

УДК: 636.5: 611.73.013

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.294

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ГРУДНОЙ МЫШЦЫ ЦЫПЛЯТ- БРОЙЛЕРОВ КРОССА КОББ-500 ПРИ РАЗНЫХ РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ

Степанишин В.В.* – канд. биол. наук, доц., доц. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова; **Позябин С.В.** – д-р ветеринар. наук, проф., зав. каф. ветеринарной хирургии; **Борхунова Е.Н.** – д-р биол. наук, доц., зав. каф. анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова.

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина».

*stepanishin.victor@yandex.ru

Ключевые слова: поверхностная грудная мышца, бройлеры, кросс Кобб-500, морфология, микроморфометрия, пробиотик, пребиотик, сорбент.

Keywords: quadriceps femoris muscle, broilers, Cobb-500 cross, morphology, micromorphometry, probiotic, prebiotic, sorbent.

Поступила: 28.02.2025

Принята к публикации: 06.03.2025

Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ

На основании комплексных морфологических исследований представлена сравнительная характеристика светооптических, ультраструктурных и морфометрических показателей поверхностной грудной мышцы у 35-ти дневных цыплят-бройлеров мясного кросса Кобб-500, содержащихся на разных рационах: основном и с добавлением к нему кормовых добавок (пребиотик, пробиотик, сорбент) отечественного производства. Показано, что в зависимости от особенностей рациона кормления в поверхностная грудная мышце варьирует степень развития мышечных волокон и соединительнотканного компонента мышцы, а также плотность упаковки миофибрилл и развитие митохондриальной сети. У представителей кросса Кобб-500 в группах «Контроль», «Пребиотик» и «Пробиотик» отмечены сходные морфологические и морфометрические показатели поверхностной грудной мышцы. Для всех трех групп характерна плотная упаковка мышечных волокон первого порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия. При этом перимизий хорошо развит, что определяет достаточно рыхлое расположение пучков второго порядка. В группах «Пребиотик» и «Пробиотик» по сравнению с контрольными образцами возросло представительство мышечных волокон большого диаметра, что может указывать на синхронизацию роста разных мышечных волокон на фоне применения соответствующих кормовых добавок. В группе «Сорбент» определяли выраженное уменьшение плотности расположения мышечных волокон и их пучков в структуре мышцы при значительном представительстве соединительной ткани и малом содержании белой жировой ткани. В этой группе выявлены признаки, которые могут указывать на замедленную реализацию ростовых процессов в мышце. Полученные данные целесообразно учитывать при со-

ставлении рационов в промышленном птицеводстве. Они также могут применяться в качестве морфологических критериев при оценке качества мяса птицы в ходе товароведческой и ветеринарно-санитарной экспертизы.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации по Указу Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 года № 145 включает понятие технологического суверенитета, которое обозначает способность государства разрабатывать и использовать жизненно важные наукоемкие технологии, а также организовывать производство в стратегически значимых секторах в условиях санкционного давления. Одним из ключевых направлений, способствующих продовольственной безопасности страны, является развитие птицеводства. К 2020 году производство бройлеров в России на 97-98% зависело от импортных поставок племенного материала несмотря на то, что уровень обеспечения мясом птицы в стране превышал 100%. За последние три года ситуация начинает меняться, и птицеводство продолжает играть важную роль в продовольственном снабжении населения, удовлетворяя растущий спрос населения не только внутри страны, но и зарубежом. С учетом глобальных вызовов, таких как изменение климата и рост численности населения, необходимо применять инновационные технологии и эффективные методы управления производством птицы [1, 5, 8, 10, 12, 14, 16, 20].

Современные методы птицеводства включают оптимизацию процесса селекции, улучшение кормления и применение технологий для мониторинга здоровья птицы. Улучшение подходов к повышению продуктивного потенциала цыплят-бройлеров, в частности через оптимизацию кормового рациона, должно основываться на научно обоснованных критериях оценки влияния различных добавок на физическое состояние и продуктивность [9, 11, 15].

Особое внимание уделяется исследованию воздействия кормовых добавок на рост и развитие скелетных мышц бройлеров, поскольку ускоренное наращивание мышечной массы в раннем постэмбрио-

нальном периоде связано с увеличенной нагрузкой на физиологические системы животных. [2, 22, 23, 24].

Таким образом, исследование применения отечественных кормовых добавок в рационе цыплят-бройлеров и их комплексная оценка с учетом структуры скелетных мышц является важной областью научных исследований не только для развития отрасли птицеводства, но и для обеспечения продовольственной безопасности России и мира. Цель исследования – представить сравнительную светомикроскопическую, ультраструктурную и морфометрическую характеристику поверхностной грудной мышцы цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» при различных рационах кормления с использованием кормовых добавок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Научные исследования были проведены на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А.Ф. Климова ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии реализованы в лаборатории патологии клетки НИИ морфологии человека им. акад. А.П. Авцына ФГБНУ "РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского". Содержание птиц и манипуляции с ними проводили в соответствии с ГОСТ 34088 — 2017 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за сельскохозяйственными животными» и Рекомендация Коллегии Евразийской экономической комиссии от 14.11.2023 N 33 О Руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований.

Объектом исследования служили цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500» в возрасте 35 суток клеточного содержания. Параметры микроклимата, условия содер-

жания, плотность посадки, фронт кормления и поения соответствовали нормам ФНЦ «ВНИТИП» РАН (2013). Цыплят подразделяли на 4 группы (по 25 птиц в каждой): «Контроль», «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент». В группе «Контроль» цыплята-бройлеры получали полнорационный комбикорм согласно периоду выращивания. На протяжении всего периода выращивания к полнорационному комбикорму птице группы «Пребиотик» - пребиотика «Ньюмит» в дозировке 0,5 г/кг, птице группы «Пробиотик» добавляли пробиотик «Бифидонол» в дозировке 0,5 г/кг корма, птице группы «Сорбент» - добавку «Сорбент Эко» в дозировке 2 г/кг.

Для гистологических исследований сразу после убоя отбирали фрагменты поверхностной грудной мышцы, которые фиксировали в 10%-м растворе нейтрального формалина в течение 24-х часов. После промывки в проточной образцы мышц обезвоживали в дегидратирующем растворе «Изопреп» и заливали в парафин по общепринятой методике. Изготовление гистологических срезов осуществляли с помощью микротомы LEICA RM 2235. Срезы толщиной 4-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Микропрепараты изучали с помощью микроскопов Microscreen и Jenamed-2, совмещенных с цифровой системой визуализации объектов для реализации микрофотосъемки объектов и программой анализа цифрового изображения ImageScore 4.0. Цифровой материал подвергали статистической обработке с помощью программы Statistica 8.1 (Statsoft). Для выявления отличительных количественных характеристик мышц использовали критерий Краскелла-Уоллеса, различия считали значимыми при значении $p \leq 0,05$.

