

УДК 631.223.6:636.022

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-411-10-39-52

М.А. Дерхо¹ ✉С.А. Гриценко¹П.В. Бурков¹М.Б. Ребезов²Б.Р. Чильчагов¹

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ derkho2010@yandex.ru

Поступила в редакцию: 07.08.2026

Одобрена после рецензирования: 07.09.2026

Принята к публикации: 21.09.2026

© Дерхо М.А., Гриценко С.А., Бурков П.В., Ребезов М.Б., Чильчагов Б.Р.

Характеристика гистологических и морфометрических свойств тощей кишки у цыплят-бройлеров мясных кроссов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Тощая кишка играет важную роль в переваривании и всасывании питательных веществ у цыплят-бройлеров; ее гистоморфометрические особенности варьируют в зависимости от возраста и принадлежности к кроссу. Изучение гистоархитектоники данного отдела кишечника представляет собой теоретическую базу для разработки кормовых программ, обеспечивающих реализацию генетического потенциала продуктивности птицы. Что и определяет актуальность исследований.

Методы. Объект исследования — цыплята-бройлеры кросса «Смена 9» и «Росс 308» в периоды промышленного выращивания. Материал исследования — тощая кишка 10-, 21- и 32-суточных цыплят, морфогенез которых оценен при помощи гистологических, морфометрических и статистических методов.

Результаты. Установлено, что у цыплят-бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» тощая кишка в 10-, 21- и 32-суточном возрасте сохраняет анатомическую целостность и типичную гистоархитектонику (ворсинки и крипты, выстланные однослойным цилиндрическим эпителием с бокаловидными клетками; подслизистая основа из рыхлой соединительной ткани). Выявлены кросс-специфические особенности: у кросса «Росс 308» отмечено достоверно большее количество бокаловидных клеток (в 1,41–2,40 раза) и лимфоидных узелков (на 21 сутки) по сравнению с кроссом «Смена 9». Возраст является доминирующим фактором изменчивости большинства морфометрических параметров ($\eta^2 = 84,49\text{--}98,99\%$), при этом динамика показателей различается между кроссами: у «Смена 9» ряд параметров демонстрирует пик на 21 сутки с последующим снижением, у «Росс 308» — поступательный рост. Влияние фактора «кросс» на морфометрические показатели варьирует с возрастом и определяет формирование секреторного и криптального потенциала кишечной стенки. Полученные данные свидетельствуют о генетически обусловленных различиях в морфогенезе тощей кишки у кроссов «Смена 9» и «Росс 308» и могут быть использованы для оптимизации кормовых программ и повышения эффективности производства мяса бройлеров.

Ключевые слова: гистология, морфометрия, цыплята-бройлеры, тощая кишка, кросс, возраст

Для цитирования: Дерхо М.А., Гриценко С.А., Бурков П.В., Ребезов М.Б., Чильчагов Б.Р. Характеристика гистологических и морфометрических свойств тощей кишки у цыплят-бройлеров мясных кроссов. *Аграрная наука*. 2026; 411 (10): 39–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-411-10-39-52>

Characteristics of the histological and morphometric properties of the jejunum in broiler chickens of meat crossbreeds

ABSTRACT

Relevance. The jejunum plays an important role in the digestion and absorption of nutrients in broiler chickens; its histomorphometric characteristics vary depending on age and the specific crossbreed. Studying the histoarchitectonics of this part of the intestine provides a theoretical basis for developing feeding programs that ensure the realization of the bird's genetic productivity potential. This determines the relevance of the research.

Methods. The object of the study is broiler chickens of the «Smena 9» and «Ross 308» crossbreeds during the periods of industrial rearing. The material of the study is the jejunum of 10-, 21-, and 32-day-old chicks, the morphogenesis of which was assessed using histological, morphometric, and statistical methods.

Results. It has been established that in broiler chickens of the «Smena 9» and «Ross 308» crossbreeds, the jejunum retains anatomical integrity and typical histoarchitecture at 10, 21, and 32 days of age (villi and crypts lined with a single-layer cylindrical epithelium containing goblet cells; the submucosal layer consists of loose connective tissue). Cross-specific features have been identified: the «Ross 308» cross showed a significantly higher number of goblet cells (1.41–2.40 times) and lymphoid nodules (on day 21) compared to the «Smena 9» cross. Age is the dominant factor in the variability of most morphometric parameters ($\eta^2 = 84.49\text{--}98.99\%$), while the dynamics of the indicators differ between the crosses: For «Smena 9», a number of parameters demonstrate a peak by day 21, followed by a decline; for «Ross 308», there is a steady growth. The influence of the «cross» factor on morphometric indicators varies with age and determines the formation of the secretory and cryptal potential of the intestinal wall. The data obtained indicate genetically determined differences in the morphogenesis of the jejunum in the «Smena 9» and «Ross 308» crossbreeds and can be used to optimize feeding programs and improve the efficiency of broiler meat production.

Key words: histology, morphometry, broiler chickens, small intestine, crossbreed, age

For citation: Derkho M.A., Gritsenko S.A., Burkov P.V., Rebezov M.B., Chilchagov B.R. Characteristics of the histological and morphometric properties of the jejunum in broiler chickens of meat crossbreeds. *Agrarian science*. 2026; 411 (10): 39–52 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-411-10-39-52>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-411-10-39-52

Marina A. Derkho¹ ✉Svetlana A. Gritsenko¹Pavel V. Burkov¹Maksim B. Rebezov²Bogdan R. Chilchagov¹

¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

✉ derkho2010@yandex.ru

Received by the editorial office: 07.08.2026

Accepted in revised: 07.09.2026

Accepted for publication: 21.09.2026

© Derkho M.A., Gritsenko S.A., Burkov P.V., Rebezov M.B., Chilchagov B.R.

Введение/Introduction

Интенсификация промышленного птицеводства и курс на импортозамещение в секторе мясного птицеводства обуславливают необходимость максимально полной реализации генетического потенциала продуктивности современных мясных кроссов бройлеров [1–4].

В этом контексте закономерности формирования морфофункциональных особенностей пищеварительной системы выступают биологической основой, определяющей интенсивность обменных процессов, эффективность конверсии корма и, как следствие, темпы прироста живой массы птиц [5–8].

Особую значимость данная проблематика приобретает применительно к отечественному кроссу «Смена 9», активно внедряемому на российских птицефабриках [9–13].

Для его эффективного использования требуется научно обоснованная оценка развития и адаптационных возможностей органов пищеварительной системы в ходе промышленного постнатального онтогенеза [14].

Одно из центральных мест в процессе переваривания и всасывания питательных веществ в организме цыплят-бройлеров играет тощая кишка, являясь одним из наиболее протяженных сегментов тонкой кишки [15]. Например, тощая кишка у бройлеров является основным местом поглощения глюкозы, переваривания и абсорбции липидов [15, 16]. Поэтому ее структурно-функциональное состояние напрямую определяет эффективность утилизации кормовых ресурсов и темпы роста птицы.

Гистологическая организация стенки тощей кишки (включающая слизистую оболочку, подслизистую основу, мышечную и серозную оболочки) и морфометрические характеристики (в частности, высота ворсинок, глубина крипт, толщина мышечного и подслизистого слоев, плотность бокаловидных клеток, площадь эпителия и др.) служат объективными морфологическими маркерами функциональной активности органа. При этом развитие и функциональное состояние тонкого кишечника подвержено значительному влиянию комплекса внешних факторов (состава рациона, применения кормовых добавок, технологических стрессоров), характерных для условий промышленного выращивания [17–19].

Современные гистоморфологические и морфометрические исследования позволяют не только оценить влияние указанных факторов на микроструктуру кишечника, но и выявить ранние признаки нарушений барьерной функции, воспалительных изменений и дисбаланса регенераторных процессов [19–23].

Формирование репрезентативной «нормативной базы» гистоархитектоники тощей кишки на разных этапах постнатального онтогенеза создает предпосылки для научно обоснованной коррекции технологических параметров содержания,

оптимизации схем кормления и совершенствования лечебно-профилактических мероприятий [8, 24–27].

Несмотря на значительный объем публикаций, посвященных морфологии кишечника бройлеров, в научной литературе практически отсутствуют сравнительные исследования, в которых сопоставляются гистологические и морфометрические особенности тощей кишки у кроссов «Смена 9» и «Росс 308» в условиях промышленного выращивания.

Выявление кросс-специфичных паттернов динамики гистоархитектоники (включая динамику роста ворсинок и толщины структурных слоев, изменение глубины крипт, плотность специализированных клеточных популяций) имеет существенное теоретическое и прикладное значение. Такие данные позволяют прогнозировать потенциал продуктивности кроссов, минимизировать риски, связанные с неравномерным развитием пищеварительного тракта, разрабатывать дифференцированные технологические решения, направленные на раскрытие генетических возможностей птицы.

Цель исследования — сравнительная характеристика гистологических и морфометрических свойств тощей кишки цыплят-бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» на разных этапах промышленного постнатального онтогенеза.

Материал и методы исследования / Material and methods

Экспериментальная часть работы выполнена в 2026 году на одном из промышленных птицеводческих предприятий Челябинской области.

Для реализации цели исследования в одном из птичников птицефабрики были сформированы опытные группы из цыплят-бройлеры финальных гибридов кросса «Росс 308» и «Смена 9» (n300) с учетом клеточного содержания птицы и нормируемых технологических параметров выращивания (плотность посадки, фронт кормления и поения, температурно-влажностный режим).

Цикл выращивания бройлеров составлял 38 суток.

Для кормления цыплят-бройлеров использовались технологические комбикорма с учетом четырехфазового кормления, питательная ценность которых соответствовала кормовой программе предприятия.

В конце первых трех фаз кормления (в возрасте 10, 21 и 32 суток) случайным образом из каждой группы было отобрано по 10 голов для клинико-диагностического вскрытия, которое проводилось с соблюдением установленных биоэтических норм.

В ходе препарирования птицы проводился забор образцов для гистоморфометрических исследований — фрагменты тощей кишки из однотипных анатомических участков для обеспечения сопоставимости данных. Они сначала были промыты дистиллированной водой, затем 10%-ным раствором нейтрального формалина.

Из отобранных и промытых фрагментов тощей кишки были взяты образцы размером 1 см, которые были подвергнуты следующим основным операциям по подготовке к гистоморфометрическим исследованиям¹:

- фиксация в 10%-ном растворе нейтрального формалина (длительность 24 часа) и промывка в проточной воде для удаления избытка фиксирующего агента;
- поэтапное обезвоживание образцов тощей кишки в этиловом спирте с возрастающей концентрацией (70, 80 и 96%); пересушивание в смеси спирта и хлороформа (1:1) и в чистом хлороформе;
- уплотнение парафином с формированием парафиновых блоков;
- получение из парафиновых блоков серийных срезов толщиной 5-6 при помощи санного микротомы MC-2 (Россия);
- окрашивание серийных срезов при помощи основных красителей: гематоксилина и эозина.

