

Гистоморфометрические особенности железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 в период выращивания

М. А. Дерхо¹✉, С. А. Гриценко¹, П. В. Бурков¹, Ю. В. Матросова¹, М. Б. Ребезов²

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

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

✉E-mail: derkho2010@yandex.ru

Аннотация. Актуальность. Сведения о гистоморфологических особенностях желудка птиц фрагментарны и недостаточно детализированы в отношении возрастной динамики и межкроссовых различий. При этом они являются основополагающими при разработке подходов к повышению продуктивности птицы, что определяет актуальность их изучения. **Методы.** Объект исследования – цыплята-бройлеры кроссов Смена 9 и Росс 308 в периоды промышленного выращивания. Материал исследования – железистый и мышечный отделы желудка 10-, 21- и 32-суточных цыплят, морфогенез которых оценен при помощи гистологических, морфометрических и статистических методов. **Научная новизна.** Впервые проведена комплексная сравнительная гистоморфометрическая оценка желудка бройлеров двух кроссов в критические возрастные точки с количественным определением вклада возрастного и генетического факторов в изменчивость структурных параметров. **Результаты.** Траектория морфогенеза желудка у цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308, формирующаяся на фоне сопоставимого прироста живой массы, сопряжена с кроссовым фактором. Типовая гистоархитектоника отделов желудка сохраняется в период выращивания, возрастные изменения носят преимущественно количественный характер. Межкроссовые морфометрические различия проявляются уже в 10-суточном возрасте. У кросса Росс 308 с возрастом сбалансированно изменяются структурные компоненты железистого и мышечного отделов желудка на фоне усиления секреторного компонента; у кросса Смена 9 на ранних этапах выращивания приоритетно развитие железистого отдела, а на более поздних – лимфоидной ткани при отставании формирования кутикулы. Статистический анализ подтвердил доминирующую роль возраста как фактора изменчивости морфометрических показателей ($\eta^2 > 80...99\%$, $\eta = 0,63...1,00$; $p \leq 0,001$). Значимость фактора «кросс» возрастает к 21–32 суткам выращивания. Симметричность распределения данных обосновывает применение параметрических методов анализа и использование средних значений как репрезентативных характеристик выборок. Установленные различия в траекториях морфогенеза у кроссов Смена 9 и Росс 308 позволяют рассматривать морфометрические показатели как объективные маркеры функциональной зрелости и адаптационного потенциала органа.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, железистый и мышечный желудок, кросс, возраст, гистология, морфометрия, статистические взаимосвязи

Благодарности. 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).

Для цитирования: Дерхо М. А., Гриценко С. А., Бурков П. В., Матросова Ю. В., Ребезов М. Б. Гистоморфометрические особенности железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 в период выращивания // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 09. С. 1675–1703. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-09-1675-1703>.

Дата поступления статьи: 07.06.2026, **дата рецензирования:** 04.07.2026, **дата принятия:** 05.08.2026.

Histomorphometric features of the glandular and muscular sections of the stomach of broiler chickens of the Smena 9 and Ross 308 crosses during the rearing period

M. A. Derkho¹✉, S. A. Gritsenko¹, P. V. Burkov¹, Yu. V. Matrosova¹, M. B. Rebezov²

¹ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

² Gorbатов Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

✉ E-mail: derkho2010@yandex.ru

Abstract. Relevance. Information about the histomorphological features of the stomach of birds is fragmentary and insufficiently detailed in relation to age dynamics and cross-border differences. At the same time, they are fundamental in the development of approaches to increasing poultry productivity, which determines the relevance of their study. **Methods.** The object of the study is broiler chickens of the Smena 9 and Ross 308 crosses during periods of industrial cultivation. The study material includes the glandular and muscular sections of the stomach of 10-, 21-, and 32-days-old chicks, whose morphogenesis was assessed using histological, morphometric, and statistical methods. **Scientific novelty.** For the first time, a comprehensive comparative histomorphometric assessment of the stomach of broilers of two crosses was performed at critical age points with quantitative determination of the contribution of age and genetic factors to the variability of structural parameters. **Results.** The trajectory of stomach morphogenesis in broiler chickens of the Smena 9 and Ross 308 crosses, which is formed against the background of a comparable increase in live weight, is associated with a crossover factor. The typical histo-architectonics of the stomach sections is preserved during rearing, age-related changes are mainly quantitative in nature. Intercrossal morphometric differences appear as early as 10 days of age. In the Ross 308 cross, the structural components of the glandular and muscular sections of the stomach change in a balanced manner with age, while the secretory component increases.; In the Smena 9 cross, the development of the glandular department is prioritized in the early stages of cultivation, and in the later stages – the lymphoid tissue with lagging cuticle formation. Statistical analysis confirmed the dominant role of age as a factor in the variability of morphometric parameters ($\eta^2 > 80...99\%$, $\eta = 0,63...1,00$; $p \leq 0,001$). The importance of the “cross” factor increases by 21–32 days of cultivation. The symmetry of the data distribution justifies the use of parametric analysis methods and the use of averages as representative characteristics of samples. The established differences in morphogenesis trajectories in the Smena 9 and Ross 308 crosses allow us to consider morphometric indicators as objective markers of functional maturity and adaptive potential of an organ.

Keywords: broiler chickens, glandular and muscular stomach, cross, age, histology, morphometry, statistical relationships

Acknowledgements. 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 No. 26-16-20003 dated 12.05.2026).

For citation: Derkho M. A., Gritsenko S. A., Burkov P. V., Matrosova Yu. V., Rebezov M. B. Histomorphometric features of the glandular and muscular sections of the stomach of broiler chickens of the Smena 9 and Ross 308 crosses during the rearing period. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (09): 1675–1703. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-09-1675-1703>.

Date of paper submission: 07.06.2026, **date of review:** 04.07.2026, **date of acceptance:** 05.08.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях промышленного выращивания цыплят-бройлеров показатели продуктивности птицы напрямую сопряжены с механизмами поддержания энергетического гомеостаза, среди которых базовым является потребление корма и преобразование его компонентов в субстраты метаболизма по-

средством функций желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) [1–5].

При этом интенсивность метаболических процессов и скорость роста бройлеров как результат покрытия энергозатрат на единицу массы тела зависят от возрастных особенностей становления функций пищеварительной системы [6–9], опреде-

ляя эффективность переваривания и скорость подготовки компонентов корма к всасыванию.

Хотя общая структура органов ЖКТ сохраняется в ходе постнатального онтогенеза, а их морфология и гистология обладают значительным сходством, но она варьирует не только между видами птиц, но и в пределах одного вида [10–13], в частности, и у цыплят-бройлеров разных кроссов. Данные различия обусловлены генетическими особенностями кроссов, спецификой кормовых рационов, а также технологическими условиями выращивания, определяющими уровень энергетических затрат и характер адаптационных процессов [14–16]. При этом изменения происходят как на уровне отдельных органов, так и их участков, определяя возможность выполнения специализированных функций по пищеварению и усвоению компонентов корма [17].

Основой данных изменений служат возрастные особенности структуры эпителия и наличие органоспецифичных типов эпителиальных клеток, благодаря которым обеспечивается «региональность» процессов пищеварения и всасывания [18]. Особое место в функционировании ЖКТ цыплят-бройлеров, как и других птиц, занимает желудок – орган, обеспечивающий комплексную подготовку корма к дальнейшему пищеварению [19; 20]. При этом он состоит из двух морфологически и физиологически обособленных отделов: железистого, обеспечивающего химическую обработку корма за счет секреции пищеварительных ферментов, и мышечного, выполняющего механическую переработку и регулирующего скорость и полноту подготовки корма к дальнейшему перевариванию в нижележащих отделах ЖКТ [21; 22]. Сложность структурной организации желудка служит проявлением морфологической и физиологической адаптации органа к специфике кормления птиц, позволяя организму обеспечивать процесс пищеварения [23; 24]. При этом гистоморфологические характеристики желудка, включая толщину мышечного слоя, плотность железистого эпителия, соотношение структурных компонентов стенки органа, являются объективными показателями морфофункциональной адаптации бройлерной птицы к условиям кормления и выращивания. Данные параметры могут существенно варьировать в зависимости от возраста, технологических условий и, что особенно важно, генетических особенностей кросса [22; 23].

Поскольку современные мясные кроссы (включая отечественные линии, например Смена 9, и зарубежные, например Росс-308) характеризуются различными темпами роста, особенностями метаболизма и требованиями к кормлению. Различия в генетической программе роста потенциально обуславливают неодинаковые адаптационные изменения в структуре органов пищеварения [24; 25], в частности, в гистоархитектонике железистого и

мышечного отделов желудка. При этом сравнительные данные по гистоморфологическим особенностям желудка у бройлеров разных кроссов в условиях промышленной технологии выращивания в литературе представлены фрагментарно.

Исследования в данном направлении обуславливают возможность использования выявленных морфологических параметров как критериев оценки адаптационного потенциала кроссов, а также для научно обоснованной корректировки рационов и технологических режимов выращивания. Кроме того, установление связи между структурными характеристиками желудка и динамикой прироста массы тела позволит выявить морфологические маркеры, отражающие эффективность реализации генетического потенциала птицы в конкретных производственных условиях.

Таким образом, сравнительная возрастная оценка гистоморфологических особенностей желудка у цыплят-бройлеров разных кроссов в условиях промышленного выращивания является актуальной задачей как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения, позволяя по-новому взглянуть на физиологичность реакции организма на технологические параметры [25–28].

Цель исследования – провести сравнительную оценку гистоморфологических характеристик железистого и мышечного отделов желудка у цыплят-бройлеров разных кроссов в условиях промышленного выращивания, а также установить взаимосвязь между выявленными морфологическими параметрами с динамикой прироста массы тела птицы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования выполнены в 2026 году на ООО «Магнитогорский птицеводческий комплекс» (Челябинская область, Россия).

Объектом исследования являлись цыплята-бройлеры финальных гибридов кроссов Росс 308 и Смена 9, выращиваемые в условиях клеточного содержания при нормируемых технологических условиях и использовании общепринятой лечебно-профилактической схемы.

Длительность периода выращивания составила 38 суток. Кормление цыплят-бройлеров осуществлялось готовыми сухими комбикормами, производимыми на комбикормовом заводе предприятия по четырем рецептурам. Рационы включали стартовый (ПК 5), ростовые (ПК 5-2, ПК 6-1) и финишный (ПК 6-2) комбикорма, питательная ценность которых соответствовала кормовой программе предприятия.

В конце отдельных фаз кормления (в возрасте 10, 21 и 32 суток) проводили клинико-диагностическое вскрытие птицы ($n = 10$ для каждого кросса и возрастной точки). В ходе вскрытия осуществляли забор образцов для гистоморфологических исследований – фрагменты железистого и мышечного отделов желудка объемом около 1 см³, отобранные

из однотипных анатомических участков для обеспечения сопоставимости данных.

Протокол подготовки образцов был ориентирован на максимальное сохранение прижизненной морфологической структуры ткани и включал следующие этапы [29]:

1. Фиксация. Образцы фиксировали в 10-процентном нейтральном забуференном растворе формалина в течение 24 часов для остановки аутолиза и стабилизации тканевой структуры.

