

Марина Сергеевна Мингазова^{1✉}, Елена Петровна Мирошникова²,
Азамат Ерсайнович Аринжанов³, Юлия Владимировна Килякова⁴

^{1,2,3,4}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹ms.mingazova@gmail.com

²elenaakva@rambler.ru

³arin.azamat@mail.ru

⁴fish-ka06@mail.ru

ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МАРГАНЦА НА РОСТ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ ПРОФИЛЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Цель исследования – оценить действие ультрадисперсных частиц марганца, нанесенных на углеродный носитель (УДЧ Mn-C), на рост и элементный профиль мышц цыплят-бройлеров. Задачи: определить ростовой эффект и продуктивность от включения в рацион УДЧ Mn-C в различных дозировках; изучить элементный профиль мышечной ткани грудки у цыплят-бройлеров, дополнительно получавших УДЧ Mn-C. Эксперимент проведен на базе кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета и Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН. 7-суточные цыплята-бройлеры кросса Arbor Acres были распределены случайным образом на 4 группы по 6 голов в каждой. Контроль потреблял основной рацион – ПК-5 и ПК-6 (ЗАО «Оренбургская Птицефабрика»), опытные группы совместно с ОР получали УДЧ Mn-C в различных дозировках: I опытная – 0,2 ppm, II опытная – 0,4 ppm, III опытная – 0,8 ppm. УДЧ Mn-C оказывали дозозависимый эффект на прирост живой массы подопытных цыплят-бройлеров, при этом положительный рост был в III опытной группе (выше контроля на 4,5 % ($P \leq 0,05$)). Повышение дозировки сопровождалось селективными изменениями в концентрации ряда макро- и микроэлементов. В I опытной группе – снижение B, Cr, Se, Cd, Sn при повышении Ca, P, K, Mg, Fe, Si, Li, Sr. Похожие результаты были получены во II и III опытных группах, где общее повышение было отмечено для Ca, P, K, Na, Mg, Zn, Fe, B, Se, Al и Sr. В то же время во II и III группах отмечено общее снижение V и Cd. Дополнительное включение в рацион цыплят-бройлеров УДЧ Mn-C в различных дозировках оказало отличительные результаты. Положительный эффект по росту и концентрации химических элементов в мышечных тканях был сопряжен с повышением дозировки УДЧ Mn-C до 0,8 ppm.

Ключевые слова: ультрадисперсные частицы, марганец, нанокомпозит, цыплята-бройлеры, элементный профиль

Для цитирования: Мингазова М.С., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., и др. Действие ультрадисперсных частиц марганца на рост и элементный профиль цыплят-бройлеров // Вестник КрасГАУ. 2025. № 7. С. 195–207. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-195-207.

Финансирование: работа выполнена при поддержке Минобрнауки (соглашение № 075-15-2024-550).

Marina Sergeevna Mingazova^{1✉}, Elena Petrovna Miroshnikova², Azamat Ersainovich Arinzhanov³,
Yulia Vladimirovna Kilyakova⁴

^{1,2,3,4}Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹ms.mingazova@gmail.com

²elenaakva@rambler.ru

³arin.azamat@mail.ru

⁴fish-ka06@mail.ru

THE ULTRAFINE MANGANESE PARTICLES EFFECT ON THE GROWTH AND ELEMENTAL PROFILE OF BROILER CHICKENS

The aim of the study is to evaluate the effect of ultrafine manganese particles applied to a carbon carrier (UFP Mn-C) on the growth and elemental profile of broiler chicken muscles. Objectives: to determine the growth effect and productivity from the inclusion of UFP Mn-C in the diet in various dosages; to study the elemental profile of the breast muscle tissue in broiler chickens additionally receiving UFP Mn-C. The experiment was conducted at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture of the Orenburg State University and the Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnology of the Russian Academy of Sciences. 7-day-old broiler chickens of the Arbor Acres cross were randomly divided into 4 groups of 6 heads each. The control group consumed the basic diet – PC-5 and PC-6 (Orenburg Poultry Farm JSC), the experimental groups together with OR received UFC Mn-C in different dosages: I experimental group – 0.2 ppm, II experimental group – 0.4 ppm, III experimental group – 0.8 ppm. UFC Mn-C had a dose-dependent effect on the live weight gain of experimental broiler chickens, with positive growth in the III experimental group (4.5 % higher than the control ($P \leq 0.05$)). The increase in dosage was accompanied by selective changes in the concentration of a number of macro- and microelements. In the I experimental group – a decrease in B, Cr, Se, Cd, Sn with an increase in Ca, P, K, Mg, Fe, Si, Li, Sr. Similar results were obtained in experimental groups II and III, where a general increase was noted for Ca, P, K, Na, Mg, Zn, Fe, B, Se, Al and Sr. At the same time, a general decrease in V and Cd was noted in groups II and III. Additional inclusion of UFC Mn-C in the diet of broiler chickens in various dosages has shown distinctive results. A positive effect on growth and concentration of chemical elements in muscle tissues was associated with an increase in the dosage of UFC Mn-C to 0.8 ppm.

Keywords: ultrafine particles, manganese, nanocomposite, broiler chickens, elemental profile

For citation: Mingazova MS, Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, et al. The ultrafine manganese particles effect on the growth and elemental profile of broiler chickens. *Bulletin of KSAU*. 2025;(7):195-207. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-195-207.

Financing: the work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science (agreement № 075-15-2024-550).

Введение. Современное птицеводство – важная отрасль сельского хозяйства благодаря минимальным первоначальным инвестициям, небольшой производственной площади, высокой плодовитости. Развитие птицеводства достигается за счет улучшения технологий кормопроизводства и содержания птицы, так как это способствует повышению качества готовой продукции. В современных условиях оптимизация процесса производства способствует увеличению его объемов при снижении экономических затрат [1].

Одним из ключевых факторов повышения производства является дополнительное использование различных кормовых добавок, включенных в основные рационы. Дополнительные препараты часто используют для улучшения здоровья птицы. Еще несколько десятилетий назад для повышения продуктивности цыплят часто применяли антибиотики, однако их неселективное использование привело к

росту антибиотикорезистентности. В настоящее время применение антибиотиков в качестве препаратов ограничено в лечебных целях, а в профилактических – запрещено. Данный запрет привел к поискам новых кормовых добавок, которые способны стать альтернативой антибиотикам. Среди таких препаратов в кормлении птицы применяют пробиотики, пребиотики, органические кислоты, ферменты, фитобиотики и многие другие [2–4].