Для исследования методом трансмиссионной электронной микроскопии образцы мышцы размером 2 мм³ фиксировали 2,5%- раствором глутарового альдегида на фосфатном буфере (рН 7,4), дофиксировали в 1%- растворе тетраоксида осмия (OsO₄), обезвоживали в этаноле по общепринятой схеме, в процессе обезвожива-

ния контрастировали 1-% уранилацетатом на 70-% этаноле и проводили заливку в смесь эпон-аралдит по стандартной методике (Deu, P. (2022)). Ультратонкие срезы получали на ультратоме LKB-III (LKB Produkter, Швеция), дополнительно контрастировали цитратом свинца по Рейнольдсу и просматривали в просвечивающем электронном микроскопе JEM-100CX (JEOL, Япония). Фотофиксация препаратов на увеличении $\times 14000$ (площадь поля зрения 100 мкм²) осуществлялась с помощью камеры Gatan ES500W Erlangshen (Model 782), (Gatan Inc., США). Полученные снимки с увеличением использовались для проведения морфометрического исследования толщины и плотности расположения миофибрилл, определения плотности расположения, размера и количества митохондрий. Эти показатели отражают интенсивности метаболических и биосинтетических процессов в мышечных волокнах. При морфометрических исследованиях изображений, полученных методом трансмиссионной электронной микроскопии, использовали программный комплекс Fiji, построенный на базе программы ImageJ v2 с соответствующими плагинами. Измерения проводили в микрометрах после предварительной геометрической калибровки по оцифрованной при том же увеличении шкале. Статистическую обработку результатов выполняли в программе GraphPad Prism v8.41 (США). Для выявления нормальности распределения использовали тест Д'Агостино-Пирсона. При нормальном распределении использовали t-тест Стьюдента для парного сравнения и тест Тьюки для сравнения трёх и более групп. Различия групп исследования с контрольной оценивали с помощью теста Даннета. При ненормальном распределении использовали тест Манна-Уитни для парного сравнения и тест Данна для сравнения трёх и более групп. Статистически значимыми считали различия при уровне статистической значимости (α) или вероятности ошибки отклонения от нулевой гипотезы или ниже 5% ($p < 0,05$). При построении графиков

изображали арифметическое среднее и стандартное отклонение. Силу различий обозначали следующим образом: «*» соответствует $p < 0,05$; «**» – $p < 0,005$; «***» – $p < 0,0005$.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

При сравнительной оценке живой массы цыплят-бройлеров кросса Кобб установлено, что использование кормовых добавок приводило к увеличению этого показателя во всех опытных группах (таблица 1).

При сравнительной оценке веса грудных мышц на кости у цыплят-бройлеров кросса Кобб-500-500 установлено, что по сравнению с контрольными образцами изучаемый показатель возрастал в группе «Пребиотик» в среднем на 109 г, оставался без изменений в группе «Пробиотик» и достоверно, в среднем на 279 г, увеличивался в группе «Сорбент» (табл. 2).

**Таблица 1 – Живая масса цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 на 35-е сутки, г
Me (Q₁-Q₃)**

Показатели	Группы			
	«Контроль» n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Живая масса, г	2610 (2465÷2712)	2780 (2645÷2930)	2412 (2070÷2755)	3055* (3035÷3075)

* Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы ($p \leq 0,05$).

Таблица 2 – Характеристика грудных мышц цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 по массе, г., Me (Q₁-Q₃)

Кросс	Группы			
	Контроль n=25	«Пребиотик» n=25	«Пробиотик» n=25	«Сорбент» n=25
Вес грудки на кости, г	550 (524÷566)	659 (604÷715)	564 (409÷698)	829* (812÷846)

* Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы ($p \leq 0,05$).

При микроскопических исследованиях установлено, что у птиц изученных групп при использовании в рационе разных кормовых добавок варьируют некоторые структурные показатели поверхностной грудной мышцы, а именно плотность расположения мышечных волокон в структуре пучка, степень развития соединительной ткани в мышце и белой жировой ткани в перимизии, плотность расположения миофибрилл в миосимпластах, организация митохондриальной сети.

В группе «Контроль» (рисунок 1) в поверхностной грудной мышце выявлено

плотное расположение мышечных волокон в пучках 1 порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия. Перимизий формирует прослойки более тонкие и более мощные, представленные главным образом рыхлой соединительной тканью, белая жировая ткань. В структуре мышечных пучков преобладают красные мышечные волокна, белые волокна единичны. Среди красных мышечных волокон, как и в других изучаемых кроссах определяются волокна большой, средней и малой толщины, которые демонстрируют асинхронность формирования волокон в ходе роста мышцы. Волокна малой тол-

щины являются формирующимися и указывают на незавершенность роста мышцы. В поверхностной грудной мышце цыплят-бройлеров контрольной группы таких волокон выявлено 5-7 в поле зрения микроскопа при увеличении в 400 раз (рисунок 1, таблица 3).

В группе «Пребиотик» структура поверхностной грудной мышцы отличается от контрольных образцов большей рыхлостью расположения пучков мышечных волокон 2-го порядка (рисунки 2, 3, таблица 3). Это связано с большей толщиной перимизия, в котором располагается белая жировая ткань, развитая в большей степени по сравнению с группой «Контроль». Примечательно, что в структуре пучков преобладают мышечные волокна большого диаметра, малых волокон становится меньше (1-2 в поле зрения при увеличении в 400 раз). Возрастает количество белых мышечных волокон (2-4 в

поле зрения при увеличении в 400 раз). Важно отметить изменение его структуры: так, в нем нередко визуализируются адипоциты, расположенные одиночно или небольшими группами и имеющие мелко-капельные включения липидов в цитоплазме (рисунок 4), что указывает на начало биосинтеза липидов. Наряду с этим в перимизии определяется белая жировая ткань, в которой находятся как типичные адипоциты перстневидной формы, цитоплазма которых заполнена включениями липидов, так и адипоцитами, находящимися на начальной стадии накопления липидов, что может указывать на старт процесса формирования белой жировой ткани в соединительнотканном компоненте мышцы в данный период онтогенеза на фоне применения пребиотика. Обращают на себя внимание единичные мышечные волокна с признаками деструкции (рисунок 4).

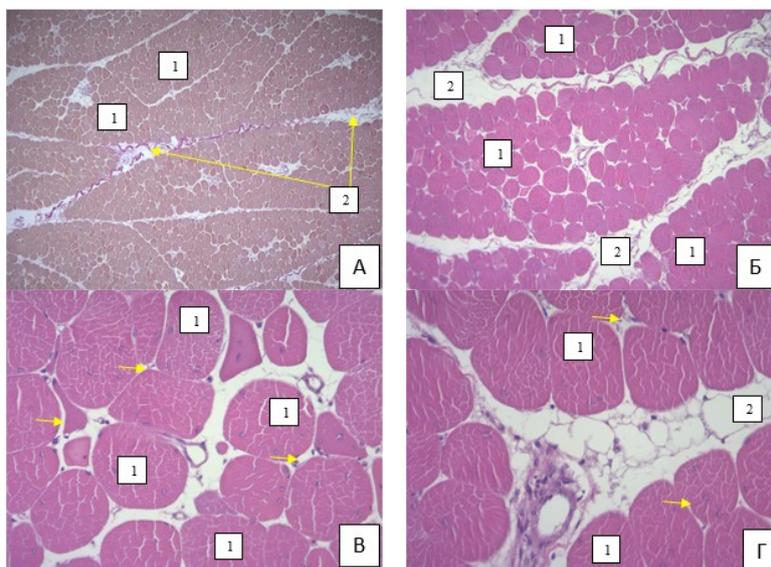


Рисунок 1. Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Контроль». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна в структуре пучков 1 порядка (1) упакованы плотно, перимизий (2) хорошо выражен. Ван-Гизон, x40. Б – среди пучков мышечных волокон (1) виден хорошо развитый перимизий (2), в котором наблюдаются хорошо выраженные пучки коллагеновых волокон. Гематоксилин и эозин, x100. В – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, миофибриллы в них расположены плотно, эндомизий (показан стрелками) тонкий. Гематоксилин и эозин, x400. Г – мышечные волокна (1) окружены тонким эндомизием (стрелки), в перимизии (2) наблюдается белая жировая ткань. Гематоксилин и эозин, x400.