2. Промывка. Ее проводили в проточной воде в течение 1 часа с целью удаления избытка фиксирующего агента.

3. Проводка. Операция предусматривала поэтапное обезвоживание фрагментов органов в спиртах возрастающей концентрации (70, 80 и 96 %) с экспозицией в каждом растворе 4 часа. Далее материал подвергали пересушиванию в смеси спирта и хлороформа (1 : 1) в течение 1 часа, затем в чистом хлороформе 2 часа.

4. Заливка в парафин. Пропитку материала проводили в смеси хлороформа и парафина при температуре 37 °С в течение 1 часа, после чего выполняли пропитку двумя порциями расплавленного парафина при 56 °С (по 45 минут каждая) с последующим формированием парафиновых блоков.

5. Нарезка срезов. Из парафиновых блоков изготавливали серийные срезы толщиной 5–6 мкм. Стандартизацию толщины срезов обеспечивали при помощи санного микротомы MC-2 (Россия).

6. Депарафинизация. Перед окрашиванием парафин удаляли путем экспозиции срезов в ксилоле в течение 2 минут. Остаточные количества ксилола удаляли обработкой 96-процентным этиловым спиртом (экспозиция 2 минуты), далее препараты промывали дистиллированной водой.

7. Окрашивание. Срезы окрашивали гематоксилином и эозином: наносили гематоксин с экспозицией 2–3 минуты, затем проводили промывку водой в течение 5–10 минут, после чего наносили эозин (экспозиция 1 минута) с последующей промывкой водой.

8. Обезвоживание, просветление и заключение препарата. После окрашивания препараты обезвоживали в двух порциях 96-процентного спирта (по 1 минуте), затем окончательно в 100-процентном спирте (1 минута). Просветление срезов осуществлялось в ксилоле (2 минуты). На последнем этапе окрашенные препараты заключали в канадский бальзам и накрывали покровным стеклом.

Микроскопическое исследование срезов проводили при различных увеличениях ($\times 100$; $\times 200$). Фотодокументирование осуществляли с использованием микроскопа Leica DMRXA (Германия) и цифровой камеры Leica DFC 290 (Германия), сопряженной с персональным компьютером. Морфометрическую обработку цифровых изображений

выполняли с применением программного обеспечения ImageScore S (Системы для Микроскопии и Анализа, Россия), позволяющего выполнять калибровку по шкале, использовать инструменты измерения, экспортировать результаты [30].

Статистический анализ включал расчет следующих показателей: среднего арифметического ($\bar{X}$), ошибки среднего ($\pm m$), коэффициента вариации (Cv), медианы (Me) и моды (Mo). Для межгрупповых сравнений (по возрастным группам и между кроссами) применяли t -критерий Стьюдента (td) 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 вариативности, 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).

Результаты (Results)

Установлено, что у цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 в период с 10-х по 32-е сутки выращивания происходит закономерное увеличение живой массы в 6,38 и 6,62 раза ($p \leq 0,001$) соответственно, что свидетельствует о сопоставимой динамике роста и наличии у обоих кроссов генетического потенциала к проявлению продуктивных качеств. Основой интенсивного роста птиц является обеспечение обменных процессов пластическими и энергетическими субстратами; ключевую роль в покрытии этих затрат играют органы пищеварения, обеспечивающие трансформацию питательных веществ корма в метаболически доступные формы [6; 7; 9].

Одним из основных органов пищеварения является желудок, который благодаря двухкамерному строению у птиц обеспечивает механическую подготовку и химическое расщепление компонентов корма, подготавливая его к усвоению в кишечнике [22; 31; 32]. При этом в условиях интенсивного птицеводства желудок птиц, как и другие органы ЖКТ, испытывает повышенную метаболическую нагрузку, что отражается на его возрастных гистоморфологических изменениях [33].

У цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 гистологическое строение слизистых оболочек железистого и мышечного отделов желудка зависело от возраста.

В 10-суточном возрасте морфологическая картина железистого отдела желудка была однотипной. Поверхность слизистой оболочки представлена со-

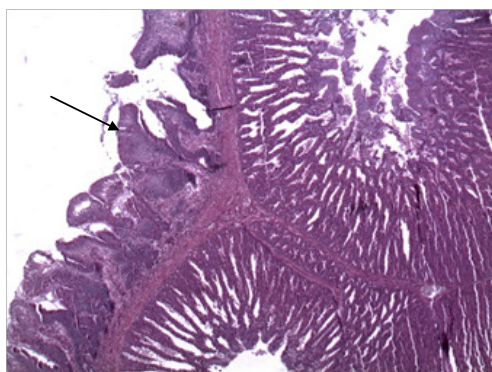
сочками, выстланными однослойным призматическим эпителием (рис. 1.1, 1.2). Сосочки образовывали простые трубчатые железы (рис. 1.3, 1.4). В подслизистом слое залегало большое количество глубоких желез альвеолярного типа, выстланных кубическим эпителием (рис. 1.5, 1.6).

Поверхность слизистой оболочки мышечного отдела желудка была покрыта кутикулой [34], которая у цыплят кросса Росс 308 имела более одно-

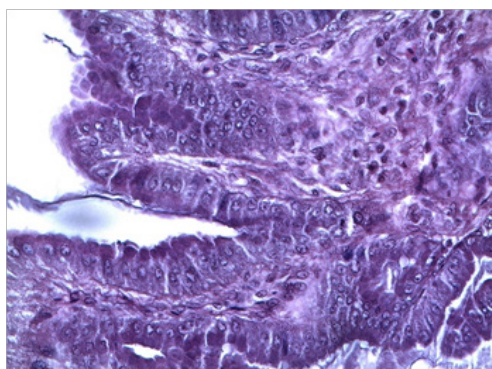
родную структуру и более равномерную толщину (рис. 2.2), чем у цыплят кросса Смена 9 (рис. 2.1).

Слизистая оболочка образовывала многочисленные складки и ямки, выстланные однослойным цилиндрическим эпителием. Желудочные железы имели такую же выстилку. В подслизистом слое встречались узелки лимфоидной ткани. Их количество на единице площади было выше у цыплят кросса Росс 308, чем у цыплят кросса Смена 9.

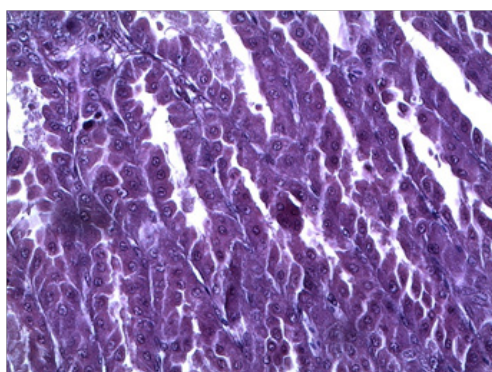
Смена 9
Smena 9



1.1

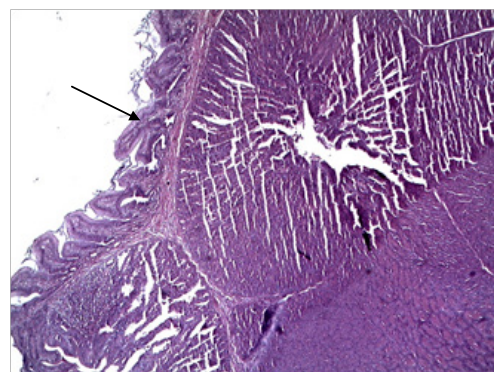


1.3

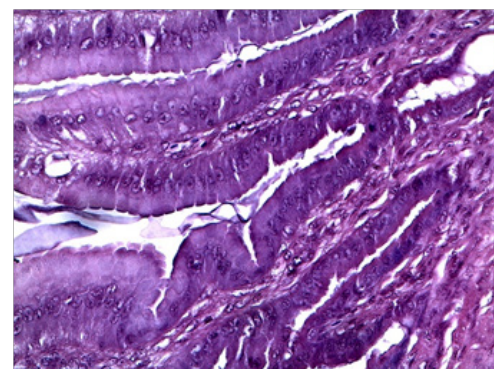


1.5

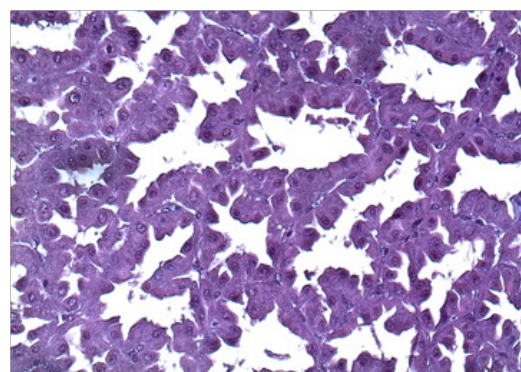
Росс 308
Ross 308



1.2



1.4



1.6

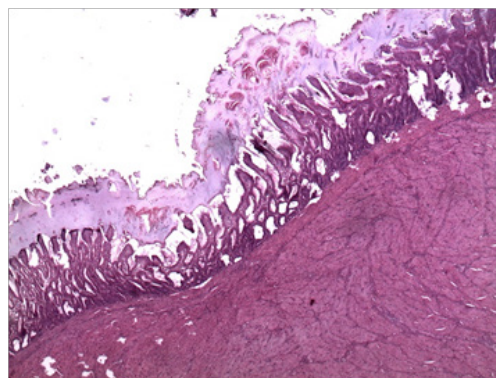
Рис. 1. Гистологическая картина в железистом желудке у бройлеров в 10-суточном возрасте: 1.1, 1.2 – слизистая оболочка (стрелки), железы альвеолярного типа (пунктирные стрелки) в подслизистой основе, ув. $\times 50$; 1.3, 1.4 – простые трубчатые железы слизистой оболочки, ув. $\times 400$; 1.5, 1.6 – железы альвеолярного типа в подслизистой основе, ув. $\times 400$. Окраска гематоксилином и эозином

Fig. 1. Histological picture in the glandular stomach of broilers at 10 days of age: 1.1, 1.2 – mucous membrane (arrows), alveolar-type glands (dotted arrows) in the submucosa, magnification $\times 50$; 1.3, 1.4 – simple tubular glands of the mucous membrane, magnification $\times 400$; 1.5, 1.6 – alveolar-type glands in the submucosa, magnification $\times 400$.