При гистологическом исследовании срезов (увеличение $\times 50$, $\times 200$, $\times 400$) использовали микроскоп Leica DMRXA (Германия), цифровую цветную камеру Leica DFC 290 (Германия) и персональный компьютер.

Морфометрические измерения (толщина слизистой и мышечной оболочки, подслизистой основы, количество бокаловидных клеток, площадь крипты, площадь ворсинки, диаметр крипты, высота эпителия в криптах) проводили при помощи программного обеспечения ImageScope M (США), позволяющего выполнять калибровку по шкале, использовать инструменты измерения, экспортировать результаты. При этом под площадью крипты и площадью ворсинки понимали площадь поперечного сечения крипты и площадь поперечного сечения ворсинки.

В работе Колесник и др. был предложен комплексный подход к морфоденситометрической оценке клеточных структур, основанный на анализе морфометрических параметров с использованием цифровых систем обработки изображений, что позволяет повысить точность и воспроизводимость результатов гистологических исследований [28].

Результаты морфометрических исследований были представлены в виде среднего арифметического ($\bar{X}$), ошибки среднего ($\pm m$), коэффициента вариации (C_v), медианы (Me) и моды (Mo). Для межгрупповых сравнений (по возрастным группам и между кроссами) применяли t-критерий Стьюдента (t_d) с определением уровня статистической значимости ($*p \leq 0,05$; $**p \leq 0,01$; $***p \leq 0,001$). Для оценки силы влияния факторов (возраст, кросс) на изучаемые признаки рассчитывали корреляционное отношение (η) и факториальную дисперсию (η^2 , %). Визуализацию результатов осуществляли посредством построения графиков возрастной

динамики средних, медиан, мод и показателей вариабельности, а также столбчатых диаграмм, отражающих отклонения показателей кросса «Смена 9» от кросса «Росс 308».

Все первичные морфометрические и биометрические показатели были систематизированы в электронной таблице Microsoft Excel (версия Microsoft 365, США).

При интерпретации полученных результатов необходимо учитывать ряд ограничений:

- исследование проведено на двух конкретных кроссах («Смена 9» и «Росс 308») в условиях одного промышленного птицеводческого предприятия Челябинской области, что не позволяет экстраполировать выявленные закономерности на другие кроссы или иные технологические условия выращивания (напольное содержание, другие климатические зоны);
- исследование охватывает лишь ранний постнатальный период (10–32 суток), тогда как морфогенез кишечника продолжается и в более поздние сроки (до убоя в 38–42 суток); динамика гистоструктуры в завершающей фазе откорма остается неизученной;
- работа ограничена гистологическими и морфометрическими методами; для полного понимания функциональных различий между кроссами требуются дополнительные исследования с применением молекулярно-биологических подходов (оценка экспрессии генов, активности ферментов, профиля цитокинов) и электронной микроскопии;
- отсутствие параллельного анализа кишечного микробиома не позволяет оценить вклад микрофлоры в наблюдаемые кросс-специфические различия;
- исследование не учитывает влияние сезонных факторов и вариаций качества комбикормов, что также может модифицировать морфометрические параметры.

Указанные ограничения следует учитывать при планировании дальнейших исследований, направленных на разработку дифференцированных программ кормления и технологических регламентов для каждого кросса.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При клинико-диагностическом вскрытии цыплят-бройлеров в 10, 21 и 32-суточном возрасте установлено, что все сегменты тонкой кишки (двенадцатиперстная, тощая, подвздошная кишка) располагаются в брюшной полости анатомически корректно, сохраняют типичную форму, не имеют признаков вздутия и патологического растяжения. Серозная оболочка тощей кишки характеризовалась серо-белой окраской, выраженной влажностью и глянцевым блеском. Патологические наложения, спаечные изменения и

¹ Ролдугина Н.П., Никитченко В.Е., Яглов В.В. Практикум по цитологии, гистологии и эмбриологии. М.: Колос, 2004. 122 с.

геморрагические проявления на серозном покрове не выявлены. В просвете кишки присутствует химус кашицеобразной консистенции с кисловатым запахом. Слизистая оболочка имеет бледно-розовую окраску, гладкую поверхность, без дефектов эпителия и кровоизлияний; отмечается умеренное покрытие слизью. При макроскопическом сравнении тощей кишки цыплят бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» межгрупповых различий не обнаружено.

Гистологическая структура тощей кишки претерпевала возрастные изменения у цыплят-бройлеров исследуемых кроссов.

В 10-суточном возрасте гистоархитектоника тощей кишки у цыплят кроссов «Смена 9» и «Росс 308» была однотипной. Слизистая оболочка сформировалась за счет ворсинок (рис. 1 А, Б) и крипт (рис. 1 В, Г), выстланных однослойным цилиндрическим эпителием.

В составе эпителиального пласта идентифицированы бокаловидные клетки, плотность которых в криптах превышала таковую в области ворсинок.

При визуальной оценке установлено, что у цыплят-бройлеров кросса «Росс 308» количество бокаловидных клеток было больше по сравнению с особями кросса «Смена 9». Подслизистая основа была представлена рыхлой соединительной тканью с умеренной клеточной плотностью и достаточным сосудистым компонентом.

К 21-суточному возрасту общая структурная организация тощей кишки сохраняла сходство с показателями 10-суточного возраста. Слизистая оболочка по-прежнему состояла из ворсинок (рис. 2 А, Б) и крипт, покрытых однослойным

цилиндрическим эпителием с включениями бокаловидных клеток. В собственной пластинке слизистой оболочки обнаружены узелки лимфоидной ткани (рис. 2 В, Г). Их количество у цыплят кросса «Росс 308» достоверно превышало аналогичный показатель у особей кросса «Смена 9».

Структура подслизистой основы оставалась неизменной: рыхлая соединительная ткань с умеренным содержанием клеточных элементов и кровеносных сосудов.

В 32-суточном возрасте строение тощей кишки у цыплят-бройлеров кроссов «Росс 308» и «Смена 9» по качественным показателям не отличалось от показателей, зарегистрированных в 21-суточном возрасте.

Слизистая оболочка сохраняла типичную организацию с наличием ворсинок (рис. 3, А, Б) и крипт, эпителиальный слой оставался однослойным цилиндрическим с включениями бокаловидных клеток. У цыплят кросса «Росс 308» вновь зафиксировано значимое превышение количества бокаловидных клеток в сопоставимых анатомических участках, по сравнению с кроссом «Смена 9». Подслизистая основа по-прежнему была сформирована рыхлой соединительной тканью с умеренной плотностью клеточного состава и сосудистой сети.

Таким образом, анализ проведенного гистологического исследования тощей кишки цыплят-бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» в динамике постнатального онтогенеза (10, 21 и 32 сутки) позволил выявить как общие закономерности возрастного морфогенеза органа, так и кросс-специфичные особенности его структурной организации.

Рис. 1. Гистологическая картина тощей кишки у бройлеров в 10-суточном возрасте: А, Б — крипты, ув. х 400; В, Г — ворсинки, ув. х 400. Стрелками отмечены бокаловидные клетки. Окраска: гематокислин-эозин

Fig. 1. Histological appearance of the jejunum in 10-day-old broilers: А, Б — crypts, 400× magnification; В, Г — villi, 400× magnification. Arrows indicate goblet cells. Staining: hematoxylin and eosin.

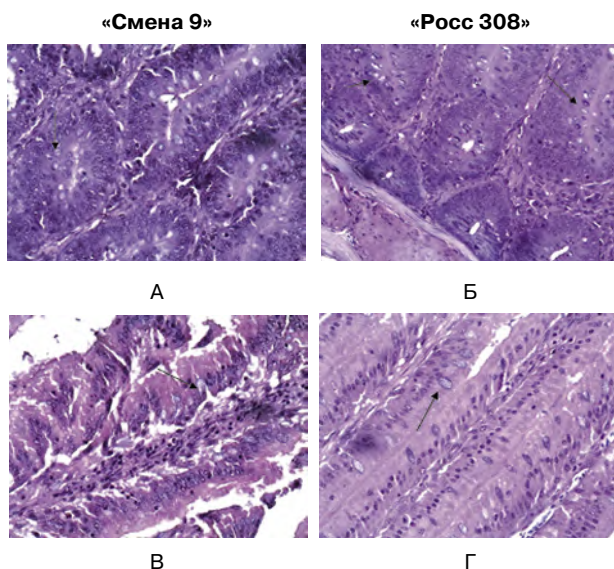


Рис. 2. Гистологическая картина тощей кишки у бройлеров в 21-суточном возрасте: А, Б — ворсинки слизистой оболочки тощей кишки, ув.х50; В, Г — узелки лимфоидной ткани (стрелки) в собственной пластинке слизистой, ув. х 200. Окраска: гематокислин-эозин

Fig. 2. Histological picture of the jejunum in broilers at 21 days of age: А, Б — villi of the mucous membrane of the jejunum, ×50; В, Г — nodules of lymphoid tissue (arrows) in the lamina propria of the mucosa, ×200. Staining: hematoxylin-eosin

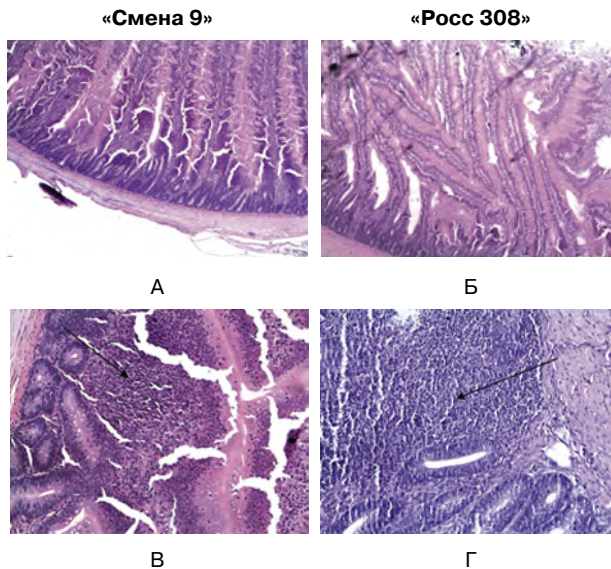
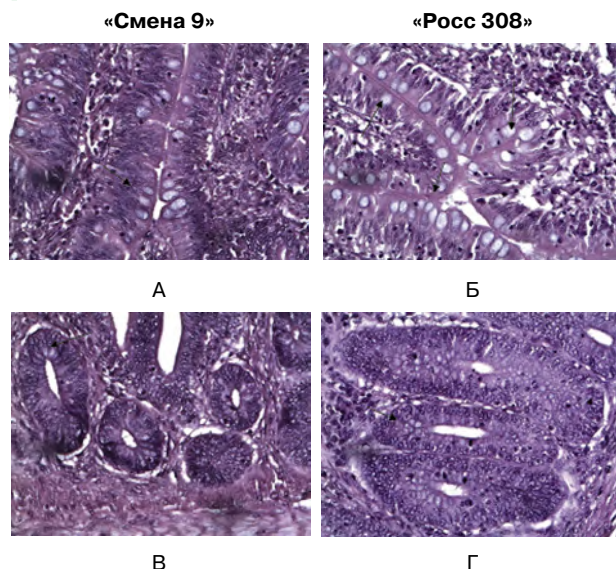


Рис. 3. Гистологическая картина тощей кишки бройлеров в 32-суточном возрасте: А, Б — бокаловидные клетки (стрелки) в ворсинках слизистой оболочки тонкой кишки, ув. х 400; В, Г — бокаловидные клетки (стрелки) в криптах слизистой оболочки тонкой кишки, ув. х 400. Окраска: гематоксин-эозин.