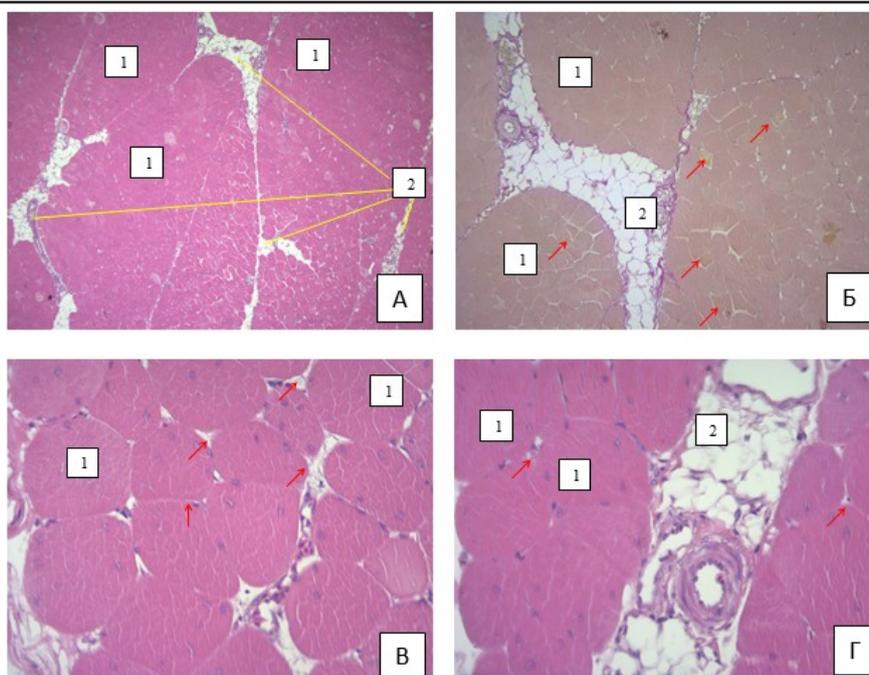


Рисунок 2. Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Пребиотик». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна в структуре пучков 1-го порядка (1) расположены плотно, перимизий (2) формирует более толстые, чем в контроле, прослойки, содержащие белую жировую ткань. Гематоксилин и эозин, x40. Б – мышечные волокна расположены плотно, количество белых волокон (стрелки), виден перимизий (2), содержащий белую жировую ткань. Ван-Гизон, x100. В – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, преобладают волокна большого диаметра. Эндомизий тонкий (стрелки), в связи с чем волокна располагаются в пучке плотно. Гематоксилин и эозин, x400. Г – мышечные волокна (1) окружены тонким эндомизием (стрелки), в перимизии (2) видна белая жировая ткань. Гематоксилин и эозин, x400.

В группе «Пребиотик», как и в двух предыдущих группах, сохраняется плотное расположение мышечных волокон в структуре пучков 1-го порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия (рисунок 4, таблица 3). В отличие от группы «Пребиотик», здесь не выявлено признаков дифференцировки адипоцитов в соединительной ткани. Среди мышечных волокон преобладают волокна большого диаметра, что может указывать на лучшую синхронизацию ростовых процессов в мышечные волокна на фоне включения в рацион пробиотика. Белые мышечные волокна немногочисленны. При этом перимизий характеризуется более равномерной толщиной, чем в

остальных группах. В соединительной ткани перимизия регистрируются включения белой жировой ткани, в которой адипоциты имеют типичную перстневидную форму.

Наиболее рыхлая структура поверхностной грудной мышцы выявлена у цыплят-бройлеров группы «Сорбент» (рисунки 5 и 6). Это связано с наибольшим, по сравнению с другими группами, представителем соединительнотканного компонента в ее структуре (рисунок 5, таблица 3). По показателю толщины эндомизия образцы этой группы вдвое превосходят другие группы, толщина перимизия здесь также больше. Что касается структуры перимизия, то в ней

преобладает рыхлая соединительная ткань. В широких прослойках перимизия встречается белая жировая ткань. Примечательно, что в структуре мышечных пучков становится больше волокон малого диаметра (4-5 в поле зрения при увеличении в 400 раз) по сравнению с группами «Пребиотик» и «Пробиотик» (рисунок 5). Более того, в перимизии наблюдаются клеточные скопления, которые представ-

ляют собой очаги миогенеза: здесь отмечаются стадии формирования миотубул и мышечных волокон (рисунок 6). Все это указывает на меньшую морфологическую зрелость изучаемой мышцы у цыплят-бройлеров, получавших в качестве кормовой добавки сорбент, по сравнению с птицами, получавшими пребиотик и пробиотик, а также основной рацион.

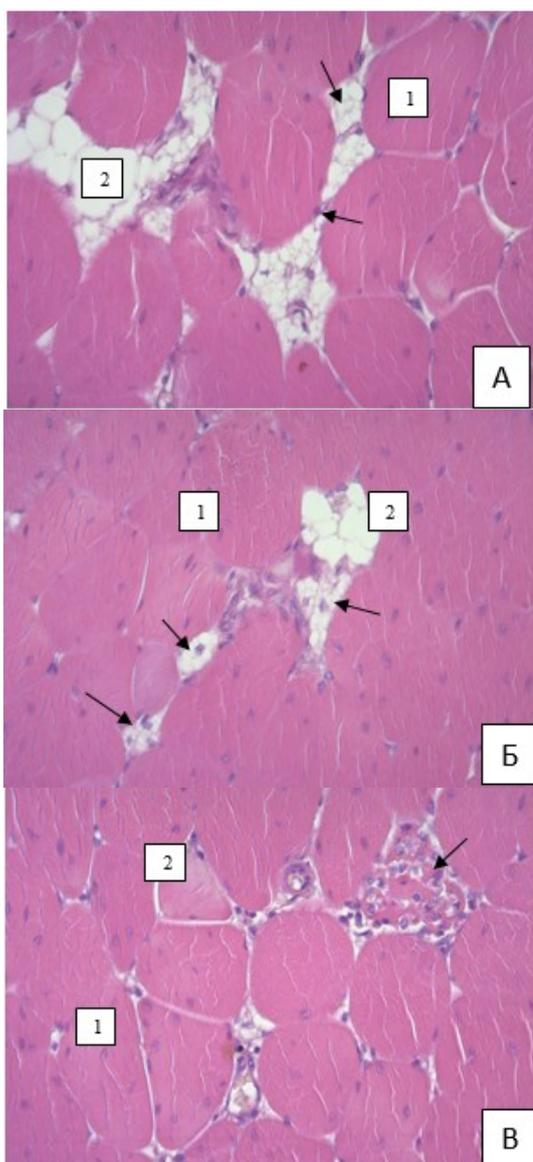


Рисунок 3 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Пребиотик». Поперечный срез. А – адипоциты в эндомизии (стрелки) и тонких прослойках перимизия (2) среди мышечных волокон (1). Гематоксилин и эозин, х400.

