье бройлеров // *Птицеводство*. 2016. № 7. С. 24–26. EDN: WICJNF
5. Дмитриев Н.О., Салаутин В.В., Пудовкин Н.А., Терентьева Е.Ю. Морфобиохимические показатели крови при применении добавки «Reasil® Humic Health» // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 1. С. 77–80. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp77-80>
6. Курилкина М.Я., Холодилина Т.Н., Муслимова Д.М., Завьялова О.А. и др. Влияние препаратов высокодисперсных металлов на морфологические и биохимические показатели цыплят-бройлеров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2018. Т. 101, № 3. С. 93–99. EDN: YLJONF
7. Мирошников С.А., Сизова Е.А. Наноматериалы в животноводстве (обзор) // *Вестник мясного скотоводства*. 2017. Т. 3, № 99. С. 7–22. EDN: ZJSLDD
8. Нечитайло К.С., Сизова Е.А., Рязанцева К.В., Кван О.В. Влияние ферментной добавки в сочетании с цинком в ультрадисперсной форме на продуктивные показатели цыплят-бройлеров // *Международный вестник ветеринарии*. 2023. № 4. С. 197–205. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.197>
9. Сизова Е.А., Нечитайло К.С., Иванищева А.П., Рябов Н.И. Перспективность использования ультрадисперсной формы металлов в кормлении животных // *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103, № 3. С. 177–189. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-177>

10. Лебедева Т.И., Красочко И.А., Красочко П.А. Влияние ветеринарных препаратов на основе наночастиц микроэлементов на здоровье животных и качество продукции // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2021. № 2 (54). С. 73–79. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.54.2.012>
11. Нечитайло К.С., Сизова Е.А., Полякова В.С., Мустафина А.С. и др. Влияние фитобиотического экстракта в сочетании с ферментной добавкой и ультрадисперсными частицами цинка на морфобиохимические показатели цыплят-бройлеров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106, № 4. С. 121–134. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-4-121>
12. Севостьянова О.И., Шахова В.Н., Киреев И.В., Кастарнова Е.С. Влияние кормовых добавок на основе различных форм цинка на эффективность птицеводства // *Ветеринария и кормление*. 2024. № 3. С. 105–108. <https://doi.org/10.30917/АТТ-ВК-1814-9588-2024-3-20>
13. Сизова Е.А., Мирошников С.А., Лебедев С.В., Левахин Ю.И. и др. Сравнительные испытания ультрадисперсного сплава, солей и органических форм Cu и Zn как источников микроэлементов в кормлении цыплят-бройлеров // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 2. С. 393–403. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.393rus>
14. Hidayat C., Wina E., Sumiati, Jayanegara A. Effect of zinc addition on the immune response and production performance of broilers: a meta-analysis. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020;33(3):465-479. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0146>
15. Dinani O.P., Tyagi P.K., Tyagi J.S., Bhanja S.K. et al. Effect of feeding rice gluten meal with and without enzymes on hematobiochemical profile of broiler chickens. *Veterinary World*. 2020;13(10):2062-2069. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2062-2069>
16. Abang F.B.P., Anoh K.U., Izuki E.D., Nsa E.E. et al. Productive performance and hematological indices of broiler chicks fed biodegraded cassava root. *Online J Anim Feed Res*. 2023;13(4):274-278. <https://doi.org/10.51227/ojafir.2023.41>
17. Ryazanov V., Duskaev G., Sheida E., Nurzhanov B. et al. Rumen fermentation, methane concentration, and blood metabolites of cattle receiving dieteticalphytobiotic and cobalt (II) chloride. *Veterinary World*. 2022;15(11):2551-2557. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2551-2557>
18. Basit M.A., Abdul Kadir A., Loh T., Abdul Aziz S. et al. Effect of inclusion of different doses of *Persicariaodorata* leaf meal (POLM) in broiler chicken feed on biochemical and haematological blood indicators and liver histomorphological changes. *Animals*. 2020;10(7):1209. <https://doi.org/10.3390/ani10071209>
19. Rahimi G., Mohammad K.Sh., Zarei M., Shokoohi M. et al. Zinc oxide nanoparticles synthesized using *Hyssopus Officinalis* L. Extract Induced oxidative stress and changes the expression of key genes involved in inflammatory and antioxidant Systems. *Biological Research*. 2022;55:24. <https://doi.org/10.1186/s40659-022-00392-4>
20. Chodkowska K.A., Abramowicz-Pindor P.A., Tuśnio A., Gawin K. et al. Effect of phytobioticcomposition on production parameters, oxidative stress markers and myokine levels in blood and pectoral muscle of broiler chickens. *Animals*. 2022;12(19):2625. <https://doi.org/10.3390/ani12192625>

## References

1. Mustafina A.S., Mustafin R.Z. The effect of different doses of silicon dioxide on the concentration of organic acids and trace elements in liver of broiler

- chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):119-129. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-119>
2. Musabaeva L.L., Sizova E.A., Lutkovskaya Ya.V., Ivanischeva A.P. Morphobiochemical parameters of blood of broilers using a silicon-containing feed additive. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(2):95-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-2-95>
3. Suleimanova G.V., Donkova N.V. Age dynamics of blood morpho-biochemical indicators in cross “Arbor Aykrez” broiler chicken. *Bulletin of KSAU*. 2021;(12(177)):199-204. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-199-204>
4. Lugovaya I.S., Petrova Yu.V. Influence of vitamin and mineral additives on broiler health. *Ptitsevodstvo*. 2016;(7):24-26. (In Russ.)
5. Dmitriev N.O., Salautin V.V., Pudovkin N.A., Terentyeva E.Yu. Morphobiochemical parameters of broiler blood when using the Reasil® Humic Health supplement. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(1):77-80. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i1pp77-80>
6. Kurilkina M.Ya., Kholodilina T.N, Muslyumova D.M., Zavyalov O.A. et al. Effect of highly dispersed metals on morphological and biochemical characteristics of broiler chickens’ blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018;101(3):93-99. (In Russ.)
7. Miroshnikov S.A., Sizova E.A. Nanomaterials in animal husbandry (review). *Vestnik myasnogo skotovodstva*. 2017;(3(99)):7-22. (In Russ.)
8. Nechitailo K.S., Sizova E.A., Ryazantseva K.V., Kvan O.V. Influence of enzyme additive in combination with zinc in ultra-fine form on productive indicators of broiler chickens. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2023;(4):197-205. (In Russ.) <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.197>
9. Sizova E.A., Nechitaylo K.S., Ivanishcheva A.P., Ryabov N.I. The prospects of using ultra-dispersed forms of metals in animal feeding. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(3):177-189. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-177>
10. Lebedeva T.I., Krasochko I.A., Krasochko P.A. Effects of veterinary preparations based on microelement nanoparticles on animal health and product quality. *Vestnik APK Verkhnevolszhyia*. 2021;(2(54)):73-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.54.2.012>
11. Nechitaylo K.S., Sizova E.A., Polyakova V.S., Mustafina A.S. et al. The influence of a phytobiotic extract in combination with an enzyme additive and ultrafine zinc particles on the morphobiochemical parameters of the blood of broiler chickens. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):121-134. (In Russ.) <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-4-121>
12. Sevostyanova O.I., Shakhova V.N., Kireev I.V., Kastarnova E.S. The effect of feed additives from different forms of zinc on the poultry effectiveness. *Veterinaria i Kormlenie*. 2024;(3):105-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-3-20>
13. Sizova E.A., Miroshnikov S.A., Lebedev S.V., Levakhin Yu.I. et al. Comparative tests of various sources of microelements in feeding chicken-broilers. *Agricultural Biology*. 2018;53(2):393-403. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.393rus>
14. Hidayat C., Wina E., Sumiati, Jayanegara A. Effect of zinc addition on the immune response and production performance of broilers: a meta-analysis. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020;33(3):465-479. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0146>
15. Dinani O.P., Tyagi P.K., Tyagi J.S., Bhanja S.K. et al. Effect of feeding rice gluten meal with and without enzymes on hematobiochemical

profile of broiler chickens. *Veterinary World*. 2020;13(10):2062-2069. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2062-2069>

16. Abang F.B.P., Anoh K.U., Izuki E.D., Nsa E.E. et al. Productive performance and hematological indices of broiler chicks fed biodegraded cassava root. *Online J Anim Feed Res*. 2023;13(4):274-278. <https://doi.org/10.51227/ojaf.2023.41>

17. Ryazanov V., Duskaev G., Sheida E., Nurzhanov B. et al. Rumen fermentation, methane concentration, and blood metabolites of cattle receiving dieteticalphytobiotic and cobalt (II) chloride. *Veterinary World*. 2022;15(11):2551-2557. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2551-2557>

18. Basit M.A., Abdul Kadir A., Loh T., Abdul Aziz S. et al. Effect of inclusion of different doses of *Persicariaodorata* leaf meal (POLM) in broiler chicken feed on biochemical and haematological blood indicators and liver histomorphological changes. *Animals*. 2020;10(7):1209. <https://doi.org/10.3390/ani10071209>

19. Rahimi G., Mohammad K.Sh., Zarei M., Shokoohi M. et al. Zinc oxide nanoparticles synthesized using *Hyssopus Officinalis* L. Extract Induced oxidative stress and changes the expression of key genes involved in inflammatory and antioxidant Systems. *Biological Research*. 2022;55:24. <https://doi.org/10.1186/s40659-022-00392-4>

20. Chodkowska K.A., Abramowicz-Pindor P.A., Tuśnio A., Gawin K. et al. Effect of phytobioticcomposition on production parameters, oxidative stress markers and myokine levels in blood and pectoral muscle of broiler chickens. *Animals*. 2022;12(19):2625. <https://doi.org/10.3390/ani12192625>

### Сведения об авторах

**Килякова Юлия Владимировна**, канд. биол. наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; 460018, Российская Федерация, Оренбургская область, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; e-mail: fish-ka06@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

**Мирошникова Елена Петровна**, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; 460018, Российская Федерация, Оренбургская область, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; e-mail: elenaakva@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

**Аринжанов Азамат Ерсайнович**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; 460018, Российская Федерация, Оренбургская область, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; e-mail: arin.azamat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

**Мингазова Марина Сергеевна**, ассистент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»; 460018, Российская Федерация, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13; аспирант 2 года обучения Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, Российская Федерация, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; e-mail: zueva@ms-98.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>

### Information about the authors

**Yuliya V. Kilyakova**, CSc (Bio) Associate Professor at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University named after V.A. Bondarenko; 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; e-mail: fish-ka06@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

**Elena P. Miroshnikova**, DSc(Bio), Professor; Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University named after V.A. Bondarenko; 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; e-mail: elenaakva@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

**Azamat E. Arinzhanov**, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University named after V.A. Bondarenko; 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; e-mail: arin.azamat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

**Marina S. Mingazova**, Assistant at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University named after V.A. Bondarenko; 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russian Federation; postgraduate student, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS; 299-ogo Января St., Orenburg, 460000, Russian Federation; e-mail: zueva@ms-98.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>