Различные добавки, используемые в птицеводстве, повышают прирост у птицы, способствуют улучшению обмена веществ и снижают стресс. Применение витаминов, фитовеществ, минералов (например цинка и марганца) и ферментов позволяют улучшить микробиоту кишечника, что положительно отражается на усвоении питательных веществ и иммунитете [5].

Новым направлением в развитии кормопроизводства является использование различных металлов в форме нано- и ультрадисперсных час-

тиц (УДЧ) [6]. Они обладают уникальными физическими и химическими свойствами, что делает их перспективными компонентами в различных областях науки [7]. Современные нанотехнологии привлекли общее внимание в связи с повышенной физической активностью и химической нейтральностью металлов в ультрадисперсной форме. В птицеводстве имеется большой опыт применения УДЧ в качестве кормовых добавок, которые оказали положительное влияние на организм птицы, стимулируя прирост и продуктивность [8]. Исследования показывают [9], что кальций, цинк, медь, селен, хром и другие УДЧ в рационе могут положительно влиять на рост, потребление корма и здоровье птицы, не приводя к антагонистическому взаимодействию с другими минеральными добавками.

В нашем исследовании мы использовали ультрадисперсные частицы марганца, нанесенные на углеродный носитель (УДЧ Mn-C), в качестве кормового препарата в рационе цыплят-бройлеров. Главным преимуществом УДЧ Mn-C является биосовместимость с другими компонентами, безопасность, биоразлагаемость, про-

тивомикробный потенциал, малые размеры и композиционная составляющая [10]. Кроме того, применение нанокompозитных металлов позволяет более активному расщеплению УДЧ в клеточных структурах организма, что способствует улучшению обменных процессов [11].

Цель исследования – оценить действие УДЧ Mn-C на рост и элементный профиль мышц цыплят-бройлеров.

Задачи: определить ростовой эффект и продуктивность от включения в рацион УДЧ Mn-C в различных дозировках; изучить элементный профиль мышечной ткани грудки у цыплят-бройлеров, дополнительно получавших УДЧ Mn-C.

Объекты и методы. Объект исследования – цыплята-бройлеры кросса Arbor Acres ((400 ± 1) г). Исследование проведено в 2024 г. на базе кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры Оренбургского государственного университета (г. Оренбург) и Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН (ФНЦ БСТ РАН, г. Оренбург). Длительность исследования составила 35 сут. Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема эксперимента
The scheme of the experiment

Рацион	Группа			
	I опытная (n = 6)	II опытная (n = 6)	III опытная (n = 6)	Контроль (n = 6)
Подготовительный период (7–13-суточный возраст)				
Основной рацион (ОР)	+	+	+	+
Учетный период (14–42-суточный возраст)				
ОР	+	+	+	+
УДЧ Mn-C	0,2 ppm	0,4 ppm	0,8 ppm	–

В качестве ОР использовали комбикорма ПК-5 и ПК-6 (ЗАО «Оренбургская Птицефабрика») в соответствии с возрастными потребностями цыплят-бройлеров.

УДЧ Mn-C представляет собой нанокompозит размером 40–60 нм, полученный в Институте теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск). УДЧ Mn-C нанесены на корм путем опрыскивания тонкого слоя корма с предварительным диспергированием УДЧ в физиологическом растворе.

Ростовые показатели получены путем еженедельного индивидуального взвешивания на

весах Merteck 333 AF-150.50 FARMER RS-232 LCD (Китай) с дальнейшими расчетами.

В последний день эксперимента случайным образом были отобраны по три цыпленка из каждой группы и умерщвлены путем перерезания яремной вены. Отбор мышечной ткани проводили при помощи стерильных инструментов из грудной части с дальнейшим трехкратным измельчением. Затем образцы помещали в индивидуальные вакуумные пакеты и в замороженном виде передавали в лабораторию. Элементный профиль мышечной ткани проведен в АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва).

Статистическая обработка проводилась в программах Statistica 10.0 и MS Excel. Достоверность различий определили по t-критерию Стьюдента. Статистически значимыми считались значения с $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ и $P \leq 0,001$. Графическая обработка выполнена в программе Freeform.

Результаты и их обсуждение. Марганец – важный микроэлемент, играющий значение в метаболизме и росте, который оказывает влияние на продуктивность и общее состояние здоровья бройлеров. Марганец принимает участие в различных биохимических процессах в клетке. Он оказывает действие на регуляцию уровня сахара в крови, свертываемость крови, функции нервной и иммунной систем, поддерживает рост костей. Кроме того, марганец – составная часть металлоферментов и активатор некоторых ферментов, например пируваткарбоксилазы и

митохондриальной супероксиддисмутазы марганца [12, 13].

Дополнительное использование неорганических микроэлементов может приводить к их чрезмерному выведению вместе с экскрементами либо вызывать токсический эффект от их применения в кормлении и при уходе за птицей. В то же время применение УДЧ способствует улучшению всасывания микроэлементов через клеточные структуры за счет более маленьких размеров частиц. Кроме того, дополнительное внесение УДЧ в кормовой препарат может приводить к изменению ростовых показателей у птицы [14].

Так, результаты текущего исследования показали, что включение УДЧ Mn-C в разных дозах различным образом повлияло на скорость роста птицы (рис. 1), при этом установлен дозозависимый эффект.