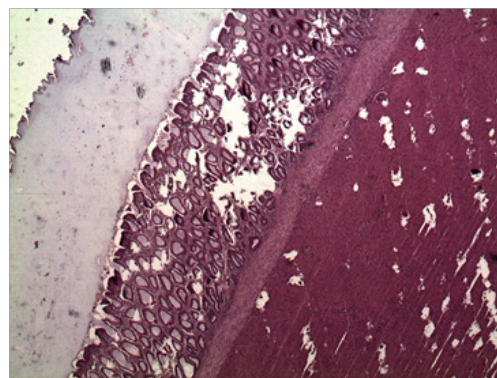
Staining by hematoxylin and eosin

Смена 9
Stmena 9

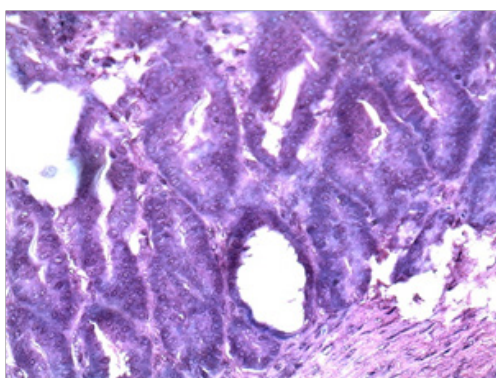
Росс 308
Ross 308



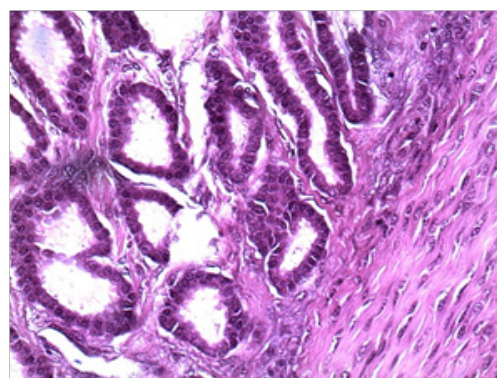
2.1



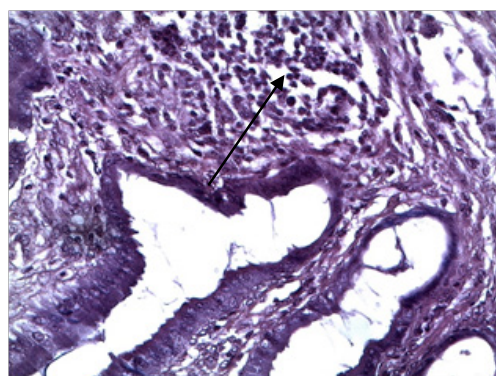
2.2



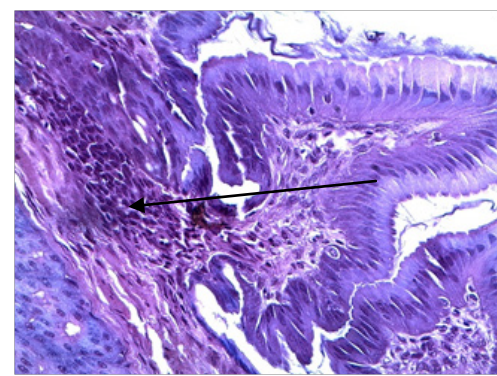
2.3



2.4



2.5



2.6

Рис. 2. Гистологическая картина в мышечном желудке у бройлеров в 10-суточном возрасте: 2.1, 2.2 – кутикула (стрелки) на поверхности слизистой оболочки, ув. $\times 50$; 2.3, 2.4 – желудочные железы простого трубчатого строения в подслизистой основе, ув. $\times 400$; 2.5 – небольшой рыхлый узелок лимфоидной ткани (стрелка) в собственной пластинке слизистой оболочки, ув. $\times 400$; 2.6 – плотный, четко очерченный узелок лимфоидной ткани (стрелка) в собственной пластинке слизистой, ув. $\times 400$. Окраска гематоксилином и эозином

Fig. 2. Histological picture in the muscular stomach of broilers at 10 days of age: 2.1, 2.2 – cuticle (arrows) on the surface of the mucous membrane, magnification $\times 50$; 2.3, 2.4 – gastric glands of a simple tubular structure in the submucosa, magnification $\times 400$; 2.5 – a small loose nodule of lymphoid tissue (arrow) in its own mucus plate is the lining, magnification $\times 400$; 2.6 – is a dense, clearly defined nodule of lymphoid tissue (arrow) in its own mucosal plate, magnification $\times 400$. Staining by hematoxylin and eosin

В 21-суточном возрасте сохранялась однотипность в морфологической картине железистого отдела желудка у цыплят исследуемых кроссов. При этом по результатам обзорной микроскопии не было выявлено существенных отличий с данными 10-суточного возраста. Сосочки слизистой были выражены отчетливо, выстланы однослойным призматическим эпителием. В подслизистом слое на-

блюдалось большое количество желез альвеолярного типа, выстланных кубическим эпителием (рис. 3.1, 3.2). В некоторых препаратах был представлен фрагмент перехода пищевода в желудок в области желудочной миндалины (рис. 3.3, 3.4). Лимфоидная ткань залегала в собственной пластинке слизистой оболочки, окружая пищеводные и желудочные железы (рис. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6).

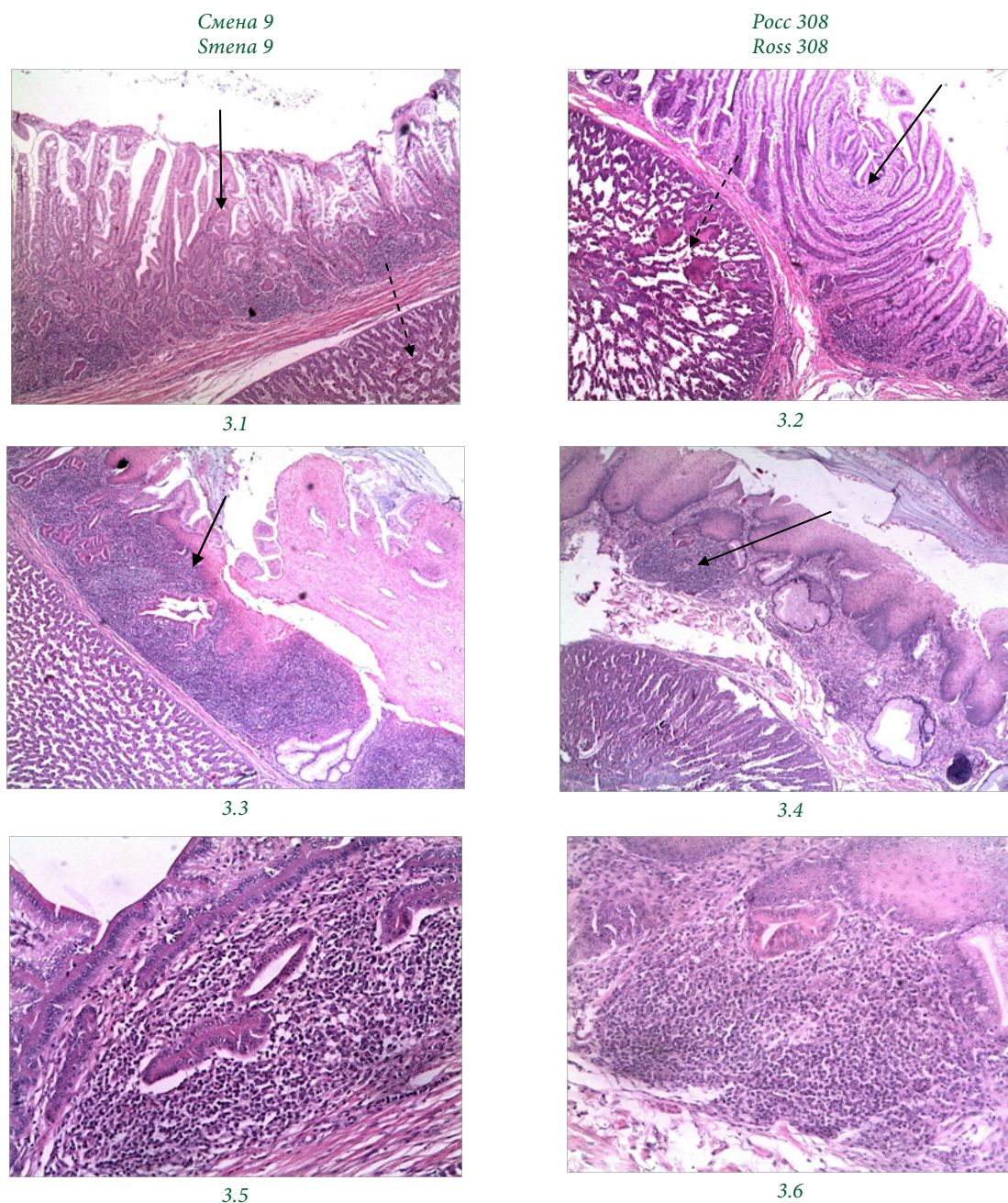


Рис. 3. Гистологическая картина в железистом желудке у бройлеров в 21-суточном возрасте: 3.1, 3.2 – слизистая оболочка (стрелки), железы альвеолярного типа (пунктирные стрелки) в подслизистой основе, ув. $\times 50$; 3.3, 3.4 – лимфоидная ткань желудочной миндалины (стрелки), ув. $\times 200$; 3.5, 3.6 – простые трубчатые железы (стрелки) окружены лимфоидной тканью, ув. $\times 400$. Окраска гематоксилином и эозином

Fig. 3. Histological picture in the glandular stomach of broilers at 21 days of age: 3.1, 3.2 – mucous membrane (arrows), alveolar type glands (dotted arrows) in the submucosa, magnification $\times 50$; 3.3, 3.4 – lymphoid tissue of the gastric tonsil (arrows), magnification $\times 200$; 3.5, 3.6 – simple tubular glands (arrows) are surrounded by lymphoid tissue, magnification $\times 400$. Staining by hematoxylin and eosin

Гистологическая картина в препаратах мышечного отдела желудка у цыплят-бройлеров сравнимых кроссов в 21-суточном возрасте была однотипной. По отношению к предыдущему сроку исследования (10-суточному возрасту) увеличилась оптическая плотность кутикулы, укрывающей слизистую оболочку (рис. 4.1, 4.2). Линейные размеры всех слоев стенки были достоверно больше у цы-

плят кросса Росс 308 по сравнению с кроссом Смена 9. Складки и ямки слизистой были выражены отчетливо, выстланы однослойным цилиндрическим эпителием. Желудочные железы имели такую же выстилку. В подслизистом слое встречались узелки лимфоидной ткани. Их количество на единице площади оставалось выше у цыплят кросса Росс 308, чем у цыплят кросса Смена 9 (рис. 4.3, 4.4).

Морфологическая картина железистого отдела желудка у цыплят исследуемых кроссов в 32-суточном возрасте характеризовалась однотипностью. По результатам обзорной микроскопии гистоло-

гические характеристики органа не имели существенных отличий от данных цыплят-бройлеров в 21-суточном возрасте.