Fig. 3. Histological picture of the jejunum of broilers at 32 days of age: А, Б — goblet cells (arrows) in the villi of the mucous membrane of the small intestine, х400; В, Г — goblet cells (arrows) in the crypts of the mucous membrane of the small intestine, х400. Staining: hematoxylin-eosin.



Во-первых, сохранялась типичная гистоархитектоника тощей кишки, не зависящая от возраста: слизистая оболочка была представлена ворсинками и криптами, выстланными однослойным цилиндрическим эпителием с включениями бокаловидных клеток; подслизистая основа — рыхлой соединительной тканью с умеренной клеточной плотностью и достаточным сосудистым компонентом.

Во-вторых, у цыплят кросса «Росс 308» в исследуемый период отмечалось значимо большее количество бокаловидных клеток в сопоставимых анатомических участках по сравнению с кроссом «Смена 9»; у особей кросса «Росс 308» выявлено достоверно более высокое количество узелков лимфоидной ткани в собственной пластинке слизистой оболочки в 21-суточном возрасте, что может свидетельствовать о различиях в формировании локального иммунного ответа.

Процесс формирования структуры стенки тощей кишки цыплят протекал на фоне прироста живой массы, динамика которой у кросса «Смена 9» происходила с 315,60 г в 10-суточном возрасте до 2015,30 г к 32 суткам, у кросса «Росс 308» с 312,80 до 2072,20 г соответственно.

Закономерности линейного роста и формирования индексов телосложения у молодняка мясной птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте были ранее изучены Гриценко и др., которые показали, что динамика промеров тела и индексов телосложения тесно коррелирует с живой массой птицы в раннем постнатальном онтогенезе, что согласуется с выявленными в настоящем исследовании кросс-специфическими особенностями

возрастной динамики морфометрических показателей тощей кишки [29].

При этом на каждом этапе онтогенеза отмечался высоко достоверный прирост живой массы ($p \leq 0,001$) (табл. 1).

На фоновом этапе (на 10 сутки) при сопоставимой массе тела у цыплят-бройлеров кросса «Росс 308» выявлены значимые морфологические преимущества в развитии тощей кишки по сравнению с кроссом «Смена 9».

Так, у кросса «Росс 308» отмечалось более интенсивное формирование секреторного и структурного компонентов слизистой оболочки: количество бокаловидных клеток было выше в 1,93 раза, свидетельствуя о более раннем развитии защитной и секреторной функции кишечника; площадь крипт превышала аналогичный показатель у «Смена 9» в 1,78 раза, по диаметру крипт — в 1,39 раза и высоте эпителия в криптах — в 1,40 раза (табл. 1).

С возрастом морфометрические показатели стенки тощей кишки увеличивались у обоих кроссов, однако характер динамики различался. У ряда параметров наблюдался поступательный рост, тогда как другие демонстрировали волнообразную изменчивость с экстремумами в 21-суточном возрасте.

У кросса «Смена 9» линейный возрастной рост был характерен для следующих показателей: толщина подслизистой основы и мышечной оболочки, количества бокаловидных клеток, площади крипт и площади ворсинок. К 32-суточному возрасту данные параметры увеличивались в 1,23–5,27 раза по сравнению с фоновыми значениями.

В то же время толщина слизистой оболочки, диаметр крипт и высота эпителия в криптах достигали пиковых значений в 21-суточном возрасте, составляя $2749,70 \pm 59,40$; $63,28 \pm 3,36$ и $23,96 \pm 1,09$ мкм соответственно ($p \leq 0,001$). К 32 суткам наблюдалось снижение этих показателей относительно 21-суточного возраста в 1,06–2,15 раза. Наиболее выраженные изменения отмечены для толщины слизистой оболочки (снижение в 2,15 раза), что позволяет предположить развитие инволютивных процессов после фазы интенсивного формирования ворсинчатого слоя или перераспределение ресурсов организма в пользу наращивания мышечной массы и иных продуктивных тканей.

У кросса «Росс 308» поступательная динамика прослеживалась для толщины слизистой оболочки и подслизистой основы, количества бокаловидных клеток и площади ворсинок: к 32-суткам значения выросли в 1,72–5,61 раза по сравнению с исходными данными (табл. 1).

Экстремумы фиксировались в 21-суточном возрасте у следующих параметров: максимальные — у толщины мышечной оболочки ($408,20 \pm 19,75$ мкм) и площади крипт ($6824,59 \pm 45,57$ мкм²); минимальные — у диаметра крипт ($62,12 \pm 2,80$ мкм) и высоты эпителия в криптах ($21,39 \pm 1,89$ мкм).

Таблица 1. Возрастная динамика морфометрических показателей тощей кишки, n = 10, X ± mx

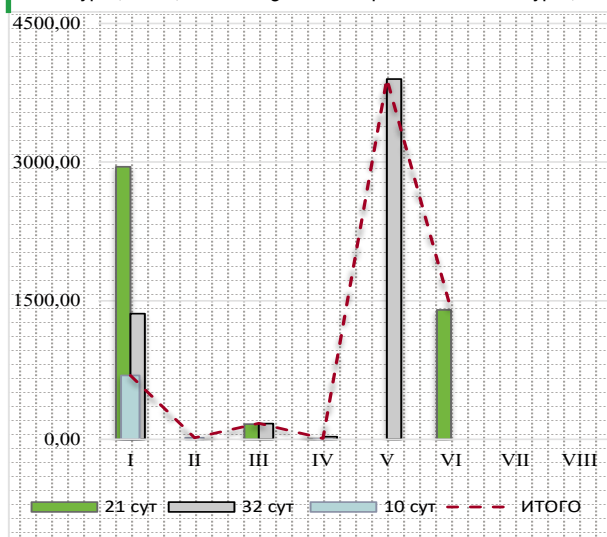
Table 1. Age-related dynamics of morphometric parameters of the jejunum, n = 10, X ± mx

Признак	Возраст ¹			
	10 сут	21 сут	32 сут	В среднем за период исследований
Кросс «Смена 9»				
Живая масса, г	315,60 ± 9,59	1024,30 ± 44,92***	2015,30 ± 74,83***	1118,40 ± 132,49
Толщина слизистой оболочки, мкм	680,50 ± 15,69	2749,70 ± 59,40***	1276,00 ± 31,17***	1568,73 ± 163,02***
Толщина подслизистой основы, мкм	14,65 ± 1,56	22,82 ± 2,56**	35,19 ± 2,58***	24,22 ± 2,02***
Толщина мышечной оболочки, мкм	163,30 ± 4,77	157,30 ± 7,39	201,00 ± 11,77**	173,87 ± 5,94
Количество бокаловидных клеток в 1 мм ² среза	5,50 ± 0,34	10,00 ± 0,37***	29,00 ± 0,94***	14,83 ± 1,92***
Площадь крипт, мкм ²	1398,86 ± 57,26	1392,44 ± 25,25	4049,93 ± 37,89***	2280,41 ± 233,54***
Площадь ворсинки, мкм ²	421,97 ± 27,98	1419,26 ± 20,18***	1513,54 ± 52,07***	1118,26 ± 93,88***
Диаметр крипт, мкм	51,81 ± 2,19	63,28 ± 3,36**	57,38 ± 1,60*	57,49 ± 1,64*
Высота эпителия в криптах, мкм	18,68 ± 0,95	23,96 ± 1,09***	22,56 ± 0,74***	21,73 ± 0,67**
Кросс «Росс 308»				
Живая масса, г	312,80 ± 4,01	1026,40 ± 25,97***	2072,20 ± 63,79***	1137,13 ± 135,98***
Толщина слизистой оболочки, мкм	696,50 ± 18,38	1163,00 ± 31,90***	1196,00 ± 33,70***	1018,50 ± 45,30***
Толщина подслизистой основы, мкм	13,06 ± 0,90	39,03 ± 4,92***	73,27 ± 3,49***	41,79 ± 4,98***
Толщина мышечной оболочки, мкм	176,30 ± 2,24	408,20 ± 19,75***	365,30 ± 4,91***	316,60 ± 19,83***
Количество бокаловидных клеток в 1 мм ² среза	10,60 ± 0,37	24,00 ± 0,39***	41,00 ± 1,30***	25,20 ± 2,35***
Площадь крипт, мкм ²	2493,38 ± 160,15	6824,59 ± 45,57***	5115,54 ± 80,05***	4811,17 ± 336,07***
Площадь ворсинки, мкм ²	424,67 ± 21,74	1389,89 ± 20,21***	1628,86 ± 29,98***	1147,81 ± 97,61***
Диаметр крипт, мкм	71,84 ± 3,98	62,12 ± 2,80	84,00 ± 4,52*	72,65 ± 2,71
Высота эпителия в криптах, мкм	26,14 ± 1,71	21,39 ± 1,89	33,28 ± 1,06***	26,94 ± 1,27

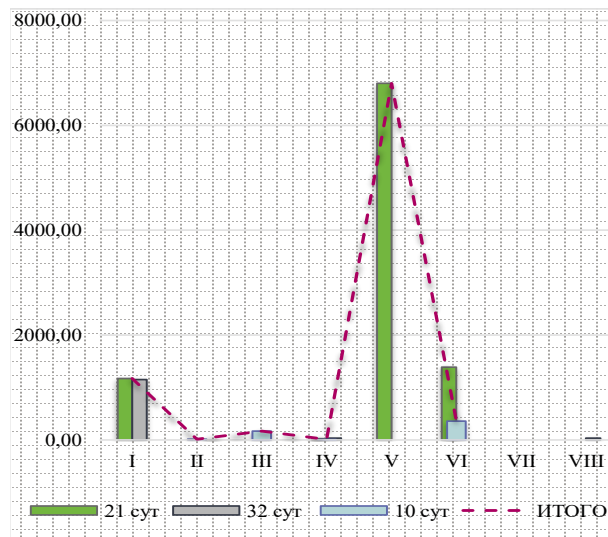
Примечание: при расчете критерия Стьюдента (td) для оценки возрастных изменений внутри каждого кросса за контрольную (референтную) группу принята 1-я группа — цыплята в возрасте 10 суток, как отражающая исходный уровень морфометрических показателей в начале раннего постнатального онтогенеза; * — значение достоверности при $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Рис. 4. Возрастная динамика модальных значений морфометрических показателей тощей кишки у цыплят-бройлеров кросса: 1) «Смена 9»; 2) «Росс 308». I — толщина слизистой оболочки, мкм; II — толщина подслизистой основы, мкм; III — толщина мышечной оболочки, мкм; IV — количество бокаловидных клеток в 1 мм² среза; V — площадь крипты, мкм²; VI — площадь ворсинки, мкм²; VII — диаметр крипт, мкм; VIII — высота эпителия в криптах, мкм

Fig. 4. Age-related dynamics of modal values of morphometric indicators of the jejunum in broiler chickens of the cross: 1) "Smena 9"; 2) "Ross 308". I — thickness of the mucous membrane, mcm; II — thickness of the submucosal layer, mcm; III — thickness of the muscular layer, mcm; IV — number of goblet cells per 1 mm² section; V — area of the crypt, mcm²; VI — area of the villus, mcm²; VII — diameter of the crypts, mcm; VIII — height of the epithelium in the crypts, mcm



1)



2)

Изменчивость морфометрических параметров относительно 10-сутиочного возраста варьировала в диапазоне 1,15–2,32 раза. При этом наиболее выраженные сдвиги отмечены для толщины мышечной оболочки.