Б – среди мышечных волокон (1) в эндомизии видны единичные адипоциты с мелкокапельными включениями липидов (стрелки), что указывает на начальные стадии образования белой жировой ткани в соединительнотканном компоненте мышцы. 2 – адипоциты с крупной каплей включений липидов. Гематоксилин и эозин, х400.

В – в структуре пучка преобладают красные мышечные волокна (1), 2 – белое мышечное волокно, стрелкой показано мышечное волокно с признаками деструкции. Гематоксилин и эозин, х400.

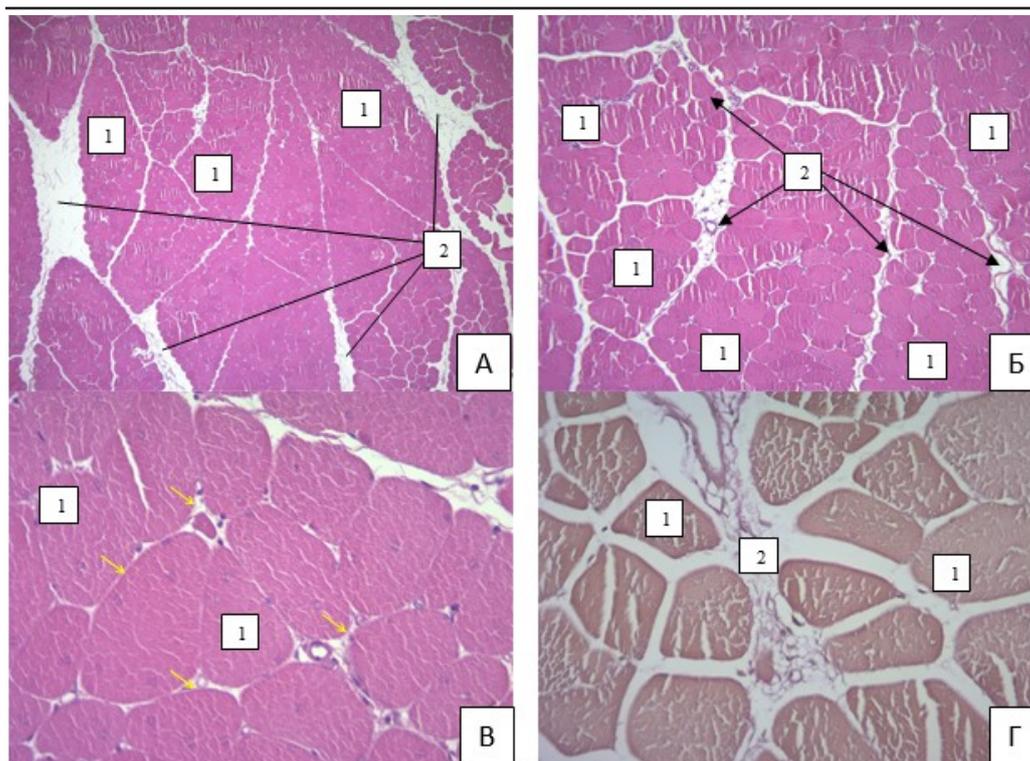


Рисунок 4 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Пробиотик». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна в структуре пучков 1 порядка (1) расположены плотно, перимизий (2) представлен как тонкими прослойками, так и толстыми, содержащими белую жировую ткань. Гематоксилин и эозин, x40. Б – тот же препарат, что на рисунке А, при большем увеличении. Обозначения те же. Гематоксилин и эозин, x100. В – среди мышечных волокон многие имеют большой диаметр (1). Эндомизий тонкий (стрелки), благодаря чему волокна расположены плотно. Гематоксилин и эозин, x400. Г – область мышцы, где в структуре перимизия (2) хорошо развиты пучки коллагеновых волокон (окрашены в красный цвет), 1 – мышечные волокна. Ван-Гизон, x400.

Сравнительная характеристика поверхностной грудной мышцы по микроморфометрическим критериям представлена в таблице 3.

Как следует из таблицы 3, образцы поверхностной грудной мышцы птиц изученных групп были сходны по показателям толщины мышечных волокон, толщины пучков мышечных волокон, количеству гемокапилляров.

Отличия выявлены в представительстве соединительнотканного компонента, причем в группах «Контроль», «Пробиотик» и «Пробиотик» соотноше-

ние мышечных пучков и соединительнотканного компонента мышцы имеют близкие значения, а в группе «Сорбент» выявлено наибольшее по сравнению со всеми остальными группами представительство соединительнотканного компонента.

По толщине эндомизия образцы группы «Сорбент» превосходили остальные группы вдвое. Перимизий в образцах этой группы нередко формировал толстые прослойки, превосходящие по толщине перимизий в других группах, в которых содержалась белая жировая ткань. В этой связи соотношение мышечных волокон и со-

единительной ткани в структуре мышцы составляло 81:19, соответственно, что указывало на большее представительство соединительной ткани в структуре мышцы по сравнению с другими группами.

При изучении ультраструктурных характеристик мышечных волокон поверх-

ностной грудной мышцы установлены изменения состояния миофибрилл и митохондриальной сети в экспериментальных группах по сравнению с контрольными образцами (рисунок 7, таблица 4).