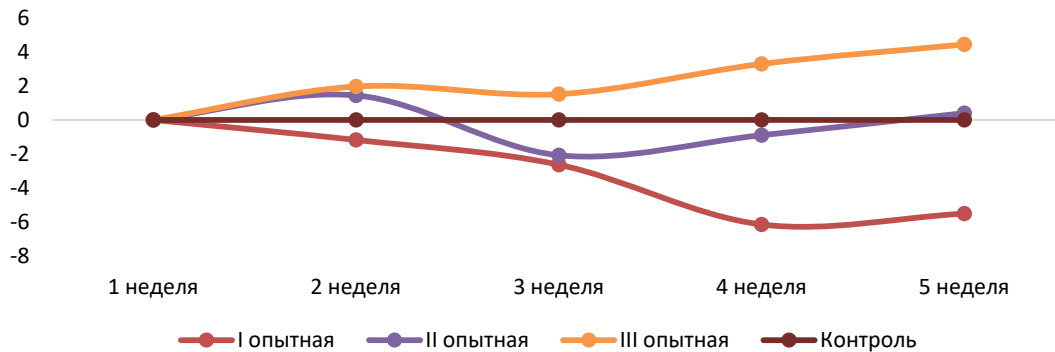


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров, %
Dynamics of live weight of broiler chickens, %

Так, при минимальной дозе Mn-C, равной 0,2 ppm, констатировали снижение интенсивности роста на 5,6 %, при повышении дозы Mn-C до 0,4 ppm масса цыплят-бройлеров была уже на одном уровне с контролем, а максимальная дозировка Mn-C 0,8 ppm показала лучший результат по массе птицы, которая стала выше контроля на 4,5 % ($P \leq 0,05$). Оценка ростовых показателей является важным ключевым моментом в действенности различных кормовых добавок в рационе птицы на их организм. Кроме того, ранее [15] описывался дозозависимый эффект от введения в рацион кормовых веществ. Поэтому важно изучать различные дозировки одного препарата, чтобы исключить или снизить негативное воздействие добавки на цыплят.

Продуктивность цыплят-бройлеров показала, что использование в рационе УДЧ Mn-C в различных дозировках приводило к изменению коэффициента конверсии корма (табл. 2).

Дозозависимый эффект прослеживался в связи с увеличением дозировки (до 0,8 ppm) и снижением расхода корма на прирост птицы (на 0,7 %), с другой стороны – дозировки 0,2 и 0,4 ppm привели к увеличению коэффициента конверсии корма на 11,8 и 2,6 % соответственно. Похожие результаты были получены при использовании УДЧ MnO_2 в кормлении цыплят-бройлеров – с увеличением содержания марганца повышались ростовые показатели и снижался коэффициент конверсии корма [13]. Другие исследования [16] не выявляли взаимосвязи между формой вводимого марганца и дозировкой на рост и продуктивность цыплят.

Продуктивность цыплят-бройлеров
Productivity of broiler chickens

Показатель	Группа			
	I опытная	II опытная	III опытная	Контроль
Абсолютный прирост, г	1721±26,2	1855±27,4	1944±28,0	1845±27,3
Среднесуточный прирост, г	49,2±1,1	53,0±1,4	55,5±2,3	52,7±2,5
Коэффициент конверсии корма	1,70±0,28	1,56±0,23	1,51±0,30	1,52±0,29

Таким образом, оптимальный уровень добавки УДЧ Mn-C для улучшения роста и продуктивности цыплят-бройлеров в нашем исследовании составил 0,8 ppm. Данный эффект обусловлен повышением концентрации марганца в кормовом препарате и увеличением активности ряда антиоксидантных ферментов, включая супероксиддисмутазу, каталазу, глутаминоксалоацетаттрансаминазу и глутаминопируваттрансаминазу [17].

Микроэлементы выполняют ряд важных функций в клетках, хоть и составляют небольшую общую долю от массы тела. Они часто выступают в качестве кофакторов или катализаторов в функционировании различных ферментов, а также за-

нимают важное место в структуре белков. Следовательно, их дисбаланс в организме может привести к росту числа некоторых заболеваний и общему ухудшению состояния организма [18].

Элементный профиль птицы, получавшей вместе с рационом УДЧ Mn-C, имеет большое значение в оценке риска кормления различными металлами. Дополнительное включение УДЧ может привести как к аккумуляции ряда макро- и микроэлементов, так и к их вымыванию из организма. Наше исследование выявило, что элементный статус подопытных птиц выглядел следующим образом (рис. 2).

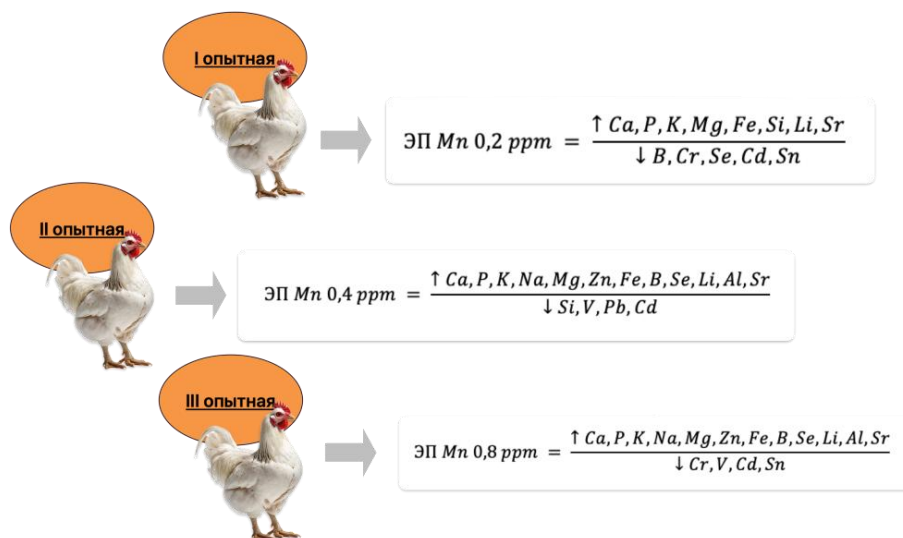


Рис. 2. Элементный профиль цыплят-бройлеров относительно контроля
The elemental profile of broiler chickens relative to control

Наибольшие статистически значимые различия по концентрации макро- и микроэлементов установлены для II и III опытных групп по сравнению с контрольными значениями, при этом в I группе выявлено заметное снижение ряда микроэлементов. Общая картина во всех опытных группах относительно контроля зафиксиро-

вана для таких показателей, как Ca, P, K, Mg, Fe, Li, Sr, уровень которых в опыте возрастал.