Модальные значения морфометрических показателей тощей кишки у кроссов «Смена 9» и

«Росс 308» не были выявлены у 58,33% анализируемых параметров. Это свидетельствует о равномерном характере распределения изучаемых значений и отсутствии доминирующих величин в выборке (рис. 4).

Наибольшее число случаев отсутствия модальных значений отмечено у кросса «Смена 9»

в 10-суточном возрасте, тогда как у кросса «Росс 308» подобная картина наблюдалась в 32-суточном возрасте.

Кроме того, установлено, что моды большинства морфометрических показателей стенки тощей кишки не совпадали со средними арифметическими значениями, что указывает на асимметрию распределения данных и подчеркивает необходимость использования комплекса статистических показателей для адекватной характеристики морфологических параметров.

У исследованных кроссов наблюдалась выраженная вариабельность морфометрических характеристик стенки тощей кишки, зависящая от возраста и принадлежности к кроссу.

Медианные значения морфометрических показателей стенки тощей кишки практически полностью совпадали со средними арифметическими значениями у кроссов «Смена 9» и «Росс 308» (рис. 5).

Это свидетельствует о том, что распределение значений было близким к нормальному. Следовательно, в исследовании кроссов «Смена 9» и «Росс 308» однородность морфометрических показателей стенки тощей кишки (вероятно, из-за схожих условий выращивания и генетической однородности внутри каждого кросса) привела к тому, что распределения получились достаточно симметричными, и медианы хорошо отразили центральную тенденцию, совпав со средними арифметическими значениями.

Таким образом, анализ модальных и медианных значений морфометрических показателей стенки тощей кишки позволил установить, что

значимым фактором в их вариабельности является возраст птицы и принадлежность к конкретному кроссу.

Для подтверждения данного вывода была проведена оценка динамики относительных отклонений (в процентах) морфометрических показателей стенки тощей кишки кросса «Смена 9» по сравнению с кроссом «Росс 308» (рис. 6). Результаты анализа показали, что в исследованные возрастные периоды большинство морфометрических признаков у представителей отечественного кросса характеризовались отрицательными значениями отклонений, что подтверждает наличие значимых межкроссовых различий.

В возрасте 10 суток отрицательные отклонения варьировали в диапазоне 0,64-48,11% (рис. 6). Наиболее выраженные различия отмечались по таким параметрам, как количество бокаловидных клеток в 1 мм² среза (-48,11%), и площадь крипт (-43,90%). Единственным исключением являлся показатель толщины подслизистой основы, у цыплят кросса «Смена 9» он превышал аналогичный параметр кросса «Росс 308» на 12,17%.

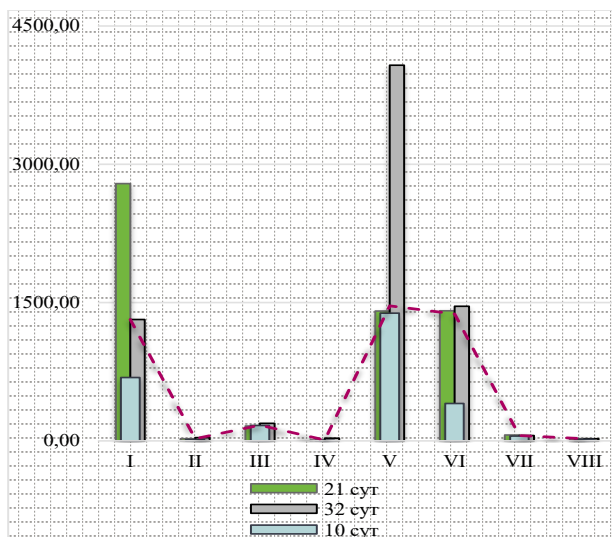
К 21 суткам отрицательные отклонения показателей кросса «Смена 9» относительно кросса «Росс 308» составили 41,53-79,60%, были характерны для толщины подслизистой основы и мышечной оболочки, количества бокаловидных клеток и площади крипт (рис. 6).

При этом зафиксировано выраженное положительное отклонение по толщине слизистой оболочки, которое достигло 136,43%.

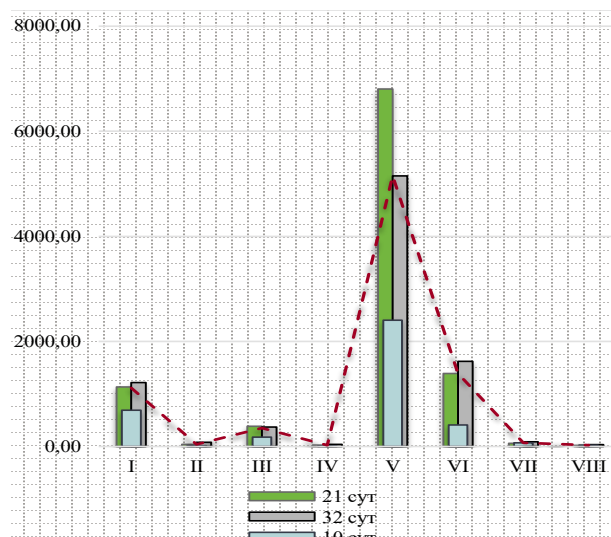
К 32-суточному возрасту межкроссовые различия в виде отрицательных отклонений сохранялись

Рис. 5. Возрастная динамика медианных значений морфометрических показателей тощей кишки у цыплят-бройлеров кросса: 1) «Смена 9»; 2) «Росс 308». I — толщина слизистой оболочки, мкм; II — толщина подслизистой основы, мкм; III — толщина мышечной оболочки, мкм; IV — количество бокаловидных клеток в 1 мм² среза; V — площадь крипты, мкм²; VI — площадь ворсинки, мкм²; VII — диаметр крипты, мкм; VIII — высота эпителия в криптах, мкм

Fig. 5. Age-related dynamics of the median values of morphometric indicators of the jejunum in broiler chickens of a cross: 1) "Smena 9"; 2) "Ross 308". I — thickness of the mucous membrane, mcm; II — thickness of the submucosal layer, mcm; III — thickness of the muscular layer, mcm; IV — number of goblet cells per 1 mm² section; V — area of the crypt, mcm²; VI — area of the villus, mcm²; VII — diameter of the crypts, mcm; VIII — height of the epithelium in the crypts, mcm



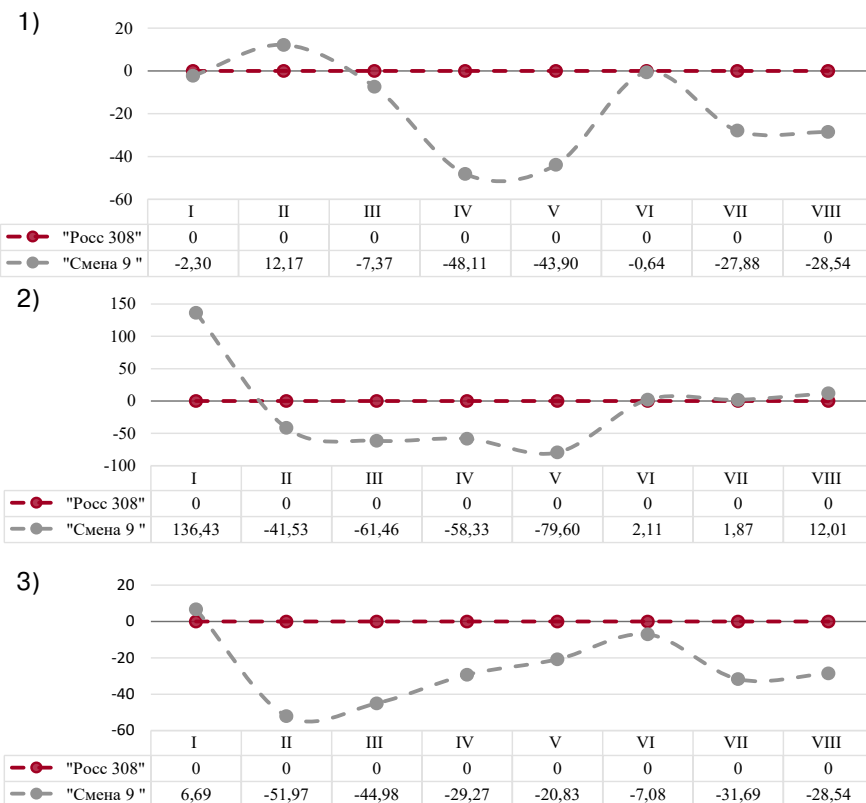
1)



2)

Рис. 6. Динамика относительных отклонений показателей морфометрии тощей кишки «Смена 9» от кросса «Росс 308», %: 1) в 10-суточном возрасте; 2) в 21-суточном возрасте; 3) в 32-суточном возрасте. I — толщина слизистой оболочки, мкм; II — толщина подслизистой основы, мкм; III — толщина мышечной оболочки, мкм; IV — количество бокаловидных клеток в 1 мм² среза; V — площадь крипты, мкм²; VI — площадь ворсинки, мкм²; VII — диаметр крипты, мкм; VIII — высота эпителия в криптах, мкм

Fig. 6. Dynamics of relative deviations in morphometric indicators of the jejunum of «Smena 9» compared to the «Ross 308» cross, %: 1) at 10 days of age; 2) at 21 days of age; 3) at 32 days of age. I — thickness of the mucous membrane, mcm; II — thickness of the submucosal layer, mcm; III — thickness of the muscular layer, mcm; IV — number of goblet cells per 1 mm² section; V — area of the crypt, mcm²; VI — area of the villus, mcm²; VII — diameter of the crypts, mcm; VIII — height of the epithelium in the crypts, mcm



(рис. 6), но их выраженность существенно снизилась по сравнению с показателями 21-суточного возраста и составила 7,08-51,97%. При этом цыплята кросса «Смена 9» превосходили представителей кросса «Росс 308» по толщине слизистой оболочки на 6,69%.