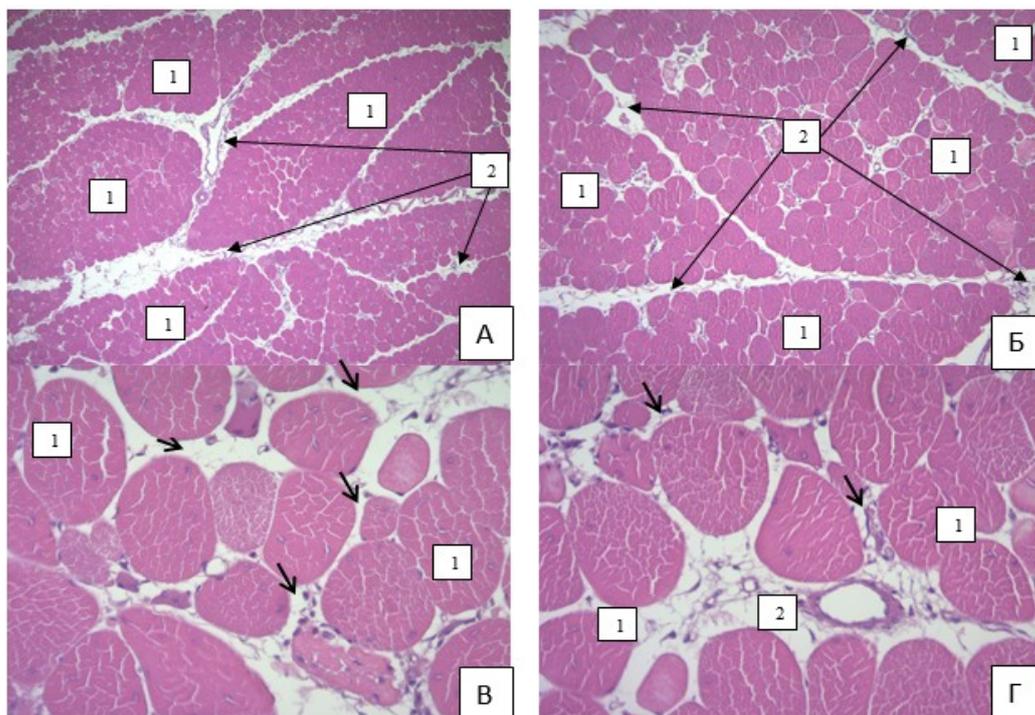


Рисунок 5 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Сорбент». Поперечный срез. А – общий вид: мышечные волокна и пучки 1 и 2 порядков (1) в структуре волокна расположены более рыхло, чем в остальных группах; эндомизий и перимизий (2) хорошо развиты, перимизий формирует как более тонкие, так и более мощные прослойки. Гематоксилин и эозин, x40. Б – среди мышечных волокон (1) в эндомизии и тонких прослойках перимизия наблюдается клеточный инфильтрат. 2 – перимизий. Гематоксилин и эозин, x100. В, Г – мышечные волокна (1) имеют разный диаметр, окружены хорошо выраженным эндомизием (стрелки). 2 – перимизий. Гематоксилин и эозин, x400.

В группе «Пребиотик» отмечено статистически достоверное снижение площади митохондрий при небольшом уменьшении количества митохондрий в поле зрения и средней площади митохондрии, что может указывать на снижение интенсивности метаболизма по сравнению с контрольными образцами. При этом плотность миофибрилл немного возрастала, а

их средняя толщина не изменялась. Это совпадает со светооптической картиной, которая свидетельствует о преобладании в пучке мышечных волокон большого диаметра (может указывать на завершение ростовых процессов) и признаках формирования белой жировой ткани в соединительнотканном компоненте мышцы.

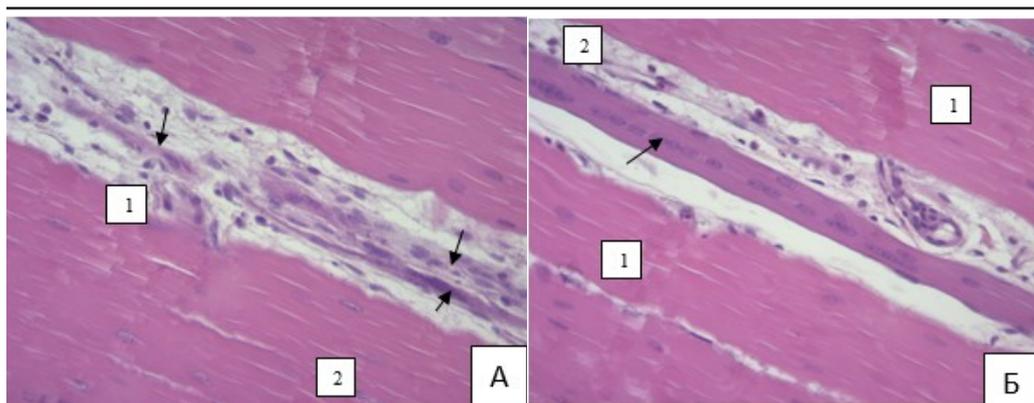


Рисунок 6 – Микроструктура поверхностной грудной мышцы цыпленка-бройлера кросса Кобб-500 (35 суток). Группа «Сорбент». Продольный срез. А – эпизод начала формирования мышечного волокна (стрелка) в перимизии, этап миотубул. Гематоксилин и эозин, $\times 400$. Б – в перимизии (2) наблюдается формирование нового мышечного волокна (стрелка). 1 – сформированные мышечные волокна. Гематоксилин и эозин, $\times 400$.

Таблица 3 – Характеристика поверхностной грудной мышцы 35-ти суточных цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 по морфометрическим критериям, Ме (Q_1-Q_3)

Показатель	Группа			
	Контроль	Пребиотик	Пробиотик	Сорбент
Толщина мышечных волокон, мкм				
большие	55,5 (47,6÷63,5)	49,6 (41,7÷52,4)	48,5 (35,2÷54,4)	51,4 (39,6÷65,5)
средние	32,1 (28,5÷39,3)	29,5 (25,8÷36,3)	27,3 (20,5÷30,6)	28,2 (22,3÷33,3)
малые	22,6 (19,2÷29,5)	22,0 (20,3÷30,3)	14,7 (12,5÷20,6)	14,5 (12,2÷17,4)
Толщина пучков мышечных волокон 1 порядка, мкм	90,3 (76,8÷99,5)	121 (108÷135)	71,2 (62,3÷93,3)	105 (86÷112)
Толщина пучков мышечных волокон 2 порядка, мкм	246 (192÷333)	380 (229÷471)	220 (165÷270)	251 (181÷294)
Толщина эндомизия, мкм	4,8 (3,5÷8,2)	4,8 (3,9÷6,1)	5,5 (3,5÷6,7)	8,1 (5,7÷11,1)*
Толщина перимизия, мкм	20,7 (16,4÷23,5) 56,8 (45,1÷77,5)	31,3 (18,7÷45,3) 129 (91,5÷145,3)	70,5 (46,6÷85,4)	67 (46,5÷75,1) 151 (91,2÷185,3)
Кол-во гемокапилляров в поле зрения при $\times 400$	11 (11÷13)	10 (9÷12)	11 (10÷13)	10 (9÷13)
Соотношение Мышечная ткань: Соединительная ткань на площади среза, %	87:13	85:15	85:15	81:19

* Статистически значимые отличия групп «Пребиотик», «Пробиотик», «Сорбент» от контрольной группы ($p \leq 0,05$)

Таблица 4 – Морфометрическая характеристика митохондрий и микрофибрилл в мышечных волокнах поверхностной грудной мышцы 35-суточных цыплят-бройлеров кросса Кобб-500 при различных рационах кормления

Группа	Площадь митохондрий в поле зрения, мкм ²	Кол-во митохондрий в поле зрения, шт	Средняя площадь митохондрии, мкм ²	Плотность миофибрилл на 100 мкм ² , шт	Средняя толщина миофибрилл, мкм
«Контроль»	1,148±0,295	4,50±1,41	0,255±0,103	9,75±1,75	0,918±0,104
«Пребиотик»	1,602±1,084	7,00±2,83*	0,229±0,122	12,75±1,75 *	0,787±0,037**
«Пробиотик»	0,586±0,176	3,00±0,00	0,195±0,098	11,00±1,20	0,826±0,086
«Сорбент»	1,716±0,634	4,75±2,32	0,361±0,162 *	12,67±1,80 *	0,832±0,087

Примечание: здесь и далее – *($P \leq 0,05$); **($P \leq 0,005$); ***($P \leq 0,0005$) – в сравнении с показателями животных контрольной группы каждого кросса.