Данные результаты указывают на положительное воздействие марганца, как кормового препарата, на аккумуляцию ряда макро- и микроэлементов, независимо от выбранной дозировки. Однако увеличение дозы приводило к

наиболее явному накоплению микроэлементов в мышечной ткани птицы и выведению из организма таких важных токсических микроэлементов, как Cd, Pb и Sn. Последнее является важной составляющей, так как кадмий, свинец, ртуть и мышьяк при аккумуляции в организме могут в дальнейшем попадать по пищевой цепочке человеку – конечному потребителю, что имеет негативное последствие для организма и здоровья [19].

Макро- и микроэлементы необходимы для выполнения ряда физиологических функций, обеспечивающих оптимальный рост и продуктивность животных, метаболической активности и репродуктивных функций. Существует ряд

макро- и микроэлементов, которые необходимы птице для оптимального роста и получения качественной продукции. К таким элементам относятся около 15 наименований, в т. ч. Ca, P, K, Mg, S, Co, Cu, I, Fe, Mn, Mo, Se и Zn [20].

Концентрация элементов в мышцах зависит от многих факторов, в т. ч. от условий содержания, кормления, генетического потенциала. Однако дополнительное включение различных УДЧ может способствовать изменению уровня ряда элементов в мышечной ткани [21]. В нашем исследовании, рассматривая концентрацию макроэлементов, можно отметить общую тенденцию к повышению всех показателей от 6 до 154 % относительно контроля (табл. 3).

Таблица 3

Концентрация макроэлементов в мышцах цыплят-бройлеров, мкг/кг
Concentration of macronutrients in muscles of broiler chickens, mcg/kg

Показатель	Группа			
	I опытная	II опытная	III опытная	Контроль
Ca	1338±272*	2269±226***	1466±258**	893±221
P	385±56*	504±57***	391±65*	298±38
K	1468±24,5***	1403±25,6***	1489±22,2***	1295±15,8
Na	267±27,7	351±31,8*	359±34*	251±5,27
Mg	70,5±6,30*	130±7,21***	109±4,93***	58,6±5,57

Здесь и далее: (*) – $P \leq 0,05$; (**) – $P \leq 0,01$; (***) – $P \leq 0,001$.

Наибольшее повышение макроэлементов установлено во II опытной группе, где концентрация Ca и Mg повышалась на 154 ($P \leq 0,001$) и 122 % ($P \leq 0,001$) относительно контроля. В то же время в III опытной группе данные показатели были выше контрольных значений на 64 ($P \leq 0,01$) и 86 % ($P \leq 0,01$) соответственно. Наименьшие изменения были установлены в I опытной, в которой Ca повышался на 50 % ($P \leq 0,05$) и Mg – на 20 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с контролем. Потребность Ca и Mg для организма птиц обуславливается их ролью в организме. Так, Ca поддерживает плотность костной структуры и участвует в борьбе с патогенными микроорганизмами, в то же время магний регулирует минерализацию костей, обмен кальция, фосфора и витамина Д. Взаимосвязь между повышением этих двух показателей очевидна и свойственна при использовании в питании сельскохозяйственных животных кормового препарата, в состав которого включены УДЧ [22].

Отдельно следует указать, что концентрация P в опытных группах I и III повышалась на 29 ($P \leq 0,05$) и 31 % ($P \leq 0,05$), в то время во II группе показатель был выше контроля на 69 % ($P \leq 0,001$). Роль P обуславливает плотность костных тканей, а также поддерживает репродуктивное здоровье и нормальный сердечный ритм. Повышение концентрации данных показателей указывало на улучшение состояния организма, в то же время недостаток может приводить к снижению эффективности кормления [20, 23].

Содержание K в I, II и III опытных группах было выше контрольных значений на 13 % ($P \leq 0,001$), 8 ($P \leq 0,001$) и 15 % ($P \leq 0,001$). Уровень K в организме животных отвечает за мышечную активность, обмен веществ и профилактику сердечно-сосудистых заболеваний. Незначительно повышался уровень Na в I опытной группе, однако во II и III опытных Na показал положительные результаты, превысив контроль на 40 ($P \leq 0,05$) и 43 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Натрий – важный внеклеточный катион, помогающий выводить отходы жизнедеятельности из клеток и поддерживать осмотическое давление. Кроме того, оптимальный уровень Na в организме препятствует снижению массы тела [20].

Таким образом, роль макроэлементов в организме животных имеет большое значение. Главным образом, они отвечают за мышечную и сердечно-сосудистую активность. Повышение показателей во всех опытных группах относительно контроля указывало на общее улучшение состояния подопытной птицы, не приводя к риску возникновения ряда заболеваний. Кроме того, ранее отмечалось, что увеличение концентрации ряда макро- и микроэлементов способствует усилению переваривания кормов [24]. В исследовании

была установлена взаимосвязь между использованием УДЧ Мп-С в различных дозировках и повышением содержания макроэлементов в мышечной ткани цыплят-бройлеров, что согласуется с другими данными [25].

Немаловажное значение имеют микроэлементы, входящие в мышечный состав тканей животных. Микроэлементы оказывают влияние на различные процессы в организме, в т. ч. регулируя работу ферментной активности, участвуя в кроветворении и стимулируя иммунный ответ. Нами установлено селективное воздействие УДЧ Мп-С в различных дозировках на концентрацию микроэлементов в мышечной ткани цыплят-бройлеров (табл. 4).

Таблица 4

Концентрация микроэлементов в мышцах цыплят-бройлеров, мкг/кг
Concentration of macronutrients in muscles of broiler chickens, mcg/kg