Таким образом, выявленные закономерности динамики морфометрических показателей подтверждают наличие генетически детерминированных различий в темпах и направленности морфогенеза тощей кишки у цыплят-бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308».

Эти различия проявляются в этапности формирования тканевых компонентов, специфике развития железистого и защитного аппаратов, а также в особенностях структурной перестройки стенки кишки в ходе постнатального онтогенеза.

На следующем этапе было оценено влияние возраста на изменчивость морфометрических показателей стенки тощей кишки при помощи дисперсионного анализа (табл. 2).

Его результаты (корреляционное отношение η и факториальная дисперсия η^2) свидетельствуют о выраженной возрастной морфометрических параметров у обоих исследуемых кроссов,

при этом характер влияния фактора «возраст» имеет кросс-специфичные особенности.

У кросса «Смена 9» возраст выступает доминирующим фактором для большинства изученных показателей. Наиболее высокая степень влияния выявлена для толщины слизистой оболочки ($\eta^2 = 98,15\%$), площади крипты ($\eta^2 = 98,99\%$) и количества бокаловидных клеток (96,81%), что указывает на жесткую зависимость этих структурно-функциональных характеристик от этапа постнатального онтогенеза в промышленных условиях.

Практически полная детерминация живой массы возрастом подтверждается значением $\eta^2 = 95,00\%$. Умеренный уровень влияния фактора «возраст» отмечен для толщины подслизистой основы ($\eta^2 = 60,37\%$), тогда как наименьшее воздействие зафиксировано в отношении толщины мышечной оболочки ($\eta^2 = 36,62\%$), высоты эпителия в криптах

($\eta^2 = 38,67\%$) и диаметра крипты ($\eta^2 = 28,17\%$).

Следовательно, у кросса «Смена 9» возрастной фактор преимущественно регулирует параметры, отражающие состояние мукозного и секреторного компонентов стенки кишки, в то время как развитие мышечно-подслизистого слоя характеризуется относительно большей более автономностью от возрастного фактора.

Для кросса «Росс 308» также характерна высокая степень возрастной детерминации. Однако распределение вклада фактора «возраст» по отдельным морфометрическим параметрам отличается от такового у кросса «Смена 9». Наибольшая влияние возраста установлено для живой массы ($\eta^2 = 97,00\%$), площади ворсинки ($\eta^2 = 98,07\%$) и площадь крипты ($\eta^2 = 96,87\%$) (табл. 2).

При этом толщина слизистой оболочки в меньшей степени обусловлена возрастом ($\eta^2 = 87,44\%$) по сравнению с кроссом «Смена 9» ($\eta^2 = 98,15\%$). В то же время у кросса «Росс 308» существенно выше вклад возрастного фактора в формирование толщины мышечной оболочки ($\eta^2 = 88,97\%$) и подслизистой основы ($\eta^2 = 84,49\%$) относительно соответствующих показателей кросса «Смена 9» (36,62% и 60,37% соответственно).

Таблица 2. Корреляционное отношение (η) и факториальная дисперсия η^2x , % возраста птицы на морфометрические показатели стенки тощей кишки
Table 2. Correlation ratio (η) and factorial variance η^2x , % of bird age on the morphometric parameters of the jejunal wall

Показатель	«Смена 9»		«Росс 308»	
	η	η^2x — доля влияния фактора, % ¹	η	η^2x — доля влияния фактора, % ¹
Живая масса, г	0,98	0,95 ± 0,34***	0,99	0,97 ± 0,20***
Толщина слизистой оболочки, мкм	0,99	98,15 ± 0,14***	0,94	87,44 ± 0,93***
Толщина подслизистой основы, мкм	0,78	60,37 ± 2,94***	0,92	84,49 ± 1,15***
Толщина мышечной оболочки, мкм	0,61	36,62 ± 4,69***	0,94	88,97 ± 0,82***
Количество бокаловидных клеток в 1 мм ² среза	0,98	96,81 ± 0,08***	0,98	96,30 ± 0,23***
Площадь крипт, мкм ²	0,99	98,99 ± 0,08***	0,98	96,87 ± 0,23***
Площадь ворсинки, мкм ²	0,98	95,42 ± 0,34***	0,99	98,07 ± 0,14**
Диаметр крипт, мкм	0,53	28,17 ± 5,32*	0,61	37,72 ± 4,61***
Высота эпителия в криптах, мкм	0,62	38,67 ± 4,54**	0,72	51,12 ± 3,62***

Примечание: ¹ значение достоверности при * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Это позволяет констатировать, что у кросса «Росс 308» возрастной фактор оказывал сопоставимо выраженное регулирующее воздействие на все оболочки, тогда как у кросса «Смена 9» доминирующая роль возраста проявлялась преимущественно в развитии слизистой оболочки. Для диаметра и высоты эпителия в криптах влияние возрастного фактора оставалось умеренным ($\eta^2 = 37,72\%$ и $51,12\%$).

Результаты корреляционного анализа, оценивающего вклад фактора «кросс» в вариabельность морфометрических показателей стенки тощей кишки в различные возрастные периоды постнатального онтогенеза в промышленных условиях, показали возрастную динамику доли влияния данного фактора (η^2), которая варьирует в зависимости от конкретного морфологического признака (табл. 3).

В возрасте 10 суток наибольшее влияние кросса проявилось для показателей, отражающих секреторный и криптальный потенциал кишечной стенки: доля влияния составила 85,03% для количества бокаловидных клеток, 69,70% — для площади крипт, 51,95% — для диаметра крипт и 44,79% — для высоты эпителия в криптах.

Полученные данные свидетельствовали о том, что генетические различия между кроссами детерминируют указанные морфофункциональные параметры уже на ранних этапах онтогенеза. Влияние кроссового фактора на толщину мышечной оболочки оказалось умеренным ($\eta^2 = 25,28\%$), тогда как его вклад в изменчивость живой массы, толщины слизистой и подслизистой оболочек, а также площади ворсинок был минимальным ($\eta^2 < 5\%$).

К 21 суткам наблюдалось усиление роли кросса, как определяющего фактора структурной организации кишечной стенки: доля его влияния достигала максимальных значений для толщины слизистой оболочки ($\eta^2 = 96,85\%$), мышечной оболочки ($\eta^2 = 88,72\%$), количества бокаловидных клеток ($\eta^2 = 97,42\%$) и площади крипт ($\eta^2 = 99,83\%$). Данный возрастной этап характеризовался наиболее выраженной дифференцировкой морфометрических параметров между исследуемыми кроссами. При этом влияние кросса на толщину подслизистой основы оставалось умеренным ($\eta^2 = 32,20\%$), а на площадь ворсинки, диаметр и высоту крипт — незначительным (менее $\eta^2 = 8\%$).

Таким образом, в середине исследуемого периода фактор «кросс» практически полностью определял формирование структуры слизистой и мышечного слоя, тогда как вариabельность криптальных параметров была обусловлена преимущественно иными (некроссовыми) факторами.

К 32 суткам высокая степень влияния кросса сохранялась в отношении ряда структурных компонентов стенки кишки: толщины мышечной оболочки ($\eta^2 = 90,22\%$) и подслизистой основы ($\eta^2 = 81,07\%$), высоты эпителия в криптах ($\eta^2 = 79,25\%$) и диаметра крипт ($\eta^2 = 63,14\%$).

Таблица 3. Корреляционное отношение (η) и факториальная дисперсия η^2x , % кросса птицы на морфометрические показатели желудков в различные возрастные периоды

Table 3. Correlation ratio (η) and factorial variance η^2x , % of bird cross on morphometric parameters of stomachs in different age periods

Признак	Корреляционное отношение, η			η^2x — доля влияния фактора, % ¹		
	10 сут	21 сут	32 сут	10 сут	21 сут	32 сут
Живая масса, гр	0,06	0,01	0,14	0,40 ± 5,53	0,01 ± 5,56	1,83 ± 5,45
Толщина слизистой оболочки, мкм	0,15	0,98	0,38	2,38 ± 5,42	96,85 ± 0,17***	14,44 ± 4,75
Толщина подслизистой основы, мкм	0,20	0,57	0,90	4,15 ± 5,33	32,20 ± 3,77**	81,07 ± 1,05***
Толщина мышечной оболочки, мкм	0,50	0,94	0,95	25,28 ± 4,15**	88,72 ± 0,63***	90,22 ± 0,54***
Количество бокаловидных клеток в 1 мм ² среза	0,92	0,99	0,87	85,03 ± 1,68***	97,42 ± 0,01***	75,63 ± 0,61***
Площадь крипт, мкм ²	0,83	1,00	0,94	69,70 ± 1,68***	99,83 ± 0,01***	88,94 ± 0,61***
Площадь ворсинки, мкм ²	0,02	0,24	0,41	0,03 ± 5,55	5,55 ± 5,25	16,99 ± 4,61*
Диаметр крипт, мкм	0,72	0,06	0,79	51,95 ± 2,67***	0,39 ± 5,53	63,14 ± 2,05***
Высота эпителия в криптах, мкм	0,67	0,27	0,89	44,79 ± 3,07***	7,15 ± 5,16	79,25 ± 1,15***

Примечание: ¹ значение достоверности при * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

В тоже время отмечалось существенное снижение доли влияния кросса на толщину слизистой оболочки до 14,44%, тогда как для количества бокаловидных клеток данный показатель оставался на высоком уровне ($\eta^2 = 75,63\%$).

Таким образом, фактор «кросс» оказывал значимое и динамически меняющееся влияние на морфометрические показатели стенки тощей кишки цыплят-бройлеров в ходе постнатального онтогенеза, его вклад (η^2) существенно зависел как от возраста птицы, так и от конкретного морфологического признака.

Масса тела выступает ключевым показателем эффективности птицеводства, одновременно служа интегральным критерием физиологического состояния и темпов роста птицы [30, 31]. Ее динамика тесно сопряжена с функциональным состоянием желудочно-кишечного тракта, который определяет результативность метаболических потоков и характер иммунных реакций в организме [32–34].

Колесник и др. показали, что интегральные показатели метаболического статуса, в частности индекс атерогенности и соотношение липопротеинов, могут служить объективными критериями оценки эффективности здоровьесберегающих технологий в промышленном птицеводстве [34]. Полученные в настоящем исследовании данные о кросс-специфических различиях в морфогенезе тощей кишки дополняют эти представления, указывая на генетическую обусловленность не только продуктивных, но и структурно-функциональных характеристик пищеварительной системы бройлеров.