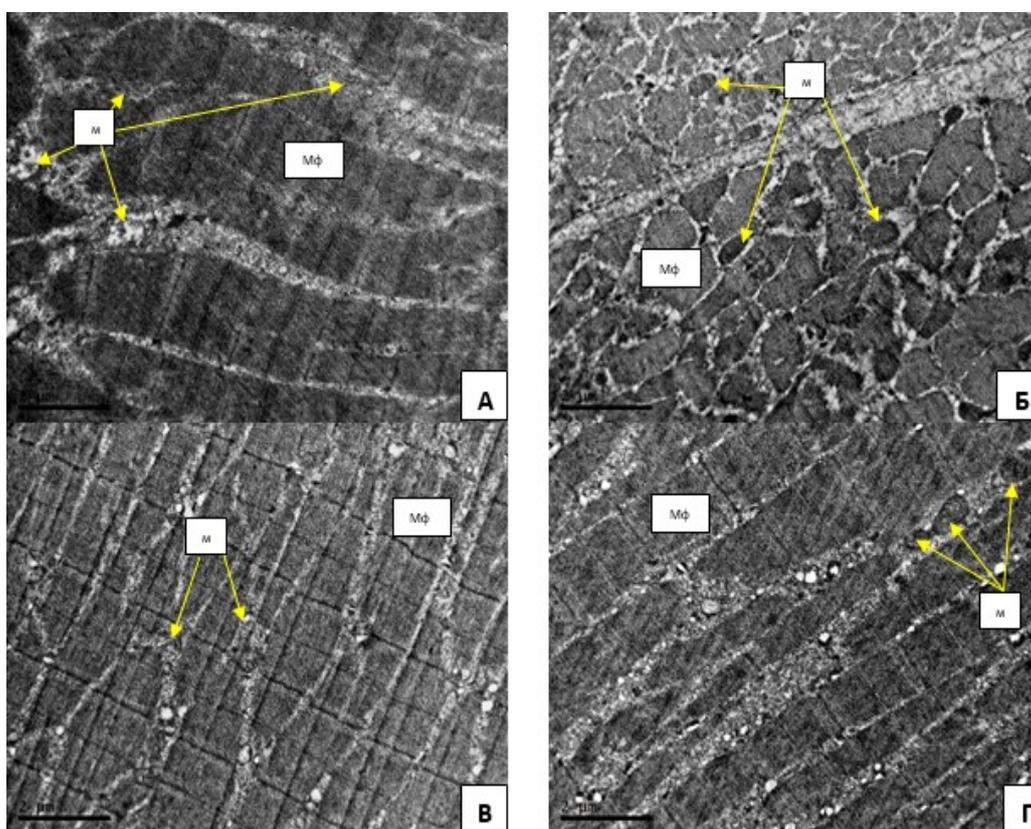


Рисунок 7 – Ультраструктура поверхностной грудной мышцы цыплят-бройлеров кур кросса Кобб-500 (35 суток): А – группа «Контроль»; Б – группа «Пробиотик»; В – группа «Пребиотик»; Г – группа «Сорбент». Мф – миофибриллы, м – митохондрии. ТЭМ, $\times 14000$.

В группе «Пробиотик» наблюдали более, по сравнению с группой «Контроль», развитие митохондриального аппарата: возрастали количество и площадь митохондрий, на этом фоне повышалась плотность расположения миофибрилл при небольшом уменьшении их толщины. Это указывает на интенсификацию метаболизма в мышечных волокнах по сравнению с контрольными образцами и соответствует преобладанию мышечных волокон большого диаметра, завершающих свой рост.

В группе «Сорбент» по сравнению с контрольными образцами отмечено увеличение средней площади митохондрии и количества митохондрий без изменения количества митохондрий. Плотность расположения миофибрилл возрастала. Выявленные признаки соответствуют усилению метаболизма в мышечных волокнах, которое совпадает с выявленными на светооптическом уровне признаками продвинутого роста и даже новообразования мышечных волокон.

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

На основании проведенных исследований получены данные о влиянии кормовых добавок (пребиотик, пробиотик, сорбент) на показатели живой массы и показатели массы грудной мышцы бройлеров кросса Кобб-500. Выявлены изменения структуры поверхностной грудной мышцы данного кросса. Так, показано, что в зависимости от особенностей рациона кормления в поверхностной грудной мышце варьирует главным образом представительство соединительнотканного компонента, а также плотность упаковки миофибрилл и развитие митохондриальной сети.

У представителей кросса Кобб-500 в группах «Контроль», «Пребиотик» и «Пробиотик» отмечены сходные морфологические и морфометрические показатели поверхностной грудной мышцы. Для всех трех групп характерна плотная упаковка мышечных волокон первого порядка, что связано с небольшой толщиной эндомизия. При этом перимизий хорошо развит, что определяет достаточно рых-

лое расположение пучков второго порядка. Примечательно, что в структуре мышечных пучков было весьма невысокое представительство белых мышечных волокон. Красные волокна во всех группах подразделялись на большие, средние и малые, причем в группах «Пребиотик» и «Пробиотик» по сравнению с контрольными образцами возрастало представительство мышечных волокон большого диаметра, что может указывать на синхронизацию роста разных мышечных волокон на фоне применения соответствующих кормовых добавок. В группе «Пребиотик» при этом наблюдалась активация формирования белой жировой ткани. Возможно, это связано со снижением уровня метаболизма в мышечных волокнах из-за достижения ими показателей роста, после чего процесс развития мышцы направился по пути развития белой жировой ткани и накопления липидов в соединительнотканном компоненте мышцы. Важно отметить, что в структуре мышцы наблюдались единичные волокна с признаками деструкции. В группе «Пробиотик», напротив, отмечено увеличение площади митохондриальной сети, что соответствует активизации метаболизма и может отражать тенденцию к дальнейшему формированию именно мышечных волокон в структуре изучаемой мышцы.

В группе «Сорбент» определяли выраженное уменьшение плотности расположения мышечных волокон и их пучков в структуре мышцы, что связано с максимальным, по сравнению с другими группами, развитием соединительнотканного компонента мышцы. Светооптические исследования позволили выявить признаки замедленной реализации ростовых процессов в мышце, а именно многочисленность волокон небольшого диаметра, признаки формирования новых мышечных волокон в перимизии, так что повышенное содержание соединительной ткани в изучаемой мышце может быть связано не с ее бурным развитием, а с замедленным стартом процесса роста мышечных волокон. Усиление митохондриаль-

ной активности и увеличение плотности упаковки миофибрилл по сравнению с контролем в этот срок могут соответствовать активизации ростовых процессов, которая произошла после задержанного старта этого процесса. Выявленные морфологические признаки могут негативно отразиться на питательной ценности мяса.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что применяемые кормовые добавки неодинаково влияют на общий и местный метаболизм цыплят-бройлеров кросса Кобб, что находит отражение, в частности, в изменении морфологических и морфометрических показателей поверхностной грудной мышцы. Полученные данные целесообразно учитывать при составлении рационов в промышленном птицеводстве, а также при оценке качества мяса птицы в ходе товароведческой и ветеринарно-санитарной экспертизы.