Показатель	Группа			
	I опытная	II опытная	III опытная	Контроль
Эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы				
Zn	14,8±1,96	19,3±1,86**	18,6±1,75**	12,8±1,65
Cu	0,47±0,04	0,66±0,07	0,64±0,08	0,54±0,03
Fe	20,6±2,22*	48,9±5,07***	40,5±4,86***	16,9±1,51
Si	68,9±3,13***	3,99±2,11*	7,25±1,96	19,6±3,63
Mn	0,31±0,06	0,57±0,05***	0,45±0,09	0,38±0,03
I	0,20±0,01	0,25±0,01	0,24±0,05	0,33±0,08
B	0,20±0,01**	0,44±0,03**	0,43±0,03**	0,27±0,01
Cr	0,21±0,02**	0,24±0,02	0,13±0,03**	0,29±0,02
Ni	0,21±0,05	0,20±0,06	0,15±0,06	0,18±0,02
Se	0,11±0,01*	0,18±0,01**	0,19±0,01**	0,14±0,01
V	0,006±0,0001	0,002±0,0003**	0,002±0,0003**	0,007±0,0002
Co	0,02±0,005	0,02±0,004	0,02±0,006	0,01±0,002
Li	0,017±0,001**	0,010±0,002	0,018±0,001**	0,007±0,002
Ag	0,004±0,0002	0,005±0,0003	0,006±0,0002	0,009±0,0022
Токсические микроэлементы				
Al	0,36±0,06	0,78±0,04***	0,57±0,05**	0,34±0,06
As	0,002±0,0005	0,002±0,0005	0,004±0,0003	0,003±0,0003
Sr	1,52±0,29**	2,05±0,43***	1,70±0,23***	0,79±0,17
Pb	0,01±0,002	0,004±0,0004**	0,01±0,007	0,01±0,002
Cd	0,002±0,0003*	0,002±0,0004*	0,002±0,0003*	0,004±0,0003
Sn	0,10±0,03**	0,19±0,03	0,09±0,02**	0,18±0,02

Согласно последним данным, микроэлементы принято подразделять на эссенциальные, условно-эссенциальные и токсические – в зависимости от действия на организм. При этом эс-

сенциальные и условно-эссенциальные в различных исследованиях достаточно часто объединяют. Выявлено, что среди эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов во

всех опытных группах повышался уровень Fe независимо от дозировок в I, II и III группах на 22 % ($P \leq 0,05$), 189 ($P \leq 0,001$) и 140 % ($P \leq 0,001$) по отношению к контролю. Роль железа в организме неопенима, так как оно участвует в кроветворении. Повышение Fe в мышечной ткани обусловлено его накоплением в организме в целом, что указывало на отсутствие анемии у подопытной птицы [26].

Учитывая дозозависимый эффект по ростовым показателям, следует указать, что только в III опытной группе уровень эссенциальных и условно-эссенциальных повышался относительно контрольных значений, исключение составила концентрация V и Cr, которые снижались на 71 ($P \leq 0,01$) и 55 % ($P \leq 0,01$). В то же время содержание таких микроэлементов, как Zn, B, Se и Li, имело статистически значимые различия с контролем и было выше на 45 % ($P \leq 0,01$), 59 ($P \leq 0,01$), 36 ($P \leq 0,01$) и 157 % ($P \leq 0,01$) соответственно.

Во II опытной группе, которая не имела отличий по живой массе с контролем, отмечалось увеличение концентраций Zn, Mn, B и Se – на 51 % ($P \leq 0,01$), 50 ($P \leq 0,01$), 63 ($P \leq 0,01$) и 29 % ($P \leq 0,01$) соответственно. С другой стороны, для Si и V установлено снижение относительно контрольных значений – на 80 ($P \leq 0,05$) и 71 % ($P \leq 0,01$). Наименьшие статистически значимые различия по содержанию эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов зафиксировано в I опытной группе. Так, повышалась концентрация Si и Li – на 252 ($P \leq 0,001$) и 143 % ($P \leq 0,01$), однако содержание B, Cr и Se падала от 21 ($P \leq 0,05$) до 28 % ($P \leq 0,01$).

Предыдущие исследования [27] указывали на то, что УДЧ способны приводить как к аккумуляции, так и к выведению ряда эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов из организма сельскохозяйственных животных. В результате проведенного исследования мы выявили, что значительные изменения в концентрации микроэлементов были во II и III опытных группах, в которых использовали УДЧ Mn-C в дозировках 0,4 и 0,8 ppm. При этом в опытных группах установлено снижение ряда токсических элементов, данные результаты согласуются с другими исследованиями [28].

Аккумуляция токсических элементов в мышечной ткани птицы недопустима в связи с

дальнейшей реализацией мяса в питании человека, поэтому важно контролировать их уровень в тканях подопытных животных. Нами установлено, что в I опытной группе повышалась концентрация Sr (на 92 % ($P \leq 0,01$)), однако Cd и Sn снижались на 50 ($P \leq 0,05$) и 44 % ($P \leq 0,01$) по отношению к контролю. Во II опытной группе выявлено снижение Pb (на 60 % ($P \leq 0,01$)) и Cd (на 50 % ($P \leq 0,05$)) по сравнению с контролем, однако повышалась концентрация Al и Sr – на 129 ($P \leq 0,001$) и 159 % ($P \leq 0,001$). В III опытной группе зафиксировано снижение концентрации Cd (на 50 % ($P \leq 0,05$)) и Sn (на 50 % ($P \leq 0,01$)), однако Al и Sr повышались на 65 ($P \leq 0,01$) и 115 % ($P \leq 0,001$) по отношению к контрольным значениям.

Таким образом, марганец – микроэлемент, который содержится во всех тканях и играет важную физиологическую роль в метаболизме белков, аминокислот и ферментов. Он участвует в регулировании уровня сахара, поддерживает защиту клеточных структур, участвует в иммунитете, пищеварении, размножении, росте и других функциях. Недостаточность марганца обуславливает снижение роста, ломкость костей, ухудшение фертильности, нарушение обменных процессов. В настоящее время исследования по изучению УДЧ Mn в рационе птицы ограничены. В некоторых исследованиях отмечен положительный рост и продуктивность у цыплят, получавших марганец в маленьких дозировках (до 150 ppm), при этом высокие дозы марганца (свыше 300 ppm) предположительно приводили к значительному повреждению ДНК в клеточных структурах [29]. Дополнительное использование металлов в наноформе не вызывает негативные последствия для мяса птицы. Более того, УДЧ способствуют улучшению состава качества мяса цыплят-бройлеров, особенно при дополнительном использовании марганца [30].