Особое значение в реализации этих функций принадлежит тощей кишке (структурно-функциональному звену тонкой кишки), клеточные компоненты которой обеспечивают переваривание и всасывание питательных компонентов корма, регуляцию иммунных процессов, стимуляцию роста, а также реализацию кишечно-печеночной оси [32]. В связи с этим оценка морфологических характеристик тощей кишки у цыплят-бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» представляет существенный интерес для понимания механизмов формирования продуктивности и адаптационного потенциала птицы.

Результаты проведенных гистологических и морфометрических исследований выявили выраженную изменчивость структур клеточной стенки тощей кишки у бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» в ходе выращивания, позволив выделить как общие закономерности возрастного морфогенеза кишечной стенки, так и кросс-специфические особенности, потенциально значимые для оценки продуктивных качеств бройлеров [21].

К числу общих морфологических закономерностей следует отнести отсутствие патологических изменений на макроскопическом уровне у представителей обоих кроссов в 10, 21 и 32-суточном возрасте. Это свидетельствует о нормальном

базовом состоянии пищеварительного тракта в условиях промышленного выращивания. Гистоархитектоника тощей кишки на протяжении исследованного периода сохраняла типовую структурную организацию: слизистая оболочка была сформирована ворсинками и криптами, выстланная однослойным цилиндрическим эпителием с бокаловидными клетками; подслизистая основа представлена рыхлой соединительной тканью с умеренной клеточной плотностью и достаточным сосудистым компонентом. Данная картина отражает процесс формирования структур кишечной стенки при выращивании в промышленных условиях [5, 35].

Кросс-специфические различия проявлялись в ряде ключевых морфофункциональных параметров:

- Количество бокаловидных клеток. У кросса «Росс 308» на всех этапах исследования (10, 21, 32 сутки) количество бокаловидных клеток достоверно выше, чем у кросса «Смена 9» в 1,41–2,40 раза. Поскольку бокаловидные клетки продуцируют слизь, выполняющую защитную, барьерную и микробиота-модулирующую функции, а также предохраняющую эпителию от механических и химических повреждений [36, 37], более раннее и интенсивное развитие секреторного аппарата у «Росс 308» может рассматриваться как генетически обусловленная стратегия активной защиты слизистой оболочки на ранних этапах онтогенеза [35];

- Лимфоидные узелки в собственной пластинке слизистой оболочки. В 21-суточном возрасте у кросса «Росс 308» выявлено достоверно большее количество лимфоидных узелков в слизистой оболочке тощей кишки. Данный факт может указывать на более выраженную локальную иммунную реактивность и ускоренное формирование кишечного иммунитета в середине периода выращивания [14];

- Морфометрическая динамика структурных компонентов. Характер возрастной динамики морфометрических параметров имел кросс-специфичную направленность. У кросса «Смена 9» ряд показателей (толщина подслизистой основы, мышечной оболочки, площадь ворсинок и крипт) демонстрировал линейный рост (увеличение в 1,23–5,27 раза к 32-суткам). При этом толщина слизистой оболочки, диаметр крипт и высота эпителия в криптах достигали пиковых значений к 21 суткам (прирост в 1,22–4,04 раза) с последующим снижением к 32-м суткам в 1,06–2,15 раза. Такая динамика отражала возрастную вариабельность «оборота тканей» и, как следствие, изменение скорости обновления ворсинок и их всасывающей способности [38, 39]. У кросса «Росс 308» морфометрические показатели стенки тощей кишки изменялись более поступательно, без выраженного спада на завершающем этапе, что свидетельствует о более равномерном и устойчивом морфогенезе клеточных структур и потенциально более

стабильной эффективности всасывания питательных веществ.

Дисперсионный анализ подтвердил, что возраст является доминирующим фактором, определяющим изменчивость морфометрических показателей стенки тощей кишки у цыплят-бройлеров обоих кроссов. Высокие значения факториальной дисперсии (η^2) для живой массы (95,00–97,00%), площади ворсинок и крипт (95,42–98,99%), количества бокаловидных клеток (96,30–96,80%) свидетельствовали о тесной синхронизации структурного развития кишечной стенки с общим ростом и метаболической перестройкой организма. Полученные результаты согласуются с данными, представленными в работе Abdel-Kafy *et al.* [32].

При этом характер влияния возрастного фактора имел кросс-специфический профиль:

– У цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» возраст в наибольшей степени определял параметры слизистой оболочки: ее толщину, количество бокаловидных клеток, площадь крипт и ворсинок, ($\eta^2 = 95,42$ –98,99%). Развитие мышечно-подслизистого слоя менее зависело от возраста ($\eta^2 = 36,62$ –60,37%). Относительно низкая степень влияния возраста на диаметр крипт ($\eta^2 = 28,17\%$) и высоту эпителия в криптах ($\eta^2 = 38,67\%$) отражает упорядочивание структурной организации крипт в процессе роста, при котором поддержание динамического равновесия между пролиферацией и дифференциацией служит стабилизатором данных параметров [40, 41];

– У цыплят-бройлеров кросса «Росс 308» возрастной фактор оказывал сопоставимое влияние на все оболочки стенки тощей кишки ($\eta^2 = 84,49$ –98,77 %), что указывало на более сбалансированную и скоординированную динамику тканевого роста. При этом, как и у кросса «Смена 9», возраст незначительно влиял на диаметр крипт ($\eta^2 = 37,72\%$) и высоту эпителия в криптах ($\eta^2 = 51,12\%$), что обусловлено поддержанием структурного гомеостаза в процессе онтогенеза [40].

Корреляционный анализ показал, что на вариабельность морфометрических признаков стенки тощей кишки значимо влиял фактор «кросс», причем степень его вклада зависела от возраста:

– В 10 суток наибольшее влияние кросса проявилось в параметрах, отражающих секреторный и криптальный потенциал (количество бокаловидных клеток ($\eta^2 = 85,03\%$), площадь крипт ($\eta^2 = 69,70\%$). Это свидетельствовало о том, что генетические различия между кроссами на раннем этапе онтогенеза реализовывались преимущественно через формирование железисто-секреторного аппарата;

– К 21 суткам роль кросса как определяющего фактора существенно усиливалась. Фактор «кросс» практически полностью определял толщину слизистой и мышечной оболочек, количество бокаловидных клеток и площадь крипт ($\eta^2 = 88,72$ –99,83 %), что соответствовало периоду

максимальной морфологической дифференцировки;

– К 32 суткам влияние кросса на толщину слизистой оболочки снижалось до $\eta^2 = 14,44\%$, но оставалось высоким для мышечного слоя, подслизистой основы, количества бокаловидных клеток и площади крипт ($\eta^2 = 75,63$ –90,22%). Данная динамика отражала переход к стабилизации структуры кишечной стенки при сохранении генетически детерминированных различий в ее функциональных компонентах.

Наличие устойчивых межкроссовых различий подтверждалось данными по относительным отклонениям морфометрических показателей кросса «Смена 9» от кросса «Росс 308»: большинство параметров у «Смена 9» были ниже на 0,64–79,60%. Особенно были выражены различия по толщине мышечной оболочки, количеству бокаловидных клеток и площади крипт, то есть структурам, непосредственно связанным с защитной и всасывательной функциями кишечника.

Таким образом, полученные результаты подтверждали, что морфогенез тощей кишки у цыплят-бройлеров являлся сложным, генетически детерминированным процессом, динамично изменяющимся с возрастом и характеризующимся выраженными кросс-специфическими особенностями.

Полученные данные расширяют представления о постнатальном онтогенезе пищеварительной системы птиц и могут быть использованы при разработке научно обоснованных технологий выращивания бройлеров с учетом биологических особенностей конкретных кроссов.

Выводы/Conclusion

Результаты проведенных исследований позволили сформулировать следующие основные выводы:

1. Тошая кишка у цыплят-бройлеров кроссов «Смена 9» и «Росс 308» в 10-, 21- и 32-суточном возрасте сохраняет анатомическую целостность, а ее макроскопические характеристики соответствуют критерию «норма». Гистоархитектоника стенки тощей кишки характеризуется формированием типовой структурной модели: ворсинки и крипты выстланы однослойным цилиндрическим эпителием с бокаловидными клетками; подслизистая основа представлена рыхлой соединительной тканью с умеренной клеточной плотностью и достаточным сосудистым компонентом. Кросс-специфические особенности проявляются в более высоком количестве бокаловидных клеток (в 1,41–2,40 раза) и лимфоидных узелков (в 21-суточном возрасте) у кросса «Росс 308» по сравнению с кроссом «Смена 9».

2. Морфометрические показатели стенки тощей кишки изменяются с возрастом. У кросса «Смена 9» линейный рост характерен для толщины подслизистой основы и мышечной оболочки, количества бокаловидных клеток, площади ворсинок и крипт

(увеличение к 32-суткам в 1,23–5,27 раза). Толщина слизистой оболочки, диаметр крипт и высота эпителия в криптах достигают максимума к 21 суткам, возрастая в 1,22–4,04 раза, а затем снижаются к 32 суткам в 1,06–2,15 раза. У кросса «Росс 308» поступательная динамика прослеживается для толщины слизистой оболочки и подслизистой основы, количества бокаловидных клеток и площади ворсинок (прирост в 1,72–5,61 раза). В 21-суточном возрасте наблюдаются локальные экстремумы: в виде максимума для толщины мышечной оболочки и площади крипт; в виде минимума для диаметра крипт и высоты эпителия в криптах; при этом колебания параметров находятся в пределах от 10,51 и до 35,72%.

3. Возраст выступает доминирующим фактором изменчивости большинства морфометрических параметров стенки тощей кишки как у кросса «Смена 9», так и у кросса «Росс 308» ($\eta^2 = 84,49-98,99\%$). Исключение составляют диаметр крипт и высота эпителия в криптах

($\eta^2 = 28,17-51,12\%$), что отражает их относительную структурную стабильность в ходе выращивания птицы. Влияние фактора «кросс» на изменчивость морфометрических показателей зависит от возраста цыплят-бройлеров у обоих кроссов и определяет формирование секреторного и криптального потенциала стенки тощей кишки.

Выявленные закономерности подтверждают наличие генетически обусловленных различий в темпах и направленности морфогенеза тощей кишки у исследованных кроссов. Данные различия проявляются в этапности формирования тканевых компонентов, специфике развития железистого и защитного аппаратов, а также в особенностях структурной перестройки стенки кишки в ходе постнатального онтогенеза. Полученные данные могут стать основой для дальнейших работ, направленных на совершенствование кормовых программ и повышение эффективности производства мяса бройлеров.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Исследования выполнены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2025 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение № 26-16-20003 от 12.05.2026 г.).