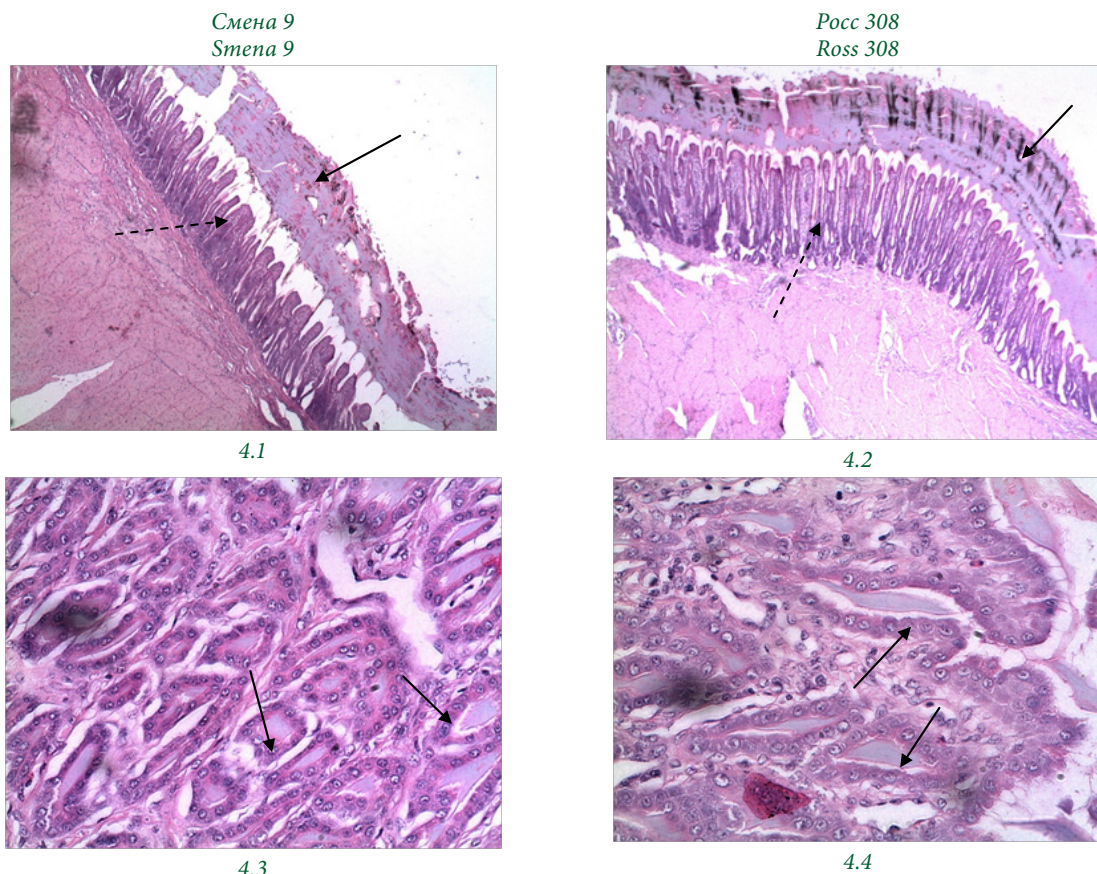
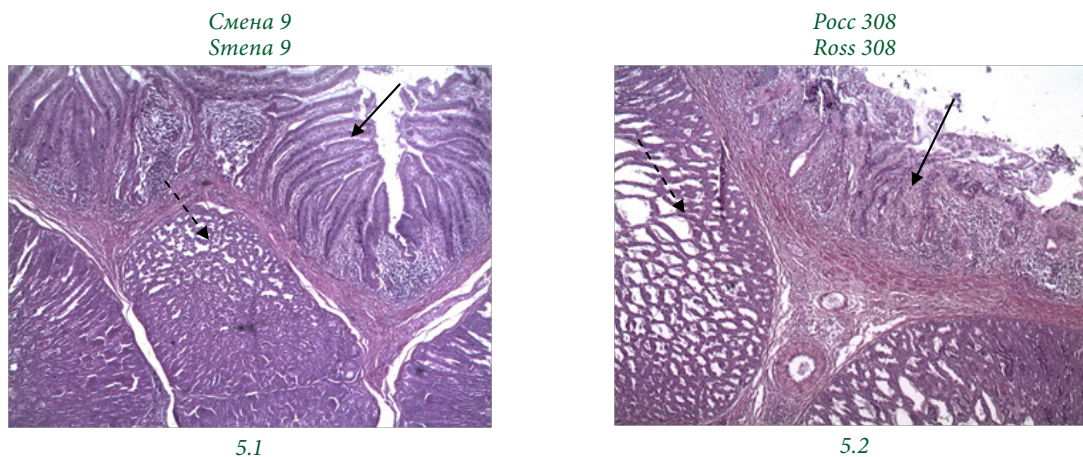
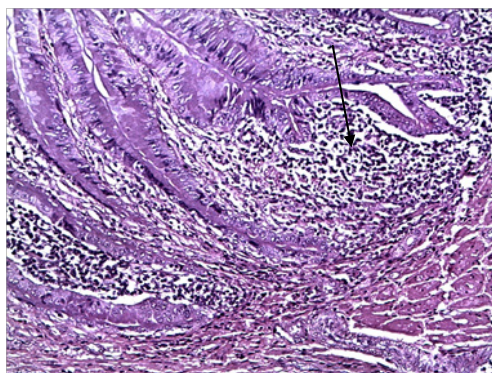


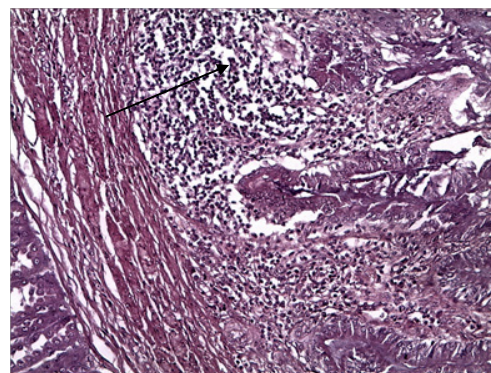
Рис. 4. Гистологическая картина в мышечном желудке у бройлеров в 21-суточном возрасте: 4.1 – кутикула (сплошная стрелка) на поверхности слизистой оболочки (пунктирная стрелка), ув. $\times 50$; 4.2 – плотная складчатая кутикула (стрелка) укрывает слизистую оболочку (пунктирная стрелка), ув. $\times 50$; 4.3, 4.4 – простые трубчатые железы поверхностных отделов слизистой оболочки заполнены белковыми массами (стрелки), формирующими кутикулу, ув. $\times 400$. Окраска гематоксилином и эозином

Fig. 4. Histological picture in the muscular stomach of broilers at 21 days of age: 4.1 – cuticle (solid arrow) on the surface of the mucous membrane (dotted arrow), magnification $\times 50$; 4.2 – dense folded cuticle (arrow) covers the mucous membrane (dotted arrow), magnification $\times 50$; 4.3, 4.4 – simple tubular glands of the superficial sections of the mucous membrane are filled with protein masses (arrows) forming the cuticle, magnification $\times 400$. Staining by hematoxylin and eosin





5.3

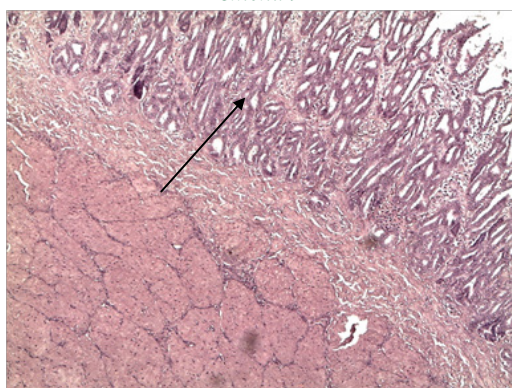


5.4

Рис. 5. Гистологическая картина в железистом желудке у бройлеров в 32-суточном возрасте: 5.1, 5.2 – слизистая оболочка (стрелки), железы альвеолярного типа (пунктирные стрелки) в подслизистой основе, ув. $\times 50$; 5.3, 5.4 – узелки лимфоидной ткани (стрелки) в подслизистом слое, ув. $\times 200$. Окраска гематоксилином и эозином

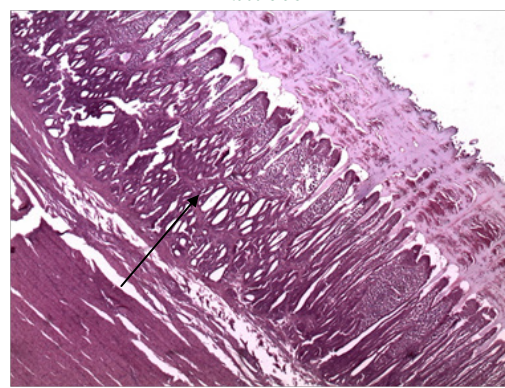
Fig. 5. Histological picture in the glandular stomach of broilers at 32 days of age: 5.1, 5.2 – mucous membrane (arrows), alveolar type glands (dotted arrows) in the submucosa, magnification $\times 50$; 5.3, 5.4 – lymphoid nodules (arrows) in the submucosa, magnification $\times 200$. Staining by hematoxylin and eosin

Смена 9
Smena 9

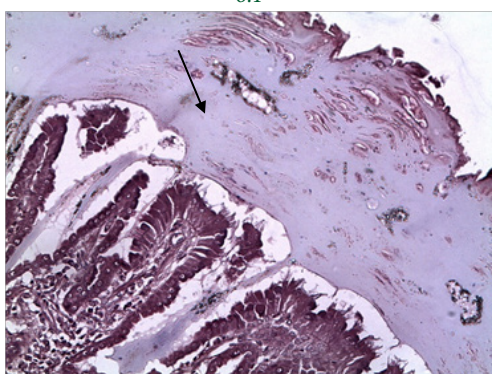


6.1

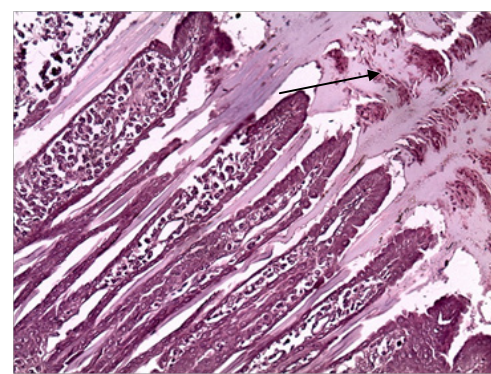
Росс 308
Ross 308



6.2



6.3



6.4

Рис. 6. Гистологическая картина в мышечном желудке у бройлеров в 32-суточном возрасте: 6.1, 6.2 – слизистая оболочка (стрелки), ув. $\times 50$; 6.3, 6.4 – кутикула (стрелки) на поверхности слизистой оболочки, ув. $\times 200$. Окраска гематоксилином и эозином

Fig. 6. Histological picture in the muscular stomach of broilers of the 3rd group: 6.1, 6.2 – mucous membrane (arrows), magnification $\times 50$; 6.3, 6.4 – cuticle (arrows) on the surface of the mucous membrane, magnification $\times 200$. Staining by hematoxylin and eosin

Сосочки слизистой были выражены отчетливо, выстланы однослойным призматическим эпителием. В подслизистом слое наблюдалось присутствие большого количества желез альвеолярного типа, выстланных кубическим эпителием (рис. 5.1, 5.2).

При этом у цыплят кросса Смена 9 происходило существенное (почти на 50 %) увеличение плотности упаковки узелков лимфоидной ткани в подслизистом слое, хотя у птиц кросса Росс 308 этот показатель был достоверно выше (рис. 5.3, 5.4).