Заключение. Потребность различных минералов в рационе птицы обеспечивается за счет неорганических солей, однако для положительного эффекта требуются очень высокие дозировки. С другой стороны, УДЧ лучше усваиваются и поглощаются сельскохозяйственными животными благодаря малым размерам. Использование в рационе цыплят-бройлеров УДЧ Mn-C в различных дозировках показало отличии-

тельные результаты. Полученные данные указывали на дозозависимый эффект от введения УДЧ Mn-C в рацион цыплят-бройлеров. С повышением дозировки препарата от 0,2 до 0,8 ppm происходило увеличение живой массы у подопытной птицы при улучшении продуктивности. Положительный эффект по ростовым и кормовым показателям были достигнуты при использовании УДЧ Mn-C в наибольшей дозировке – 0,8 ppm. Элементный профиль опытных групп показал снижение ряда элементов в I опытной группе – B, Cr, Se, Cd, Sn при повышении Ca, P, K, Mg, Fe, Si, Li, Sr. В то же время во II и III опытных группах получены схожие результаты по элементному профилю. В группах установлено общее повышение Ca, P, K, Na,

Mg, Zn, Fe, B, Se, Al и Sr, однако снижался уровень V и Cd.

Таким образом, по результатам наших исследований отмечен дозозависимый эффект, когда при увеличении дозы препарата рост и продуктивность улучшались. Наиболее эффективны в использовании цыплят-бройлеров были УДЧ Mn-C в дозировке 0,8 ppm, данная доза способствовала приросту живой массы подопытной птицы до 4,5 % ($P \leq 0,05$), повышению продуктивности и улучшению элементного профиля мышечной ткани. Однако необходимы дальнейшие исследования по влиянию УДЧ Mn-C, чтобы изучить механизмы, лежащие в основе наблюдаемых изменений, и их влияние на общее состояние здоровья, благополучие и продуктивность у цыплят-бройлеров.

Список источников

1. Псхациева З.В., Алигазиева П.А., Каиров В.Р., и др. Использование синтетического сорбента в птицеводстве // Известия Дагестанского ГАУ. 2023. № 4 (20). С. 119–124. DOI: 10.52671/26867591_2023_4_119. EDN: WNLBRK.
2. Banday M.T., Wani M.A., Alqhtani H.A., et al. Malva sylvestris leaf powder as a feed additive affects the performance, carcass traits, meat quality attributes, serum antioxidants, stress physiology, intestinal bacterial counts, and gut morphology of broiler chicken // Frontiers in physiology. 2024. Vol. 15. P. 1462018. DOI: 10.3389/fphys.2024.1462018.
3. Yaqoob M.U., Abd El-Hack M.E., Hassan F., et al. The potential mechanistic insights and future implications for the effect of prebiotics on poultry performance, gut microbiome, and intestinal morphology // Poultry science. 2021. Vol. 100 (7). P. 101143. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101143.
4. Urgessa O.E., Koyamo R., Dinka H., et al. Review on Desirable Microbial Phytases as a Poultry Feed Additive: Their Sources, Production, Enzymatic Evaluation, Market Size, and Regulation // International journal of microbiology. 2024. 7 Jun. P. 9400374. DOI: 10.1155/2024/9400374.
5. El-Sabrou K., Landolfi S., Ciani F. Feed additives and enrichment materials to reduce chicken stress, maximize productivity, and improve welfare // Veterinary world. 2024. Vol. 17 (9). P. 2044–2052. DOI: 10.14202/vetworld.2024.2044-2052.
6. Shah B.R., Mraz J. Advances in nanotechnology for sustainable aquaculture and fisheries // Reviews in Aquaculture. 2020. Vol. 12 (2). P. 925–942. DOI: 10.1111/raq.12356.
7. Alamer F.A., Beyari R.F. Overview of the Influence of Silver, Gold, and Titanium Nanoparticles on the Physical Properties of PEDOT:PSS-Coated Cotton Fabrics // Nanomaterials (Basel). 2022. Vol. 12 (9). P. 1609. DOI: 10.3390/nano12091609.
8. Hatab M.H., Badran A.M.M., Elaroussi M.A., et al. Effect of Zinc Oxide Nanoparticles as Feed Additive on Blood Indices, Physiological, Immunological Responses, and Histological Changes in Broiler Chicks // Biological Trace Element Research. 2024. Vol. 202 (5). P. 2279–2293. DOI: 10.1007/s12011-023-03820-y.
9. Patra A., Lalhriatpuii M. Progress and Prospect of Essential Mineral Nanoparticles in Poultry Nutrition and Feeding – a Review // Biological Trace Element Research. 2020. Vol. 197. P. 233–253. DOI: 10.1007/s12011-019-01959-1.
10. Adil S., Banday M.T., Hussain S.A., et al. Impact of Nanoencapsulated Rosemary Essential Oil as a Novel Feed Additive on Growth Performance, Nutrient Utilization, Carcass Traits, Meat Quality and Gene Expression of Broiler Chicken // Foods. 2024. Vol. 13 (10). P. 1515. DOI: 10.3390/foods13101515.

11. Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В., и др. Влияние нанокompозита Cu-C на гематологические показатели карпа // Вестник КрасГАУ. 2025. № 3. С. 140–148. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-140-148.
12. Kumar N., Thorat S.T., Singh A.K., et al. Manganese nanoparticles control the gene regulations against multiple stresses in *Pangasianodon hypophthalmus* // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. P. 15900. DOI: 10.1038/s41598-023-43084-z.
13. Helbawi E.S., Abd El-Latif S.A., Toson M.A., et al. Impacts of Biosynthesized Manganese Dioxide Nanoparticles on Antioxidant Capacity, Hematological Parameters, and Antioxidant Protein Docking in Broilers // ACS Omega. 2024. Vol. 9 (8). P. 9396–9409. DOI: 10.1021/acsomega.3c08775.
14. Nguyen H.D., Moss A.F., Yan F., et al. Effects of Feeding Methionine Hydroxyl Analogue Chelated Zinc, Copper, and Manganese on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Mineral Excretion, and Welfare Conditions of Broiler Chickens: Part 2: Sustainability and Welfare Aspects // Animals (Basel). 2025. Vol. 15 (3). P. 419. DOI: 10.3390/ani15030419.
15. Ramah A., Yasuda M., Ohashi Y., et al. Protective effects of probiotics against tannin-induced immunosuppression in broiler chickens // Bioscience of Microbiota, Food and Health. 2022. Vol. 41 (4). P. 168–176. DOI: 10.12938/bmfh.2021-058.
16. Ghosh A., Mandal G.P., Roy A., et al. Effects of supplementation of manganese with or without phytase on growth performance, carcass traits, muscle and tibia composition, and immunity in broiler chickens // Journal of Livestock Science. 2016. Vol. 191. P. 80–85. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.07.014.
17. Asaikkutti A., Bhavan P.S., Vimala K., et al. Dietary supplementation of green synthesized manganese-oxide nanoparticles and its effect on growth performance, muscle composition and digestive enzyme activities of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2016. Vol. 35. P. 7–17. DOI: 10.1016/j.jtemb.2016.01.005.
18. Cabral M., Kuxhaus O., Eichelmann F., et al. Trace element profile and incidence of type 2 diabetes, cardiovascular disease and colorectal cancer: results from the EPIC-Potsdam cohort study // European Journal of Clinical Nutrition. 2021. Vol. 60 (6). P. 3267–3278. DOI: 10.1007/s00394-021-02494-3.
19. Pinto F.R., Duarte A.M., Silva F., et al. Annual variations in the mineral element content of five fish species from the Portuguese coast // Food Research International. 2022. Vol. 158. P. 111482. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111482.
20. Bhagat S., Singh S. Nanominerals in nutrition: Recent developments, present burning issues and future perspectives // Food Research International. 2022. Vol. 160. P. 111703. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111703.
21. Matuszewska A., Łukasiewicz V., Łozicki A., et al. The effect of manganese oxide nanoparticles on chicken growth and manganese content in excreta // Animal Feed Science and Technology. 2020. Vol. 268. P. 114597. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114597.
22. Макаева А.М., Атландерова К.Н., Сизова Е.А., и др. Элементный и микрoэкологический состав рубца при использовании в кормлении крупного рогатого скота высокодисперсных частиц // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102, № 3. С. 19–32. DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-19.
23. Abitew Y.A., Reyer H., Hadlich F., et al. Transcriptional responses to diets without mineral phosphorus supplementation in the jejunum of two high-yielding laying hen strains // Poultry Science Journal. 2024. Vol. 103 (12). P. 104484. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104484.
24. Swain P.S., Rao S.B.N., Rajendran D., et al. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review // Animal Nutrition. 2016. Vol. 2 (3). P. 134–141. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.06.003.
25. Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., и др. Изменение элементного состава мышечной и костной ткани бройлеров на фоне скормливания им комплексной органо-минеральной добавки // Птица и птицепродукты. 2024. № 1. С. 24–27. DOI: 10.30975/2073-4999-2024-26-1-24-27.
26. Лутковская Я.В., Сизова Е.А., Камирова А.М. Ультрадисперсные формы микроэлементов в рационе жвачных животных: влияние на продуктивность и здоровье // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 96–104. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp96-104.

27. Kamińska I.R., Sikorska J., Polak-Juszczak L., et al. The functional addition of hydrochloric acid to dry feed improves mineral nutrition, growth, and reduces body deformities in juvenile stomachless tench // *Animal*. 2025. Vol. 19 (4). P. 101471. DOI: 10.1016/j.animal.2025.101471.
28. Харламов А.В., Фролов А.Н., Ильин В.В. Мясная продуктивность и качество мяса бычков чернопестрой породы, получавших с рационом цинк и селен органической формы // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. № 25 (6). С. 1147–1155. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.6.1147-1155.
29. Hassan S., Hassan F.-U.I., Rehman M.S.-U. Nano-particles of Trace Minerals in Poultry Nutrition: Potential Applications and Future Prospects // *Biological Trace Element Research*. 2020. Vol. 195 (2). P. 591-612. DOI: 10.1007/s12011-019-01862-9.
30. Shokri P., Ghazanfari S., Honarbakhsh S. Effects of different sources and contents of dietary manganese on the performance, meat quality, immune response, and tibia characteristics of broiler chickens // *Livestock Science*. 2021. Vol. 253. P. 104734. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104734.

References

1. Pskhatsieva ZV, Aligazieva PA, Kairov VR, et al. Use of synthetic sorbent in poultry farming. *Daghestan GAU Proceedings*. 2023;4:119-124. (In Russ.). DOI: 10.52671/26867591_2023_4_119. EDN: WNLBRK.
2. Banday MT, Wani MA, Alqhtani HA, et al. Malva sylvestris leaf powder as a feed additive affects the performance, carcass traits, meat quality attributes, serum antioxidants, stress physiology, intestinal bacterial counts, and gut morphology of broiler chicken. *Frontiers in physiology*. 2024;15:1462018. DOI: 10.3389/fphys.2024.1462018.
3. Yaqoob MU, Abd El-Hack ME, Hassan F, et al. The potential mechanistic insights and future implications for the effect of prebiotics on poultry performance, gut microbiome, and intestinal morphology. *Poultry science*. 2021;100:101143. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101143.
4. Urgessa OE, Koyamo R, Dinka H, et al. Review on Desirable Microbial Phytases as a Poultry Feed Additive: Their Sources, Production, Enzymatic Evaluation, Market Size, and Regulation. *International journal of microbiology*. 2024;(7 Jun):9400374. DOI: 10.1155/2024/9400374.
5. El-Sabroun K, Landolfi S, Ciani F. Feed additives and enrichment materials to reduce chicken stress, maximize productivity, and improve welfare. *Veterinary world*. 2024;17:2044-2052. DOI: 10.14202/vetworld.2024.2044-2052.
6. Shah BR, Mraz J. Advances in nanotechnology for sustainable aquaculture and fisheries. *Reviews in Aquaculture*. 2020;12:925-942. DOI: 10.1111/raq.12356.
7. Alamer FA, Beyari RF. Overview of the Influence of Silver, Gold, and Titanium Nanoparticles on the Physical Properties of PEDOT:PSS-Coated Cotton Fabrics. *Nanomaterials (Basel)*. 2022;12(9):1609. DOI: 10.3390/nano12091609.
8. Hatab MH, Badran AMM, Elaroussi MA, et al. Effect of Zinc Oxide Nanoparticles as Feed Additive on Blood Indices, Physiological, Immunological Responses, and Histological Changes in Broiler Chicks. *Biological Trace Element Research*. 2024;202(5):2279-2293. DOI: 10.1007/s12011-023-03820-y.
9. Patra A, Lalhriatpuii M. Progress and Prospect of Essential Mineral Nanoparticles in Poultry Nutrition and Feeding – a Review. *Biological Trace Element Research*. 2020;197:233-253. DOI: 10.1007/s12011-019-01959-1.
10. Adil S, Banday MT, Hussain SA, et al. Impact of Nanoencapsulated Rosemary Essential Oil as a Novel Feed Additive on Growth Performance, Nutrient Utilization, Carcass Traits, Meat Quality and Gene Expression of Broiler Chicken. *Foods*. 2024;13:1515. DOI: 10.3390/foods13101515.
11. Miroshnikova EP, Arinzhanov AE, Kilyakova YuV, et al. The effect of Cu-C nanocomposite on hematological parameters of carp. *Bulletin of KSAU*. 2025;(3):140-148. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-3-140-148.
12. Kumar N, Thorat ST, Singh AK, et al. Manganese nanoparticles control the gene regulations against multiple stresses in *Pangasianodon hypophthalmus*. *Scientific Reports*. 2023;13:15900. DOI: 10.1038/s41598-023-43084-z.