FUNDING:

The research was carried out within the framework of the Russian Science Foundation's 2025 regional competition "Conducting fundamental scientific research and Exploratory scientific research by individual scientific groups" (Agreement №. 26-16-20003 dated 12.05.2026).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веретенникова М.А., Дерхо М.А. Оценка влияния роста регулирующих гормонов на массу тела цыплят-бройлеров. *Генетика и разведение животных*. 2025; (2): 55–60. EDN GHYPJL
2. Косилов В.И., Юлдашбаев Ю.А., Ермолова Е.М., Ермолов С.М., Неверова О.П., Долгая М.Н. Влияние сорбента и пробиотика на продуктивность цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2025; (2): 108–114. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-108-114>
3. Крючков И.А., Никишов А.А. Влияние белкового концентрата из личинок черной львинки *Hermetia illucens* на продуктивные показатели цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2025; (4): 108–112. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-108-112>
4. Дысин А.П., Баркова О.Ю. Молекулярно-генетические и эпигенетические механизмы регуляции мясной продуктивности у кур: современные данные об эпигенетических, метаболических и породных особенностях. *Аграрная наука*. 2025; (10): 142–158. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-142-158>
5. Понкратова Т.Ю., Мелешков С.Ф., Сидорова Д.Г. Морфометрическая характеристика тощей и подвздошной кишки цыплят-бройлеров кросса РОСС 308 через 30 и 40 суток постнатального периода в норме и при добавлении в рацион послеспиртовой сухой барды. *В мире научных открытий*. 2018; 10(5): 74–87. <https://doi.org/10.12731/wsd-2018-5-74-87>
6. Загарин А.Ю., Селионова М.И., Беляева Н.П., Лысенко Ю.А., Куликов Е.И., Жевнеров А.В. Здоровье кишечника цыплят-бройлеров при использовании в кормлении фитогенной композиции. *Аграрная наука*. 2026; (8): 95–104. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-409-08-95-104>
7. Калашников М.В. Оценка антагонистической активности и антибиотикочувствительности штаммов *Bacillus mojavensis*, выделенных из кишечника цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2026; (8): 43–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-409-08-43-52>
8. Мифтахутдинов А.В., Ноговицина Е.А., Аментьева Е.В., Шакирова Ю.С. Изучение отдельных морфометрических особенностей стенки тонкой кишки у цыплят-бройлеров в условиях технологических стрессов в промышленном птицеводстве и на фоне их фармакологической профилактики. *Аграрная наука*. 2025; (10): 8–16. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16>
9. Шаповалов С.О., Буряков Н.П., Корнилова Е.В., Жевнеров А.В., Алтухов Т.Д., Аникина Д.С. Мониторинг качества инкубационного яйца мясных кроссов импортного и отечественного производства. *Аграрная наука*. 2024; (12): 89–97. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97>
10. Березова К.А., Никанова Д.А., Артемьева О.А., Колодина Е.Н., Довыденкова М.В. Влияние дрожжей *Rhodotorula mucilaginosa* на микробиоценоз и продуктивность цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2026; (5): 72–80. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-406-05-72-80>

REFERENCES

1. Veretennikova M., Derkho M. Assessment of the effect of growth regulating hormones on body weight broiler chickens. *Genetics and breeding of animals*. 2025; (2): 55–60 (in Russian). EDN GHYPJL
2. Kosilov V.I., Yuldashbaev Yu.A., Ermolova E.M., Ermolov S.M., Neverova O.P., Dolgaya M.N. The effect of sorbent and probiotic on the productivity of broiler chickens. *Agrarian science*. 2025; (2): 108–114 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-108-114>
3. Kryuchkov I.A., Nikisov A.A. Effect of protein concentrate from black soldier fly *Hermetia illucens* larvae on the productive performance of broiler chickens. *Agrarian science*. 2025; (4): 108–112 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-393-04-108-112>
4. Dysin A.P., Barkova O.Yu. Molecular genetic and epigenetic mechanisms of regulation of meat productivity in chickens: recent findings on epigenetic, metabolic and breed features. *Agrarian science*. 2025; (10): 142–158 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-142-158>
5. Ponkratova T.Yu., Meleshkov S.F., Sidorova D.G. Morphometric characteristics of the duodenum of broiler chickens ROSS 308 after 30 and 40 days of postnatal ontogenesis in norm and when you add in the diet of dry grain distillery stillage. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2018; 10(5): 74–87 (in Russian). <https://doi.org/10.12731/wsd-2018-5-74-87>
6. Zagarin A.Yu., Selionova M.I., Belyaeva N.P., Lysenko Yu.A., Kulikov E.I., Zhevnerov A.V. The health of broiler chickens' intestines when using a phytogetic composition in their diet. *Agrarian science*. 2026; (8): 95–104 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-409-08-95-104>
7. Kalashnikov M.V. Evaluation of antagonistic activity and antibiotic susceptibility of *Bacillus mojavensis* strains isolated from the intestines of broiler chickens. *Agrarian science*. 2026; (8): 43–52 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-409-08-43-52>
8. Miftakhutdinov A.V., Nogovitsina E.A., Akentieva E.V., Shakirova Yu.S. Study of individual morphometric features of the small intestine wall in broiler chickens under conditions of technological stress in industrial poultry farming and against the background of their pharmacological prevention. *Agrarian science*. 2025; (10): 8–16 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16>
9. Shapovalov S.O., Buryakov N.P., Kornilova E.V., Zhevnerov A.V., Altukhov T.D., Anikina D.S. Monitoring the quality of incubation eggs of meat crosses of imported and domestic production. *Agrarian science*. 2024; (12): 89–97 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-89-97>
10. Berezova K.A., Nikanova D.A., Artemyeva O.A., Kolodina E.N., Dovydenkova M.V. Influence of *Rhodotorula mucilaginosa* yeast on the microbiocenosis and productive qualities of broiler chickens. *Agrarian science*. 2026; (5): 72–80 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-406-05-72-80>