Гистологическая картина в препаратах мышечного желудка у цыплят сравнимых кроссов в 32-суточном возрасте существенно не изменялась по отношению к предыдущему сроку исследования ни по качественным, ни по количественным характеристикам.

Линейные размеры всех слоев стенки оставались достоверно больше у цыплят-бройлеров кросса Росс 308 по сравнению с кроссом Смена 9 (рис. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4). Складки и ямки слизистой были выражены отчетливо, выстланы однослойным цилиндрическим эпителием. Желудочные железы имели такую же выстилку. В подслизистом слое встречались узелки лимфоидной ткани. Их количество на единице площади оставалось выше у цыплят кросса Росс 308, чем у цыплят кросса Смена 9.

Таким образом, анализ данных гистологического исследования железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 в период с 10-х по 32-е сутки выращивания позволил выявить следующие особенности:

1. Стабильность основной гистологической структуры отделов желудка: сохраняются ключевые морфологические элементы (слизистая оболочка, подслизистая основа, мышечная пластинка слизистой оболочки, железы, складки, узелки лимфоидной ткани, кутикула) и тип эпителиальной выстилки.

2. Основные возрастные изменения носят количественный характер (увеличение оптической плотности кутикулы, нарастание линейных размеров слоёв) либо затрагивают отдельные компоненты (динамика плотности лимфоидной ткани).

3. Наличие устойчивых межкроссовых различий: более выраженные линейные параметры стенки мышечного желудка и более высокая плотность лимфоидных узелков у цыплят кросса Росс 308, а также более ранняя структурная однородность кутикулы. У кросса Смена 9 в позднем сроке (32-е сутки) отмечается специфическое увеличение плотности лимфоидной ткани именно в железистом отделе.

На следующем этапе был проведен морфометрический анализ железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 в возрастном аспекте. При этом направленность и степень возрастных изменений структур желудка определялась принадлежностью птиц к кроссу.

Так, в 10-суточном возрасте у бройлеров уже были выявлены отличия по величине морфометрических показателей железистого отдела желудка (таблица 1). Они особенно были выражены (на уровне 42,42–69,35 %) в отношении толщины подслизистой основы, толщины железистого компонента слизистой оболочки (*lamina propria*) и площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа.

К 32-суточному возрасту по сравнению с 10-суточным статистически значимо увеличивалась толщина слизистой оболочки железистого отдела желудка: у кросса Смена 9 – в 1,36 раза, кросса Росс 308 – в 1,92 раза ($p \leq 0,001$). Данная динамика отражает различия в скорости пролиферации клеток слизистого эпителия в ходе постнатального развития. Толщина подслизистой основы имела разнонаправленную возрастную вариабельность. У цыплят кросса Смена 9 показатель снижался в 1,52 раза ($p \leq 0,001$), тогда как у кросса Росс 308, наоборот, увеличивался в 2,76 раза ($p \leq 0,001$).

При этом площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа у обоих кроссов к 32-суточному возрасту возрастала в 2,39 раза ($p \leq 0,001$) и достигала значений $473,98 \pm 14,43$ и $693,71 \pm 2,37$ мм² соответственно. Это было обусловлено особенностями генетической программы развития железистого отдела желудка, определяющей формирование железистых зон и соединительнотканых прослоек между дольками желез. Выявленные закономерности подтверждаются динамикой толщины железистого компонента слизистой оболочки (*lamina propria*): у кросса Смена 9 показатель увеличился на 15,81 % ($p \leq 0,01$), у кросса Росс 308 – на 7,82 % (таблица 1). Площадь складок слизистой оболочки тоже имела положительную возрастную динамику, однако темпы ее нарастания различались между кроссами: у кросса Смена 9 – в 1,95 раза ($p \leq 0,01$), у кросса Росс 308 – в 4,54 раза ($p \leq 0,01$). Количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки (на 1 мм²) характеризовалось противоположной направленностью изменений: у кросса Смена 9 их численность снижалась в 2,33 раза ($p \leq 0,01$), а у кросса Росс 308, наоборот, возрастала в 1,29 раза ($p \leq 0,01$). Это свидетельствует о различиях в формировании секреторного компонента слизистой оболочки у исследуемых кроссов.

Таким образом, на ранних этапах промышленного постнатального онтогенеза (в 10 суток) программы развития железистого отдела желудка у цыплят исследуемых кроссов уже характеризовались различиями по морфометрическим показателям. Это отражало наличие у каждого кросса специфического приоритета в развитии структурных компонентов желудка. Генетическая программа кросса Росс 308 была ориентирована на преимущественное разрастание эпителиального компонента и формирование более сложного рельефа слизистой оболочки, что проявлялось в увеличении толщины подслизистой основы, выраженном нарастании площади складок и повышении численности бокаловидных клеток. У кросса Смена 9 снижение толщины подслизистой основы на фоне увеличения ее площади в поле зрения микроскопа свидетельствует о перераспределении ресурсов организма, направленном на развитие иных структурных компонентов (в том

числе потенциально – других отделов ЖКТ). При этом отмечалось более существенное нарастание толщины железистого компонента слизистой оболочки (*lamina propria*), отражая его приоритетность в развитии железистого аппарата. Выявленные возрастные морфометрические закономерности обусловлены тем, что генетически закрепленные программы развития кроссов по-разному обеспечивают баланс между задачами интенсивного общего роста организма, развитием железистого аппарата, усложнением архитектоники слизистой оболочки

и поддержанием необходимого уровня слизистой секреции.

При оценке возрастной динамики модальных значений морфометрических показателей железистого отдела желудка (рис. 7) выявлено, что для большинства анализируемых признаков тренды моды у кроссов Смена 9 и Росс 308 согласуются с динамикой средних арифметических значений. В ряде возрастных точек отсутствие модальных значений обусловлено ограниченным объемом выборки.

Таблица 1
Возрастная динамика морфометрических показателей железистого отдела желудка, $n = 10$, $\bar{X} \pm m_x$

Признак	Возраст, сут.			
	10	21	32	В среднем за период исследований
Смена 9				
Живая масса, г	315,60 $\pm 9,59$	1024,30 $\pm 44,92^{***}$	2015,30 $\pm 74,83^{***}$	1118,40 $\pm 132,49$
Толщина слизистой оболочки, мкм	339,30 $\pm 20,80$	444,20 $\pm 16,43^{***}$	461,20 $\pm 17,31^{***}$	414,90 $\pm 14,28$
Толщина подслизистой основы, мкм	96,33 $\pm 7,39$	79,24 $\pm 3,78^*$	63,29 $\pm 4,81^{***}$	79,62 $\pm 3,97$
Толщина железистого компонента слизистой оболочки (<i>lamina propria</i>), мкм	1 139,60 $\pm 39,99$	1 350,00 $\pm 12,65^{***}$	1 319,80 $\pm 40,38^{**}$	1 269,80 $\pm 25,46$
Количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки, в 1 мм ²	63,00 $\pm 0,56$	32,00 $\pm 0,63^{***}$	27,00 $\pm 1,04^{***}$	40,67 $\pm 2,99$
Площадь складки слизистой оболочки, мкм ²	2 861,97 $\pm 120,50$	6 486,24 $\pm 279,64^{***}$	5 589,49 $\pm 316,83^{***}$	4 979,23 $\pm 319,51$
Количество узелков лимфоидной ткани, в 1 мм ²	18,00 $\pm 0,21$	35,00 $\pm 1,14^{***}$	62,00 $\pm 0,47^{***}$	38,33 $\pm 3,39$
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	197,90 $\pm 5,52$	299,14 $\pm 2,84^{***}$	473,98 $\pm 14,43^{***}$	323,67 $\pm 21,71$
Росс 308				
Живая масса, г	312,80 $\pm 4,01$	1 026,40 $\pm 25,97^{***}$	2 072,20 $\pm 63,79^{***}$	1 137,13 $\pm 135,99$
Толщина слизистой оболочки, мкм	376,40 $\pm 24,35$	996,20 $\pm 21,62^{***}$	724,80 $\pm 15,44^{***}$	699,13 $\pm 48,51$
Толщина подслизистой основы, мкм	56,88 $\pm 5,92$	90,47 $\pm 9,11^{**}$	157,40 $\pm 11,35^{***}$	101,58 $\pm 9,26$
Толщина железистого компонента слизистой оболочки (<i>lamina propria</i>), мкм	1 623,00 $\pm 74,79$	1 644,90 $\pm 49,33$	1 750,00 $\pm 24,31$	1 672,63 $\pm 31,58$
Количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки, в 1 мм ²	63,00 $\pm 0,21$	72,00 $\pm 0,30^{***}$	81,10 $\pm 0,35^{***}$	72,03 $\pm 1,38$
Площадь складки слизистой оболочки, мкм ²	2 325,80 $\pm 109,62$	10 972,35 $\pm 727,84^{***}$	10 562,50 $\pm 824,31^{***}$	7 953,55 $\pm 820,59$
Количество узелков лимфоидной ткани, в 1 мм ²	25,00 $\pm 0,21$	40,90 $\pm 0,31^{***}$	71,20 $\pm 0,66^{***}$	45,70 $\pm 3,57$
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	290,70 $\pm 0,21$	540,27 $\pm 10,57^{***}$	693,71 $\pm 2,37^{**}$	508,23 $\pm 31,04$

Примечание. При расчете критерия Стьюдента (t_d) 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 * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Table 1
Age-related dynamics of morphometric parameters of the glandular part of the stomach, $n = 10$, $X \pm m_x$

Trait	Age, days			
	10	21	32	Average over the study period
Smena 9				
Live body weight, g	315.60 $\pm$ 9.59	1 024.30 $\pm$ 44.92***	2 015.30 $\pm$ 74.83***	1 118.40 $\pm$ 132.49
Mucous membrane thickness, μ m	339.30 $\pm$ 20.80	444.20 $\pm$ 16.43***	461.20 $\pm$ 17.31***	414.90 $\pm$ 14.28
Submucosa thickness, μ m	96.33 $\pm$ 7.39	79.24 $\pm$ 3.78*	63.29 $\pm$ 4.81***	79.62 $\pm$ 3.97
Thickness of the glandular component of the mucous membrane (lamina propria), μ m	1 139.60 $\pm$ 39.99	1 350.00 $\pm$ 12.65***	1 319.80 $\pm$ 40.38**	1 269.80 $\pm$ 25.46
Number of goblet cells in the area of mucosal folds, per 1 mm ²	63.00 $\pm$ 0.56	32.00 $\pm$ 0.63***	27.00 $\pm$ 1.04***	40.67 $\pm$ 2.99
Area of mucosal fold, μ m ²	2 861.97 $\pm$ 120.50	6 486.24 $\pm$ 279.64***	5 589.49 $\pm$ 316.83***	4 979.23 $\pm$ 319.51
Number of lymphoid nodules, per 1 mm ²	18.00 $\pm$ 0.21	35.00 $\pm$ 1.14***	62.00 $\pm$ 0.47***	38.33 $\pm$ 3.39
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ²	197.90 $\pm$ 5.52	299.14 $\pm$ 2.84***	473.98 $\pm$ 14.43***	323.67 $\pm$ 21.71
Ross 308				
Live body weight, g	312.80 $\pm$ 4.01	1026.40 $\pm$ 25.97***	2072.20 $\pm$ 63.79***	1137.13 $\pm$ 135.99
Mucous membrane thickness, μ m	376.40 $\pm$ 24.35	996.20 $\pm$ 21.62***	724.80 $\pm$ 15.44***	699.13 $\pm$ 48.51
Submucosa thickness, μ m	56.88 $\pm$ 5.92	90.47 $\pm$ 9.11**	157.40 $\pm$ 11.35***	101.58 $\pm$ 9.26
Thickness of the glandular component of the mucous membrane (lamina propria), μ m	1 623.00 $\pm$ 74.79	1 644.90 $\pm$ 49.33	1 750.00 $\pm$ 24.31	1 672.63 $\pm$ 31.58
Number of goblet cells in the area of mucosal folds, per 1 mm ²	63.00 $\pm$ 0.21	72.00 $\pm$ 0.30***	81.10 $\pm$ 0.35***	72.03 $\pm$ 1.38
Area of mucosal fold, μ m ²	2 325.80 $\pm$ 109.62	10 972.35 $\pm$ 727.84***	10 562.50 $\pm$ 824.31***	7 953.55 $\pm$ 820.59
Number of lymphoid nodules, per 1 mm ²	25.00 $\pm$ 0.21	40.90 $\pm$ 0.31***	71.20 $\pm$ 0.66***	45.70 $\pm$ 3.57
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ²	290.70 $\pm$ 0.21	540.27 $\pm$ 10.57***	693.71 $\pm$ 2.37**	508.23 $\pm$ 31.04