13. Helbawi ES, Abd El-Latif SA, Toson MA, et al. Impacts of biosynthesized manganese dioxide nanoparticles on antioxidant capacity, hematological parameters, and antioxidant protein docking in broilers. *ACS Omega*. 2024;9:9396-9409. DOI: 10.1021/acsomega.3c08775.
14. Nguyen HD, Moss AF, Yan F, et al. Effects of feeding methionine hydroxyl analogue chelated zinc, copper, and manganese on growth performance, nutrient digestibility, mineral excretion, and welfare conditions of broiler chickens: Part 2: Sustainability and Welfare Aspects. *Animals (Basel)*. 2025;15:419. DOI: 10.3390/ani15030419.
15. Ramah A, Yasuda M, Ohashi Y, et al. Protective effects of probiotics against tannin-induced immunosuppression in broiler chickens. *Bioscience of Microbiota, Food and Health*. 2022;41:168-176. DOI: 10.12938/bmfh.2021-058.
16. Ghosh A, Mandal GP, Roy A, et al. Effects of supplementation of manganese with or without phytase on growth performance, carcass traits, muscle and tibia composition, and immunity in broiler chickens. *Journal of Livestock Science*. 2016;191:80-85. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.07.014.
17. Asaikkutti A, Bhavan PS, Vimala K, et al. Dietary supplementation of green synthesized manganese-oxide nanoparticles and its effect on growth performance, muscle composition and digestive enzyme activities of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2016;35:7-17. DOI: 10.1016/j.jtemb.2016.01.005.
18. Cabral M, Kuxhaus O, Eichelmann F, et al. Trace element profile and incidence of type 2 diabetes, cardiovascular disease and colorectal cancer: results from the EPIC-Potsdam cohort study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2021;60:3267-3278. DOI: 10.1007/s00394-021-02494-3.
19. Pinto FR, Duarte AM, Silva F, et al. Annual variations in the mineral element content of five fish species from the Portuguese coast. *Food Research International*. 2022;158:111482. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111482.
20. Bhagat S, Singh S. Nanominerals in nutrition: Recent developments, present burning issues and future perspectives. *Food Research International*. 2022;160:111703. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111703.
21. Matuszewska A, Łukasiewicz V, Łozicki A, et al. The effect of manganese oxide nanoparticles on chicken growth and manganese content in excreta. *Animal Feed Science and Technology*. 2020;268:114597. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114597.
22. Makaeva AM, Atlanderova KN, Sizova Ea, et al. The elemental and microecological composition of rumen after use of highly dispersive particles in cattle feeding. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(3):19-32. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-19.
23. Abitew YA, Reyer H, Hadlich F, et al. Transcriptional responses to diets without mineral phosphorus supplementation in the jejunum of two high-yielding laying hen strains. *Poultry Science Journal*. 2024;103:104484. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104484.
24. Swain PS, Rao SBN, Rajendran D, et al. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Animal Nutrition*. 2016;2:134-141. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.06.003.
25. Ivanishcheva AP, Sizova EA, Kamirova AM, et al. Changes in the elemental composition of the muscle and bone tissue of broilers against the background of feeding them a complex organo-mineral supplement *Poultry & Chicken Products*. 2024;1:24-27. (In Russ.). DOI: 10.30975/2073-4999-2024-26-1-24-27.
26. Lutkovskaya YaV, Sizova EA, Kamirova AM. Ultrafine forms of trace elements in the diet of ruminants: impact on productivity and health. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2024;(5):96-104. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp96-104.
27. Kamińska IR, Sikorska J, Polak-Juszczak L, et al. The functional addition of hydrochloric acid to dry feed improves mineral nutrition, growth, and reduces body deformities in juvenile stomachless tench. *Animal*. 2025;19:101471. DOI: 10.1016/j.animal.2025.101471.
28. Kharlamov AV, Frolov AN, Ilyin VV. Meat productivity and beef quality of Black-and-White bulls fed with zinc and selenium in organic form as part of the diet. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2024;25:1147-1155. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.6.1147-1155.

29. Hassan S, Hassan F-UI, Rehman MS-U. Nano-particles of Trace Minerals in Poultry Nutrition: Potential Applications and Future Prospects. *Biological Trace Element Research*. 2020;195:591-612. DOI: 10.1007/s12011-019-01862-9.
30. Shokri P, Ghazanfari S, Honarbakhsh S. Effects of different sources and contents of dietary manganese on the performance, meat quality, immune response, and tibia characteristics of broiler chickens. *Livestock Science*. 2021;253:104734. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104734.

Статья принята к публикации 22.05.2025 / The article accepted for publication 22.05.2025.

Информация об авторах:

Марина Сергеевна Мингазова¹, ассистент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, кандидат биологических наук

Елена Петровна Мирошникова², заведующая кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры, доктор биологических наук, профессор

Азамат Ерсайнович Аринжанов³, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Юлия Владимировна Килякова⁴, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Marina Sergeevna Mingazova¹, Assistant, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Biological Sciences

Elena Petrovna Miroshnikova², Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Doctor of Biological Sciences, Professor

Azamat Ersainovich Arinzhanov³, Associate Professor at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Yulia Vladimirovna Kilyakova⁴, Associate Professor at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Biological Sciences, Docent