MICROMORPHOLOGICAL FEATURES OF SUPERFICIAL PECTORAL MUSCLE OF BROILER CHICKENS OF THE COBB-500 CROSS UNDER DIFFERENT FEEDING DIETS FEED RATIONS

Stepanishin V.V.^{1*} – cand. Biol. sciences, assoc., assoc. Dep. anatomy and Histology of animals named after Professor A.F. Klimov; **Pozyabin S.V.**¹ – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Surgery; **Borkhunova E.N.**¹ – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department. anatomy and histology of animals named after Professor A.F. Klimov.

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scriabin.

*stepanishin.victor@yandex.ru

ABSTRACT

On the basis of complex morphological studies, a comparative characterization of light-optical, ultrastructural and morphometric parameters of superficial pectoral muscle in 35-day-old broiler chickens of meat cross

Cobb-500 kept on different diets: basic and with the addition of feed additives (prebiotic, probiotic, sorbent) of domestic production is presented. It is shown that depending on the features of feeding ration in the superficial pectoral muscle varies the degree of development of muscle fibers and connective tissue component of the muscle, as well as the density of myofibrils packing and the development of mitochondrial network. Representatives of the cross Cobb-500 in the groups “Control”, “Prebiotic” and “Probiotic” have similar morphological and morphometric parameters of the superficial pectoral muscle. All three groups are characterized by dense packing of muscle fibers of the first order, which is associated with a small thickness of the endomysium. At the same time, the perimysium is well developed, which determines a rather loose arrangement of the second-order bundles. In the “Prebiotic” and “Probiotic” groups, compared to the control samples, the representation of large-diameter muscle fibers increased, which may indicate the synchronization of growth of different muscle fibers against the background of application of appropriate feed additives. In the “Sorbent” group, a pronounced decrease in the density of muscle fibers and their bundles in the muscle structure with a significant representation of connective tissue and a low content of white adipose tissue was determined. In this group, the signs that may indicate a delayed realization of growth processes in the muscle were revealed. The obtained data are expedient to be taken into account when formulating diets in industrial poultry farming. They can also be used as morphological criteria in assessing the quality of poultry meat during commodity and veterinary-sanitary examination.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Азарян, Е. М. Стратегические ориентиры импортозамещения на рынке мяса птицы / Е. М. Азарян, А. В. Иванченко // Финансовые рынки и банки. – 2024. – № 2. – С. 266-268.
2. Борхунова Е. Н. Особенности микроорганизации поверхностной грудной мыш-

- цы у кур мясного и яичного направлений продуктивности / Е. Н. Борхунова, Г. В. Кондратов, В. В. Степанишин // Ветеринария, зоотехния и биотехнология, 2020. – № 12. – С. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.
3. Векторы социально-экономического развития России: современные вызовы и возможности: монография / С.Н. Басуева, Н.П. Дебердиева, А.В. Минаков [и др.]. – Чебоксары: ИД "Среда", 2024. – 180 с.
4. Влияние пробиотика «Бацелл-М®» на уровень экспрессии генов у бройлеров кросса «Кобб 500» на фоне вакцинации против инфекционного бронхита / И. О. Крутов, А. В. Голубцов, Н. А. Стрельников [и др.] // Птица и птицепродукты. – 2024. – № 3. – С. 17-21. – DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21.
5. Воронцова, Е. В. Птицеводство России: состояние и проблемы отрасли в современных экономических условиях / Е. В. Воронцова, А. В. Буяров // Теория и практика инновационных технологий в АПК : Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 15–19 апреля 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2024. – С. 55-61.
6. Газзаева, М. С. Экспертиза качества готовой продукции из мяса птицы / М. С. Газзаева // Цифровизация сельского хозяйства: актуальные проблемы внедрения современных технологий в АПК горных и предгорных территорий РСО-Алания : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Владикавказ, 15 марта 2024 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2024. – С. 173-176.
7. Матасов, А. А. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием полнорационных комбикормов различных производителей / А. А. Матасов, К. К. Есмагамбетов // Современные задачи и перспективные направления инновационного развития аграрной науки : Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 300-летию Российской академии наук, Курган, 25 апреля 2024 года. – Курган: Курганский государственный университет, 2024. – С. 43-46.
8. Маринченко, Т. Е. Конкурентоспособность отечественного кросса "Смена 9" / Т. Е. Маринченко // Актуальные вопросы и инновации в животноводстве : Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора С.Г. Леушина, 300-летию Российской академии наук и 90-летию создания Оренбургского научно-исследовательского института молочно-мясного скотоводства в системе Наркома-та зерновых и животноводческих совхозов СССР, Оренбург, 22–23 мая 2024 года. – Оренбург: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук", 2024. – С. 81-85.
9. Мясное птицеводство: текущие реалии рынка и его перспективы / Е. В. Щеглов, С. В. Никитенко, А. Ю. Журавлев [и др.] // Интернаука. – 2024. – № 23-2(340). – С. 17-20.
10. Назар, М. М. Проблемы и перспективы развития птицеводства в России / М. М. Назар // Russian Journal of Management. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 186-193. – DOI 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193.
11. Промышленное птицеводство 2024 - инновации, устойчивость, эффективность // Эффективное животноводство. – 2024. – № 5(195). – С. 21.
12. Отечественный рынок мяса птицы и пищевых яиц, в контексте обеспечения продовольственной безопасности / Б. О. Хашир, В. Е. Левичев, Н. М. Сурай [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 3. – С. 250-254.
13. Сизова, Е. А. Формирование антибиотикорезистентности в условиях интенсивного птицеводства / Е. А. Сизова, К. С. Нечитайло // Птицеводство. – 2024. – № 5. – С. 57-62. – DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.
14. Солдатова Л.И., Фадеева Г.В. Оценка состояния отрасли птицеводства и применение методов экономико-

- математического моделирования в снижении себестоимости продукции / Л.И. Солдатова, Г.В. Фадеева // Экономика и предпринимательство. - №12. - 2021. - С. 1276-1280.
15. Технологические аспекты повышения эффективности бройлерного птицеводства / В. С. Буяров, И. В. Комоликова, А. В. Буяров, В. В. Меднова // Биология в сельском хозяйстве. – 2024. – № 2(43). – С. 37-41.
16. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). (2024). Доступно на: <http://www.gks.ru>.
17. Фисинин, В.И. Нарращиваем производство мяса и яйца / В. И. Фисинин // Животноводство России. – 2022. – № S3. – С. 2-4.
18. Хохлова, А. П. Современное птицеводство в России: состояние, проблемы и развитие / А. П. Хохлова, Н. А. Маслова // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVIII Международной научно-производственной конференции, Майский, 10–11 июня 2024 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. – С. 137-138.
19. Швагер, О. В. Влияние пробиотика «СУБ-про» на товарные и санитарные показатели мяса цыплят-бройлеров / О. В. Швагер // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник VII национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2024 года. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2024. – С. 605-607. – EDN ALSQZF.
20. Akhmet, Zh. T. Comparative analysis of antibiotics in broiler meat using different methods / Zh. T. Akhmet, G. N. Zhaksylykova, A. D. Serikbayeva // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – No. 1. – P. 5-11. – DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-5-11.
21. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28
22. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.
23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyła // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.
24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.