Note. When calculating Student's t-test (td) to assess age-related changes within each cross, the 1st group (10-day-old chicks) was taken as the control (reference) group, reflecting the baseline level of morphometric parameters at the beginning of early postnatal ontogenesis; significance at * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

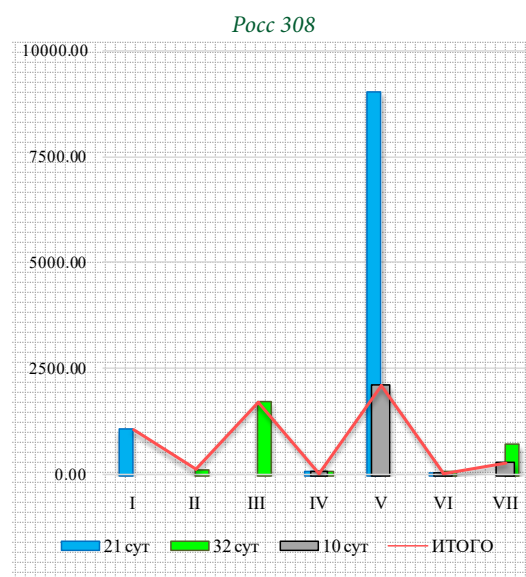
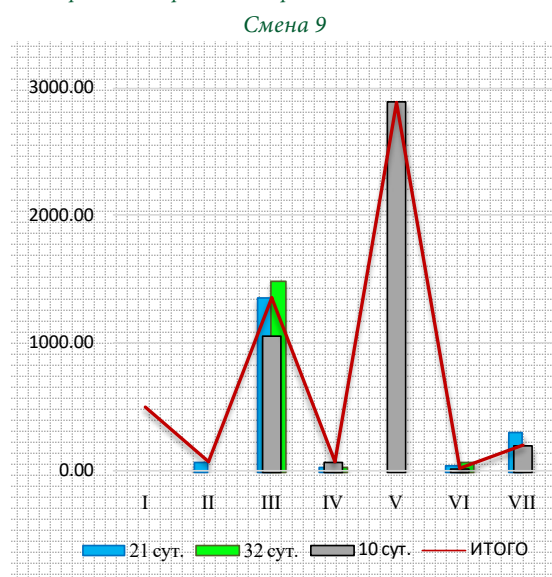


Рис. 7. Возрастная динамика модальных значений морфометрических показателей железистого отдела желудка у цыплят-бройлеров кросса: I – толщина слизистой оболочки, мкм; II – толщина подслизистой основы, мкм; III – толщина железистого компонента слизистой оболочки (lamina propria), мкм; IV – количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки в 1 мм²; V – площадь складки слизистой оболочки, мкм²; VI – количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм²; VII – площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм²

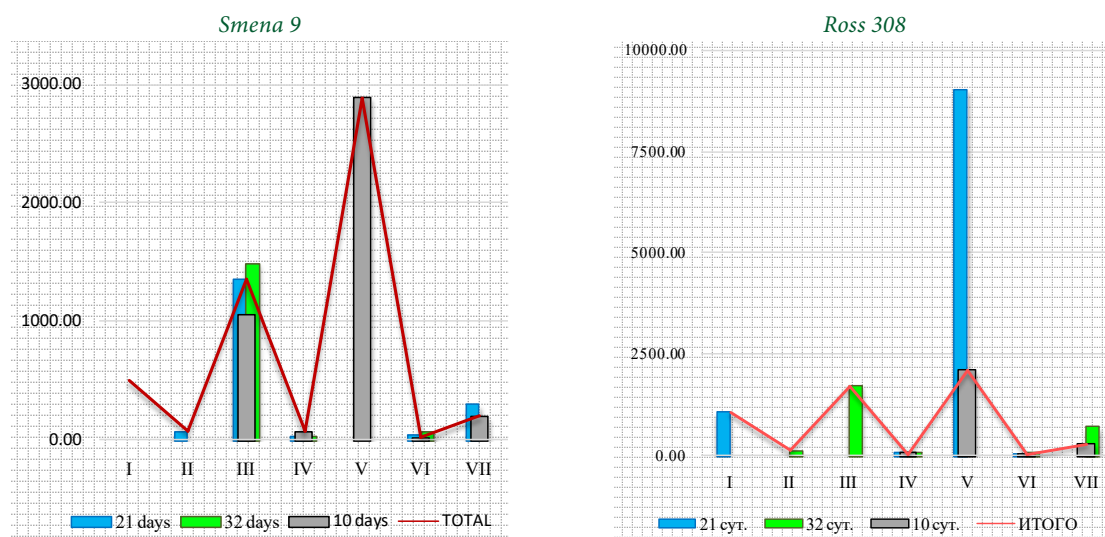


Fig. 7. Age dynamics of modal values of morphometric indicators of the glandular part of the stomach in broiler chickens of the cross: I – the thickness of the mucous membrane, mcm; II – the thickness of the glandular base, mcm; III – the thickness of the glandular component of the mucous membrane (lamina propria), mcm; IV – the number of goblet cells in the area of the folds of the mucous membrane in 1 mm²; V – the area of the fold of the mucous membrane, microns; VI – the number of lymphoid nodules in 1 mm²; VII – the area of the submucosal layer in the field of view of the microscope, mm²

Для кроссов Смена 9 и Росс 308 отмечено практически полное совпадение моды со средними значениями по таким показателям, как количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки и количество узелков лимфоидной ткани на 1 мм². Данный факт свидетельствует о симметричности распределения указанных признаков в выборке.

Анализ медианных значений морфометрических показателей железистого отдела желудка подтвердил их близость к средним арифметическим величинам у исследуемых кроссов, что служит статистическим свидетельством нормального (или близкого к нормальному) распределения изучаемых данных. При этом возрастная динамика медиан у кроссов имела выраженную специфику:

1. Кросс Смена 9 характеризовался достоверным возрастным ростом медианы количества узелков лимфоидной ткани (с 18,00 до 62,00 в 1 мм²) и площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа (с 197,80 до 472,78 мм²). Одновременно регистрировалось снижение медианы количества бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки (с 63,00 до 27,00 в 1 мм²) (рис. 8, а).

2. Кросс Росс 308 демонстрировал другой характер возрастных изменений: медиана толщины слизистой оболочки имели пик на 21-е сутки выращивания (993,00 мкм) с последующим снижением до 727,50 мкм к 32-суточному возрасту. При этом медиана количества бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки увеличивалась с возрастом с 63,00 до 81,00 в 1 мм²; медиана количества узелков лимфоидной ткани – с 25,00 до 72,00 в 1 мм²; медиана площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа – с 290,70 до 694,04 мм² (рис. 8, б).

Таким образом, совпадение моды и среднего, а также близость медианы к среднему значению у

обоих кроссов свидетельствуют о симметричности и нормальности распределения морфометрических показателей железистого отдела желудка. Это позволяет корректно использовать параметрические методы анализа и рассматривать средние значения как репрезентативные характеристики выборки. Несмотря на общие закономерности (рост площади подслизистого слоя, увеличение количества лимфоидных узелков), кроссы демонстрируют принципиально разную стратегию морфогенеза: у кросса Смена 9 акцент на перераспределение ресурсов между структурными и секреторными компонентами с редукцией бокаловидных клеток; у кросса Росс 308 более сбалансированное нарастание всех компонентов с выраженной фазовой динамикой толщины слизистой оболочки.

Величина морфометрических показателей мышечного отдела желудка зависела от принадлежности цыплят-бройлеров к конкретному кроссу (таблица 2). В 10-суточном возрасте были выявлены значимые межкроссовые различия, выраженность которых превышала аналогичные различия в железистом отделе желудка. У кросса Росс 308 значения изучаемых морфометрических показателей превышали уровень кросса Смена 9 в 1,34–5,17 раза. Наиболее существенные межкроссовые различия отмечены по толщине кутикулы (2,86 раза), толщине подслизистой основы (5,17 раза) и количеству узелков лимфоидной ткани (3,10 раза). Полученные данные подтверждали ранее выдвинутое предположение о наличии у исследуемых кроссов различной генетически детерминированной программы морфогенеза желудка, проявления которой регистрируются уже на ранних этапах постнатального онтогенеза.