11. Йылдырым Е.А. и др. L-карнитин-индуцированные изменения в профиле экспрессии ключевых генов у цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» с учетом половых различий. *Аграрная наука*. 2025; (10): 81–90. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-81-90>
12. Йылдырым Е.А. и др. Влияние различных источников аминокислот на состав кишечной микрофлоры мясных кур и петухов родительского стада кросса «Смена 9». *Аграрная наука*. 2024; (2): 53–60. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-53-60>
13. Йылдырым Е.А. и др. Влияние различных форм лизина и метионина в рационе бройлеров на профиль транскрипции ключевых генов. *Аграрная наука*. 2025; (2): 87–94. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-87-94>
14. Матвеев О.А., Торшков А.А. Гистоархитектоника кишечника цыплят-бройлеров в постинкубационном онтогенезе. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (5): 188–191. EDN BUWVKW
15. Hundam S., Al-Zghoul M.B., Almaasfeh M. The impact of embryonic thermal manipulation on the microbiome of the jejunum and cecum in response to post-hatch acute heat stress. *Poultry Science*. 2026; 105(1): 106212. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106212>
16. Lema I., Araújo J.R., Rolhion N., Demignot S. Jejunum: The understudied meeting place of dietary lipids and the microbiota. *Biochimie*. 2020; 178: 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.09.007>
17. Abdel-Kafy E.M. et al. Gut Microbiota, Intestinal Morphometric Characteristics, and Gene Expression in Relation to the Growth Performance of Chickens. *Animals*. 2022; 12(24): 3474. <https://doi.org/10.3390/ani12243474>
18. Харитоник Д.Н., Тумилович Г.А. Морфофункциональные изменения в организме молодняка крупного рогатого скота и птицы на фоне применения минерально-витаминных и пробиотических препаратов. Гродно: ГГАУ. 2019; 220. ISBN 978-985-537-146-6
19. Дроздова Л.И., Новикова М.В., Лебедева И.А., Кундюкова У.И. Оценка влияния антибактериальных и пробиотических препаратов на морфологические изменения в организме цыплят-бройлеров. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2022; 60: 68–74. EDN JHBFSA
20. Черепанова Н.Г. и др. Гистология кишечной стенки цыплят-бройлеров при использовании различных биодобавок. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019; (1): 98–112. EDN WKPSDD
21. Бытов М.В. и др. Возрастные особенности морфологических изменений кишечника кур и экспрессии SOD1. *Птицеводство*. 2026; (2): 28–35. EDN VMTNEQ
22. Дроздова Л.И., Лебедева И.А., Брекоткина Н.В., Хамитов М.Р., Бадов М.Д. Морфологические изменения в поджелудочной железе у цыплят-бройлеров под влиянием кормовой добавки, содержащей метаболиты *Bacillus subtilis*. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2025; 119: 260–267. EDN TYHUUN
23. Дроздова Л.И., Красноперов А.С., Опарина О.Ю., Малков С.В., Белоусов А.И., Черницкий А.Е. Влияние композиции гепатопротективного действия на биохимические и морфоструктурные изменения в организме кур-несушек при тепловом стрессе. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024; (4): 61–66. <https://doi.org/10.31857/S2500262724040113>
24. Рассказова Е.Д., Семенютин В.В., Еременко В.И. Интенсивность роста, микробиоценоз кишечника и строение иммунокомпетентных органов цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки «Нуфокер Р». *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2025; (4): 120–126. EDN CVIDHJ
25. Онищук А.А., Семененко М.П., Железнякова К.А., Лагунина Н.А. Гистоструктура органов цыплят-бройлеров при длительном применении кормовой добавки Лозекорм. *Сборник научных трудов КНЦЗВ*. 2025; 14(1): 299–302. <https://doi.org/10.48612/sbornik-2025-1-71>
26. Мизhevikina Ю.А., Мизhevikina А.С., Царева О.Ю., Зякор Я.Е. Микроморфометрические изменения в кишечнике цыплят-бройлеров при применении кормовой добавки. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2025; (6): 189–194. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2025-116-6-189-194>
27. Chen F. et al. Deoxynivalenol-induced pyroptosis and autophagy inhibition collectively promote inflammatory injury in the glandular stomach of chicken embryos. *Poultry Science*. 2025; 104(5): 105052. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105052>
28. Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Функциональные морфоденситометрические параметры хроматина ядра и цитоплазмы эритроцитов и эритроцитов птиц в постэмбриональном онтогенезе. *Аграрный вестник Урала*. 2024; 24(1): 59–85. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-01-59-85>
29. Гриценко С.А., Белоусова О.В., Ребезов М.Б., Видякин Ю.Ю. Показатели убоя и химического состава мяса товарного молодняка птицы в зависимости от живой массы в суточном возрасте. *Аграрная наука*. 2023; (11): 82–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87>
30. Колесник Е.А., Дерхо М.А. К вопросу об адаптационном гомеостазе животных в модели организма бройлерных кур в технологической среде жизнедеятельности. *АПК России*. 2016; 23(5): 1011–1015. EDN XEPBFL
31. Колесник Е.А., Дерхо М.А. Оценка интенсивности обмена веществ и прироста массы тела у цыплят-бройлеров по липопротеиновому индексу. *Ветеринария*. 2014; (7): 47–51. EDN SKOLBZ
32. Abdel-Kafy E.-S.M. et al. Integrated transcriptome analysis of jejunum and liver to identify key genes and pathways associated with body weight in chickens. *Scientific Reports*. 2026; 16: 3477. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-34620-0>
33. Bertocchi M. et al. Exploring Differential Transcriptome between Jejunal and Cecal Tissue of Broiler Chickens. *Animals*. 2019; 9(5): 221. <https://doi.org/10.3390/ani9050221>
34. Колесник Е.А., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Мамилина Н.В. Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий. *Аграрный вестник Урала*. 2024; 24(11): 1459–1475. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475>
35. Понкратова Т.Ю., Мелешков С.Ф., Барашкова С.А. Морфология двенадцатиперстной кишки цыплят-бройлеров кросса РОСС 308 в раннем постнатальном онтогенезе. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2023; (3): 142–150. EDN YEDECX
51. Yildirim E.A. et al. L-carnitine-induced changes in the expression profile of key genes in broiler chickens of the "Smena 9" cross, taking into account sex differences. *Agrarian science*. 2025; (10): 81–90 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-81-90>
52. Yildirim E.A. et al. Influence of various sources of amino acids on composition of intestinal microflora of meat chickens and roosters of parent herd of cross "Smena 9". *Agrarian science*. 2024; (2): 53–60 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-53-60>
53. Yildirim E.A. et al. Effect of different forms of lysine and methionine in broiler diets on the key genes transcriptional profile. *Agrarian science*. 2025; (2): 87–94 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-391-02-87-94>
54. Matveev O.A., Torshkov A.A. Histoarchitectonics of the broiler chickens intestine in the post-incubation ontogenesis. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (5): 188–191 (in Russian). EDN BUWVKW
55. Hundam S., Al-Zghoul M.B., Almaasfeh M. The impact of embryonic thermal manipulation on the microbiome of the jejunum and cecum in response to post-hatch acute heat stress. *Poultry Science*. 2026; 105(1): 106212. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106212>
56. Lema I., Araújo J.R., Rolhion N., Demignot S. Jejunum: The understudied meeting place of dietary lipids and the microbiota. *Biochimie*. 2020; 178: 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.09.007>
57. Abdel-Kafy E.M. et al. Gut Microbiota, Intestinal Morphometric Characteristics, and Gene Expression in Relation to the Growth Performance of Chickens. *Animals*. 2022; 12(24): 3474. <https://doi.org/10.3390/ani12243474>
58. Kharitonik D.N., Tumilovich G.A. Morphofunctional changes in the body of young cattle and poultry against the background of using mineral-vitamin and probiotic preparations. Grodno: Grodno State Agrarian University. 2019; 220 (in Russian). ISBN 978-985-537-146-6
59. Drozdova L.I., Novikova M.V., Lebedeva I.A., Kundryukova U.I. Evaluation of the effect of antibacterial and probiotic drugs on morphological changes in the body of broiler chickens. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2022; 60: 68–74 (in Russian). EDN JHBFSA
60. Cherepanova N.G. et al. Intestinal wall histology of broiler chickens fed with different supplements. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2019; (1): 98–112 (in Russian). EDN WKPSDD
61. Bytov M.V. et al. Age related alterations in the intestinal histomorphology and expression of SOD1 in laying hens. *Pitisevodstvo*. 2026; (2): 28–35 (in Russian). EDN VMTNEQ
62. Drozdova L.I., Lebedeva I.A., Brekotkina N.V., Khamitov M.R., Badov M.D. Morphological changes in the broiler chickens pancreas under the influence of a feed additive containing metabolites of *Bacillus subtilis*. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2025; 119: 260–267 (in Russian). EDN TYHUUN
63. Drozdova L.I., Krasnoperov A.S., Oparina O.Yu., Malkov S.V., Belousov A.I., Chernitskiy A.E. The effect of the composition of hepatoprotective action on biochemical and morphostructural changes in the body of laying hens under thermal stress. *Russian Agricultural Sciences*. 2024; (4): 61–66 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262724040113>
64. Rasskazova E.D., Semenutyn V.V., Eremenko V.I. Growth rate, intestinal microbiocenosis, and structure of immunocompetent organs of broiler chickens when using the feed additive "Nufoker R". *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2025; (4): 120–126 (in Russian). EDN CVIDHJ
65. Onischuk A.A., Semenenko M.P., Zheleznyakova K.A., Lagunina N.A. Histostructure of organs of broiler chickens with long-term use of the feed additive of Lozekorm. *Collection of Scientific Papers of KRCAHVM*. 2025; 14(1): 299–302 (in Russian). <https://doi.org/10.48612/sbornik-2025-1-71>
66. Mizhevikina Yu.A., Mizhevikina A.S., Tsareva O.Yu., Zyakhor Ya.E. Micromorphometric changes in the intestines of broiler chickens with the use of a feed additive. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2025; (6): 189–194 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2025-116-6-189-194>
67. Chen F. et al. Deoxynivalenol-induced pyroptosis and autophagy inhibition collectively promote inflammatory injury in the glandular stomach of chicken embryos. *Poultry Science*. 2025; 104(5): 105052. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105052>
68. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B. Functional morpho-densitometric parameters of chromatin of the nucleus and cytoplasm of erythroblasts and red blood cells of birds in postembryonic ontogenesis. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24(1): 59–85 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-01-59-85>
69. Gritsenko S.A., Belookova O.V., Rebezov M.B., Vidyakin Yu.Yu. Indicators of slaughter and chemical composition of meat of commercial young meat poultry depending on live weight at daily age. *Agrarian science*. 2023; (11): 82–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87>
70. Kolesnik E.A., Derkho M.A. To the issue of animal adaptive homeostasis in the model of broiler chicken organism in the technological living environment. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2016; 23(5): 1011–1015 (in Russian). EDN XEPBFL
71. Kolesnik E.A., Derho M.A. Estimation of intensity of metabolism and body weight gain in broiler chickens by lipoprotein index. *Veterinary*. 2014; (7): 47–51 (in Russian). EDN SKOLBZ
72. Abdel-Kafy E.-S.M. et al. Integrated transcriptome analysis of jejunum and liver to identify key genes and pathways associated with body weight in chickens. *Scientific Reports*. 2026; 16: 3477. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-34620-0>
73. Bertocchi M. et al. Exploring Differential Transcriptome between Jejunal and Cecal Tissue of Broiler Chickens. *Animals*. 2019; 9(5): 221. <https://doi.org/10.3390/ani9050221>
74. Kolesnik E.A., Derkho M.A., Rebezov M.B., Mamilina N.V. Atherogenicity index, ratio of lipoproteins, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor of health-saving technologies. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24(11): 1459–1475 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475>
75. Ponkratova T.Yu., Meleshkov S.F., Barashkova S.A. Morphology of the duodenum of broiler chickens of ROSS 308 cross in early postnatal ontogenesis. *Vestnik of Omsk SAU*. 2023; (3): 142–150 (in Russian). EDN YEDECX

36. Yang S., Liu H., Liu Y. Advances in intestinal epithelium and gut microbiota interaction. *Frontiers in Microbiology*. 2025; 16: 1499202. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1499202>

37. Raya Tonetti F., Eguileor A., Llorente C. Goblet cells: guardians of gut immunity and their role in gastrointestinal diseases. *eGastroenterology*. 2024; 2(3): e100098. <https://doi.org/10.1136/egastro-2024-100098>

38. Gong H.Z. *et al.* Effects of laying breeder hens dietary β -carotene, curcumin, allicin, and sodium butyrate supplementation on the growth performance, immunity, and jejunum morphology of their offspring chicks. *Poultry Science*. 2020; 99(1): 151–162. <https://doi.org/10.3382/ps/pez584>

39. Nyström E.E.L. *et al.* An intercrypt subpopulation of goblet cells is essential for colonic mucus barrier function. *Science*. 2021; 372(6539): eabb1590. <https://doi.org/10.1126/science.abb1590>

40. Ахриева Х.М., Тертычный А.С., Пачуашвили Н.В., Урусова Л.С. Характеристика крипт слизистой оболочки толстой кишки при воспалительных заболеваниях кишечника. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье*. 2024; 14(3): 42–50. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.3.MORPH.4>

41. Головченко Т.С., Лемешенко В.В. Динамика структуры стенки тонкого кишечника у перепелов породы Фараон в постнатальном периоде онтогенеза. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2024; 38: 240–248. EDN JFQOZD

ОБ АВТОРАХ

Марина Аркадьевна Дерхо¹

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Светлана Анатольевна Гриценко¹

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой птицеводства, зоотехнии и технологий АПК
zf.usavm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2334-4925>

Павел Валерьевич Бурков¹

кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник
burcovpavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

Максим Борисович Ребезов²

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник
m.rebezov@fncps.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Богдан Романович Чильчагов¹

аспирант
soskalu@mail.ru

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия

²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

36. Yang S., Liu H., Liu Y. Advances in intestinal epithelium and gut microbiota interaction. *Frontiers in Microbiology*. 2025; 16: 1499202. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1499202>

37. Raya Tonetti F., Eguileor A., Llorente C. Goblet cells: guardians of gut immunity and their role in gastrointestinal diseases. *eGastroenterology*. 2024; 2(3): e100098. <https://doi.org/10.1136/egastro-2024-100098>

38. Gong H.Z. *et al.* Effects of laying breeder hens dietary β -carotene, curcumin, allicin, and sodium butyrate supplementation on the growth performance, immunity, and jejunum morphology of their offspring chicks. *Poultry Science*. 2020; 99(1): 151–162. <https://doi.org/10.3382/ps/pez584>

39. Nyström E.E.L. *et al.* An intercrypt subpopulation of goblet cells is essential for colonic mucus barrier function. *Science*. 2021; 372(6539): eabb1590. <https://doi.org/10.1126/science.abb1590>

40. Akhrieva Kh.M., Tertychnyy A.S., Pachushvili N.V., Urusova L.S. Characteristics of the colonic crypts in inflammatory bowel diseases. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (Rehabilitation, Doctor and Health)*. 2024; 14(3): 42–50 (in Russian). <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.3.MORPH.4>

41. Golovchenko T.S., Lemeshchenko V.V. The small intestine wall structure dynamics of the Pharaon breed quails in the postnatal period of ontogenesis. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2024; 38: 240–248 (in Russian). EDN JFQOZD

ABOUT THE AUTHORS

Marina Arkadyevna Derkho¹

Doctor of Biological Sciences, professor, Head of the Department of Natural Sciences Disciplines
E-mail: derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Svetlana Anatolyevna Gritsenko¹

Doctor of Biological Sciences, professor, Head of the Department of Poultry Farming, Animal Science, and Agricultural Technology
zf.usavm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2334-4925>

Pavel Valerievich Burkov¹

Candidate of Veterinary Sciences, senior research fellow
burcovpavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

Maksim Borisovich Rebezov²

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher
m.rebezov@fncps.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Bogdan Romanovich Chilchagov¹

Graduate student
soskalu@mail.ru

¹South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin st., Troitsk, 457103, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin st., Moscow, 109316, Russia