REFERENCES

1. Azaryan, E. M. Strategic benchmarks of import substitution in the poultry meat market / E. M. Azaryan, A. V. Ivanchenko // Financial markets and banks. - 2024. - No 2. - pp. 266-268.
2. Borkhunova E. N. Features of microorganisms of the superficial pectoral muscle in chickens of meat and egg directions of productivity / E. N. Borkhunova, G. V. Kondratov, V. V. Stepanishin // Veterinariya, Zootekhnika i Biotekhnologiya, 2020, No. 12. – pp. 29-35. – DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202012004.
3. Vectors of socio-economic development of Russia: modern challenges and opportunities: a monograph / S.N. Basueva, N.P. Deberdieva, A.V. Minakov [et al.]. - Cheboksary: ID "Sreda", 2024. - 180 p.
4. Effect of probiotic "Bacell-M®" on the level of gene expression in broilers cross "Cobb 500" on the background of vaccination against infectious bronchitis / I. O. Krutov, A. V. Golubtsov, N. A. Strelnikov [et al.] // Poultry and poultry products, 2024. - No. 3. - pp. 17-21. - DOI 10.30975/2073-4999-2024-26-3-17-21.
5. Vorontsova, E. V. Poultry farming in Russia: the state and problems of the industry in modern economic conditions / E. V. Vorontsova, A. V. Buyarov // Theory and practice of innovative technologies in agroindustrial complex : Proceedings of the national scientific-practical conference, Voronezh, April

- 15-19, 2024. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great. Emperor Peter I, 2024. - pp. 55-61.
6. Gazzaeva, M. S. Expertise of the quality of finished poultry meat products / M. S. Gazzaeva // Digitalization of agriculture: actual problems of the introduction of modern technologies in the agro-industrial complex of mountainous and foothill areas of RSO-Alania : Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation, Vladikavkaz, March 15, 2024. - Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2024. - pp. 173-176.
7. Matasov, A. A. Growing broiler chickens with the use of complete mixed fodders of different manufacturers / A. A. Matasov, K. K. Esmagambetov // Modern tasks and promising directions of innovative development of agrarian science : Collection of articles on the materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences, Kurgan, April 25, 2024. - Kurgan: Kurgan State University, 2024. - pp. 43-46.
8. Marinchenko, T. E. Competitiveness of domestic cross "Change 9" / T. E. Marinchenko // Actual issues and innovations in animal breeding : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor S. G. Leushin, the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and the 90th anniversary of the establishment of the Orenburg Research Institute of dairy and beef cattle breeding in the system of the People's Commissariat of grain and livestock state farms of the USSR, Orenburg, May 22-23, 2024. - Orenburg: Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences", 2024. - pp. 81-85.
9. Meat poultry farming: current market realities and its prospects / E. V. Scheglov, S. V. Nikitenko, A. Yu. Zhuravlev [et al.] // *Inter-nauka*. - № 23-2(340). - pp. 17-20.
10. Nazar, M. M. Problems and prospects for the development of poultry farming in Russia / M. M. Nazar // *Russian Journal of Management*. - 2024. - T. 12, № 1. - pp. 186-193. - DOI 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193.
11. Industrial poultry farming 2024 - innovation, sustainability, efficiency // *Effective livestock farming*. - 2024. - № 5(195). - C. 21.
12. Domestic market of poultry meat and edible eggs, in the context of ensuring food security / B. O. Hashir, V. E. Levichev, N. M. Surai [et al.] // *Innovations and Investments*. - 2024. - № 3. - pp 250-254.
13. Sizova, E. A. Formation of antibiotic resistance in conditions of intensive poultry farming / E. A. Sizova, K. S. Nechitaylo // *Poultry farming*. - 2024. - № 5. - pp 57-62. - DOI 10.33845/0033-3239-2024-73-5-57-62.
14. Soldatova, L.I.; Fadeeva, G.V. Evaluation of the state of the poultry industry and the use of economic and mathematical modeling methods in reducing the cost of production / L.I. Soldatova, G.V. Fadeeva // *Economics and Entrepreneurship*. - №12. - 2021.- pp. 1276-1280.
15. Technological aspects of increasing the efficiency of broiler poultry farming / V. S. Buyarov, I. V. Komolikova, A. V. Buyarov, V. V. Mednova // *Biology in Agriculture*. - 2024. - № 2(43). - pp 37-41.
16. Federal State Statistics Service (Rosstat). (2024). Available at: <http://www.gks.ru>.
17. Fisinin, V.I. We are increasing the production of meat and eggs / V. I. Fisinin // *Animal Husbandry of Russia*. - 2022. - No. S3. - pp. 2-4.
18. Khokhlova, A. P. Modern poultry farming in Russia: state, problems and development / A. P. Khokhlova, N. A. Maslova // *Challenges and innovative solutions in agrarian science : Proceedings of the XXVIII International Scientific and Production Conference, Maisky, June 10-11, 2024*. - Maiskiy: FGBOU VO Belgorod GAU, 2024. - pp. 137-138.
19. Shvager, O. V. Influence of probiotic "SUB-pro" on marketable and sanitary indicators of broiler chicken meat / O. V. Shvager // *Theory and practice of modern agrarian science : Collection of VII national (all-Russian) scientific conference with international participation, Novosibirsk, February*

- 26, 2024. - Novosibirsk: IC NSAU "Golden Spike", 2024. - pp. 605-607.
20. Akhmet, Zh. T. Comparative analysis of antibiotics in broiler meat using different methods / Zh. T. Akhmet, G. N. Zhaksylykova, A. D. Serikbayeva // Bulletin of Almaty Technological University, 2024. – No. 1. – P. 5-11. – DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-5-11.
21. Dey, P. Electron Microscopy: Principle, Components, Optics and Specimen Processing. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology / Dey, P. // Springer, Singapore. – 2022. – pp 303–313. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6616-3_28
22. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.
23. Gauthier, G.F. Cytological studies of fiber types in skeletal muscle / G.F. Gauthier, H.A. Padycyła // Ibid. – 1966. – Vol. 28. – N. 2. – P. 333-354.
24. Luxey, M., Development of the chick wing and leg neuromuscular systems and their plasticity in response to changes in digit numbers / M. Luxey, B. Berki, W. Heusermann, S. Fischer, P. Tschopp // (2020) Developmental Biology, 458 (2), pp. 133-140.