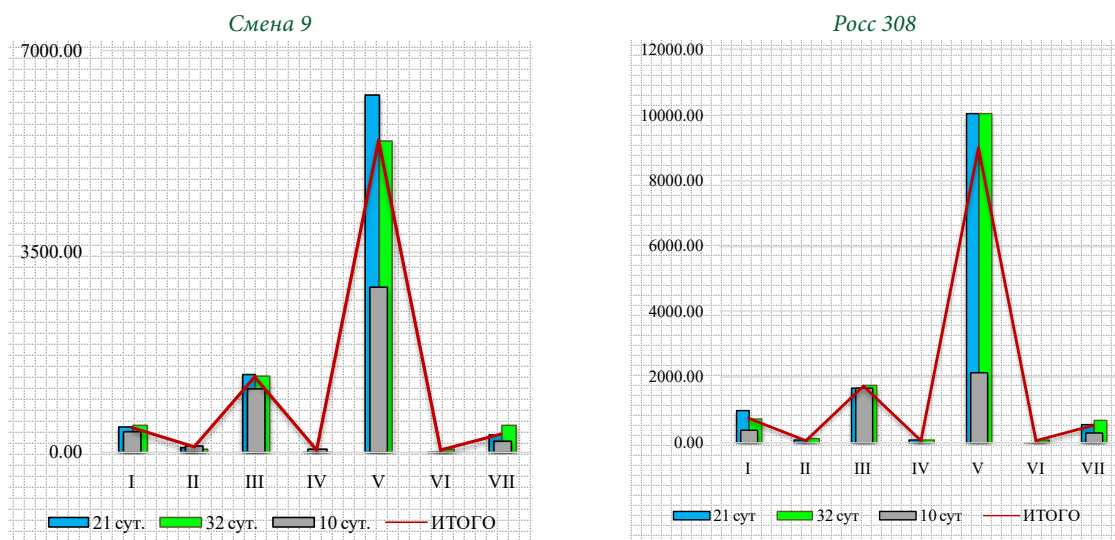


Рис. 8. Возрастная динамика медианных значений морфометрических показателей железистого отдела желудка у цыплят-бройлеров кросса: I – толщина слизистой оболочки, мкм; II – толщина подслизистой основы, мкм; III – толщина железистого компонента слизистой оболочки (lamina propria), мкм; IV – количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки в 1 мм²; V – площадь складки слизистой оболочки, мкм²; VI – количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм²; VII – площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм²

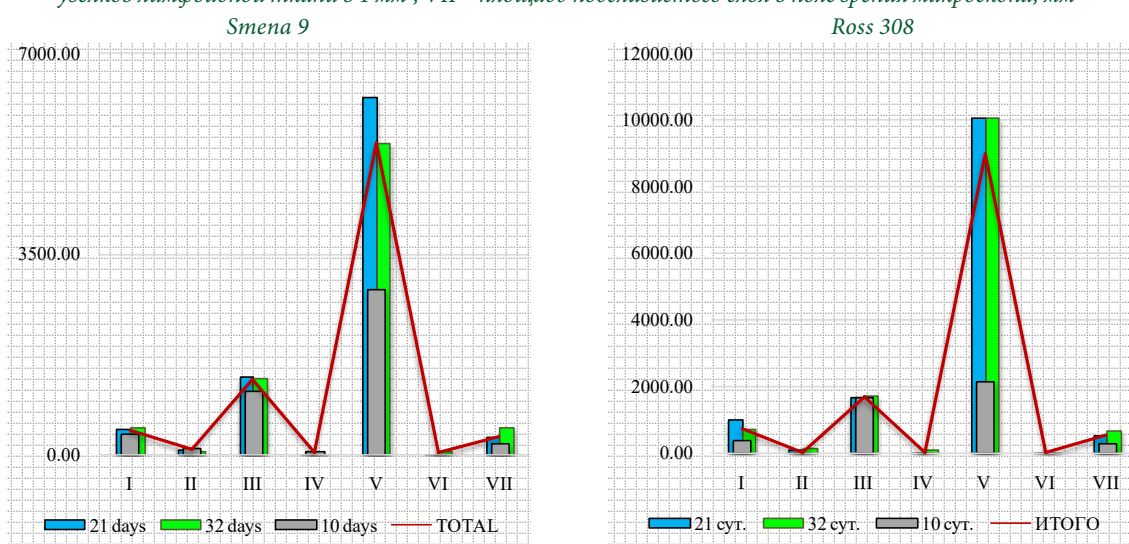


Fig. 8. Age dynamics of median values of morphometric indicators of the glandular part of the stomach in broiler chickens of the cross: I – the thickness of the mucous membrane, mcm; II – the thickness of the glandular base, mcm; III – the thickness of the glandular component of the mucous membrane (lamina propria), mcm; IV – the number of goblet cells in the area of the folds of the mucous membrane in 1 mm²; V – the area of the fold of the mucous membrane, microns; VI – the number of lymphoid nodules in 1 mm²; VII – the area of the submucosal layer in the field of view of the microscope, mm²

Возрастная динамика средних значений морфометрических показателей мышечного отдела желудка у исследуемых кроссов характеризовалась положительной тенденцией: у кросса Смена 9 показатели увеличивались в 1,12–8,40 раза, у кросса Росс 308 – в 1,15–3,48 раза. Отмечена фазовая специфика роста отдельных параметров: пиковые значения зафиксированы в 21-суточном возрасте у кросса Смена 9 по толщине кутикулы; у кросса Росс 308 – по толщине кутикулы, слизистой оболочки и подслизистой основы (таблица 2). К 32-суточному возрасту кросс Росс 308 по величине морфометрических показателей превосходил кросс

Смена 9 в 1,33–1,68 раза, что свидетельствует о сохранении межкроссовых различий на протяжении всего исследованного периода выращивания.

Таким образом, морфогенез мышечного отдела желудка цыплят-бройлеров характеризуется ранней манифестацией генетических различий, которые сохраняются в ходе выращивания. Они реализуются в первую очередь в функционально значимых зонах органа (кутикуле, подслизистой основе, лимфоидных структурах). У цыплят-бройлеров кросса Росс 308 уже в 10-суточном возрасте формируется защитный и соединительнотканый каркас органа, потенциально обеспечивающий его более высокую

устойчивость к механическим нагрузкам при переходе на более грубые компоненты корма. Наличие пиковых значений отдельных морфометрических параметров в 21-суточном возрасте отражает фазовую специфику морфогенеза; у Смена 9 опережающим развитием обладает только кутикула, а у

Росс 308 несколько структурных компонентов (кутикула, слизистая оболочка, подслизистая основа), что свидетельствует о более синхронизированной программе развития структур мышечного отдела желудка.

Таблица 2
Возрастная динамика морфометрических показателей мышечного отдела желудка, $n = 10$, $\bar{X} \pm m_x$

Признак	Возраст, суток			
	10	21	32	В среднем за период исследований
Смена 9				
Толщина кутикулы, мкм	181,90 ±16,35	329,70 ±15,87***	282,90 ±11,13***	264,83 ±14,06
Толщина слизистой оболочки, мкм	334,40 ±15,19	349,80 ±9,11	543,60 ±14,64***	409,27 ±19,16
Толщина подслизистой основы, мкм	28,70 ±2,48	75,71 ±4,83***	93,83 ±3,36***	66,08 ±5,50
Количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм ²	10,00 ±0,21	48,30 ±1,07***	81,00 ±0,67***	46,43 ±5,40
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	202,05 ±3,24	213,63 ±3,58*	226,21 ±4,23***	213,96 ±2,76
Кросс Росс 308				
Толщина кутикулы, мкм	521,90 ±9,30	780,60 ±28,61***	475,60 ±5,79***	592,70 ±26,80
Толщина слизистой оболочки, мкм	579,90 ±15,89	890,10 ±16,96***	779,60 ±13,22***	749,87 ±25,34
Толщина подслизистой основы, мкм	148,50 ±5,76	230,20 ±9,02***	170,90 ±6,87*	183,20 ±7,60
Количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм ²	31,00 ±0,21	61,00 ±0,39***	108,00 ±1,40***	66,67 ±5,90
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	271,93 ±0,21	297,60 ±2,14***	331,60 ±4,66***	300,38 ±4,83

Примечание. При расчете критерия Стьюдента (t_d) 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 * $p \leq 0,05$;

** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Table 2
Age-related dynamics of morphometric parameters of the muscular part of the stomach, $n = 10$, $\bar{X} \pm m_x$

Trait	Age, days			Average over the study period
	10	21	32	
Smena 9				
Cuticle thickness, μm	181.90 $\pm$ 16.35	329.70 $\pm$ 15.87***	282.90 $\pm$ 11.13***	264.83 $\pm$ 14.06
Mucous membrane thickness, μm	334.40 $\pm$ 15.19	349.80 $\pm$ 9.11	543.60 $\pm$ 14.64***	409.27 $\pm$ 19.16
Submucosa thickness, μm	28.70 $\pm$ 2.48	75.71 $\pm$ 4.83***	93.83 $\pm$ 3.36***	66.08 $\pm$ 5.50
Number of lymphoid nodules per 1 mm ²	10.00 $\pm$ 0.21	48.30 $\pm$ 1.07***	81.00 $\pm$ 0.67***	46.43 $\pm$ 5.40
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ²	202.05 $\pm$ 3.24	213.63 $\pm$ 3.58*	226.21 $\pm$ 4.23***	213.96 $\pm$ 2.76
Ross 308				
Cuticle thickness, μm	521.90 $\pm$ 9.30	780.60 $\pm$ 28.61***	475.60 $\pm$ 5.79***	592.70 $\pm$ 26.80
Mucous membrane thickness, μm	579.90 $\pm$ 15.89	890.10 $\pm$ 16.96***	779.60 $\pm$ 13.22***	749.87 $\pm$ 25.34
Submucosa thickness, μm	148.50 $\pm$ 5.76	230.20 $\pm$ 9.02***	170.90 $\pm$ 6.87*	183.20 $\pm$ 7.60
Number of lymphoid nodules per 1 mm ²	31.00 $\pm$ 0.21	61.00 $\pm$ 0.39***	108.00 $\pm$ 1.40***	66.67 $\pm$ 5.90
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ²	271.93 $\pm$ 0.21	297.60 $\pm$ 2.14***	331.60 $\pm$ 4.66***	300.38 $\pm$ 4.83

Note. When calculating Student's t -test (t_d) to assess age-related changes within each cross, the 1st group (10-day-old chicks) was taken as the control (reference) group, reflecting the baseline level of morphometric parameters at the beginning of early postnatal ontogenesis; significance at * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

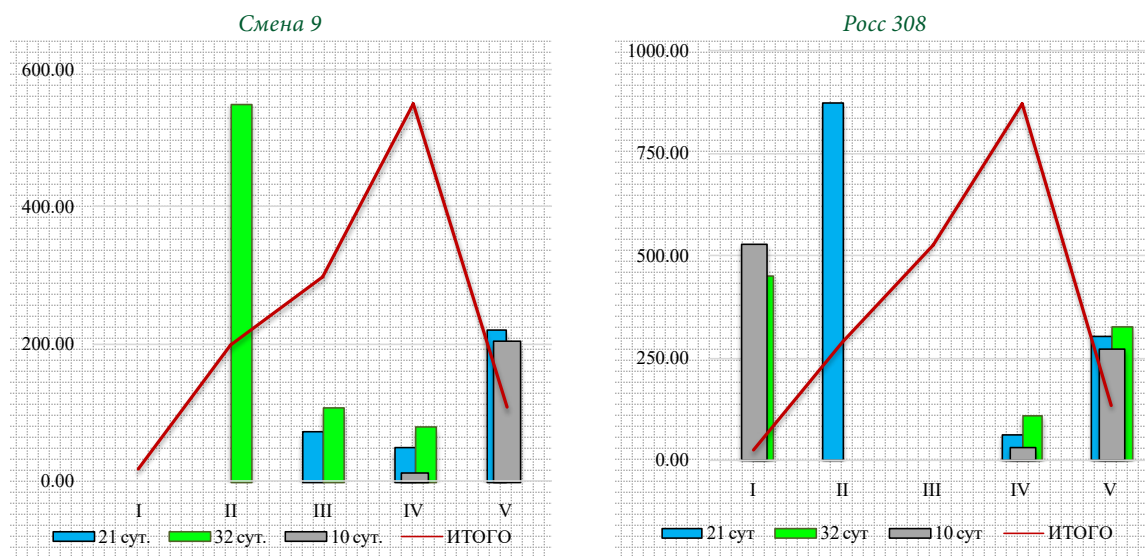


Рис. 9. Возрастная динамика модальных значений морфометрических показателей мышечного отдела желудка у цыплят-бройлеров кросса: I – толщина кутикулы, мкм; II – толщина слизистой оболочки, мкм; III – толщина подслизистой основы, мкм; IV – количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм²; V – площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм²

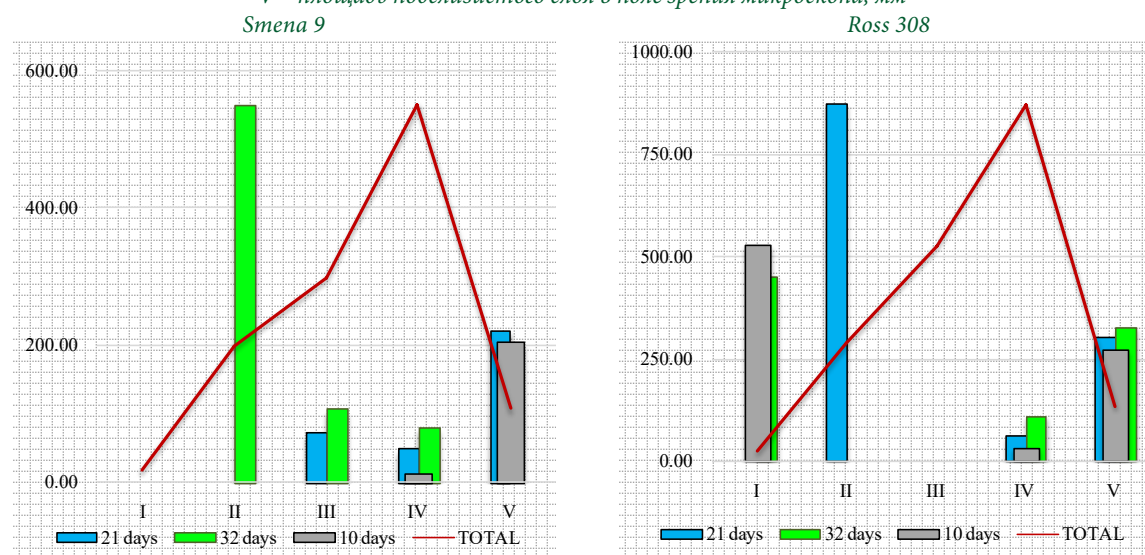


Fig. 9. Age dynamics of modal values of morphometric parameters of the intestinal stomach in broiler chickens of the cross: I – the thickness of the cuticle, mcm; II – the thickness of the mucous membrane, mcm; III – the thickness of the glandular base, mcm; IV – the number of lymphoid nodules in 1 mm²; V – the area of the submucosal layer in the field of view of the microscope, mm²

Модальные значения морфометрических показателей мышечного отдела желудка не выявлены у 40,00–46,67 % параметров обоих кроссов. Это отражало мультимодальный или равномерный характер распределения значений, не позволяя выделить среди них доминирующие (рис. 9). При этом моды для показателей «количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм²» и «площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа» практически совпадали со средними арифметическими значениями, позволяя их рассматривать в качестве репрезентативных характеристик. Следовательно, мода в рамках исследуемых выборок морфометрических показателей у кроссов не является информативной для большинства параметров мышечного отдела желуд-

ка, что сопряжено не столько с их генетическими особенностями, сколько с характеристиками распределения признаков.

Анализ медианных значений морфометрических показателей мышечного отдела желудка показал практически полное совпадение медиан со средними арифметическими значениями как у отечественного кросса Смена 9, так и у зарубежного кросса Росс 308 (рис. 10). Это свидетельствует о симметрии распределения изучаемых параметров в обеих выборках и позволяет рассматривать среднее арифметическое значение в качестве репрезентативной меры центральной тенденции при характеристике морфометрических особенностей мышечного отдела желудка у данных кроссов.

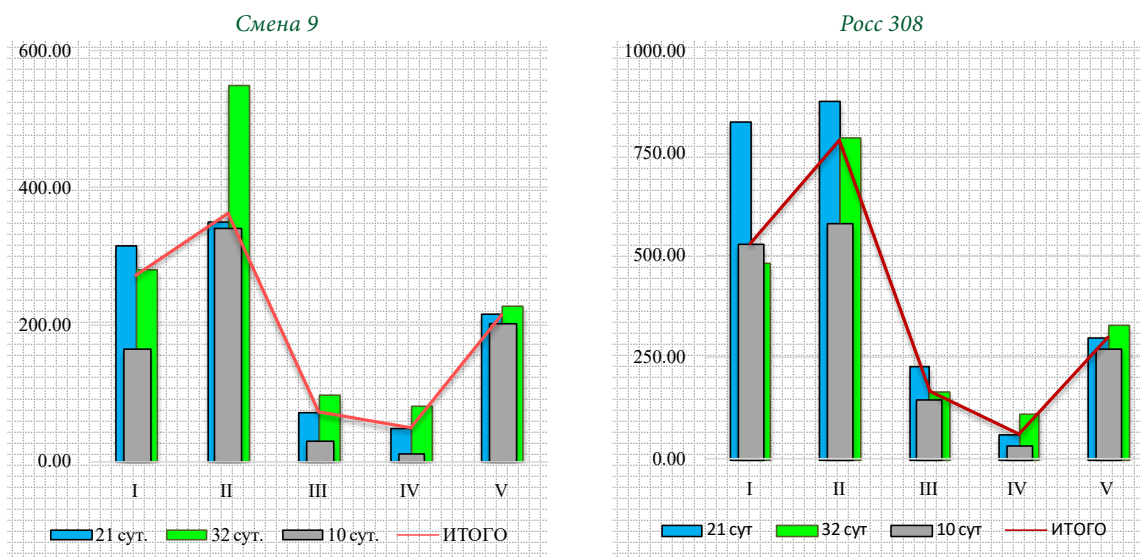


Рис. 10. Возрастная динамика медианных значений морфометрических показателей мышечного отдела желудка у цыплят-бройлеров кросса: I – толщина кутикулы, мкм; II – толщина слизистой оболочки, мкм; III – толщина подслизистой основы, мкм; IV – количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм²; V – площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм²

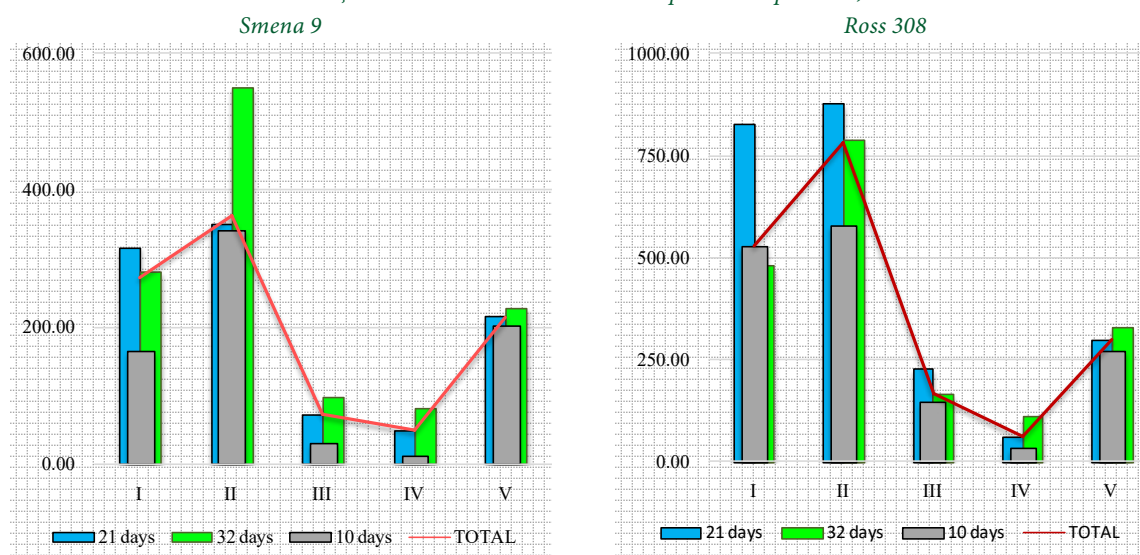


Fig. 10. Age dynamics of the median values of morphometric parameters of the intestinal stomach in broiler chickens of the cross: I – the thickness of the cuticle, mcm; II – the thickness of the mucous membrane, mcm; III – the thickness of the glandular base, mcm; IV – the number of lymphoid nodules in 1 mm²; V – the area of the submucosal layer in the field of view of the microscope, mm²

В ходе анализа относительных отклонений (%) морфометрических показателей желудка кросса Смена 9 от кросса Росс 308 установлено, что во все изученные возрастные периоды большинство признаков у отечественного кросса имеют отрицательные значения. Это свидетельствует о системных межкроссовых различиях в морфогенезе железистого и мышечного отделов желудка:

1. В 10-суточном возрасте у цыплят кросса Смена 9 значения толщины подслизистой основы и площади складки слизистой оболочки железистого отдела желудка на 69,36 и 23,05 % соответственно превышали данные кросса Росс 308. В мышечном отделе желудка у цыплят кросса Смена 9 выявля-

лись максимальные отрицательные отклонения по толщине подслизистой основы (–80,67 %), толщине кутикулы (–65,15 %) и количеству узелков лимфоидной ткани (–67,74 %). Это отражает межкроссовые различия в пространственно-временной организации морфогенеза отделов желудка на раннем этапе постнатального онтогенеза: у кросса Смена 9 приоритетно развитие структур железистого отдела (подслизистая основа, складчатость слизистой), тогда как формирование защитных (кутикула), соединительнотканых (подслизистая основа) и иммунных (лимфоидные узелки) компонентов мышечного отдела отстает по сравнению с кроссом Росс 308 (рис. 11, а).

2. Начиная с 21-суточного возраста отмечается прогрессирование относительные отрицательные отклонений морфометрических показателей желудка кросса Смена 9 по сравнению с кроссом Росс 308. На данном этапе выявлены максимальные межкроссовые различия: в железистом отделе желудка по толщине слизистой оболочки ($-55,41\%$) и количеству бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки ($-55,56\%$); в мышечном отделе желудка по толщине кутикулы ($-57,76\%$), толщине слизистой оболочки ($-60,70\%$) и толщине подслизистой основы ($-67,11\%$).

Это свидетельствует о нарастающем влиянии генетически детерминированных факторов на формирование траектории морфогенеза желудка у исследуемых кроссов (рис. 11, б).

3. К 32-суточному возрасту отрицательные отклонения между кроссами сохраняются (рис. 11, в), однако их выраженность заметно снижается по сравнению с 21-суточным возрастом. Наиболее существенное сглаживание разницы отмечено по таким показателям, как толщина слизистой оболочки железистого и мышечного отделов желудка, толщина кутикулы и толщина подслизистой основы мышечного желудка.

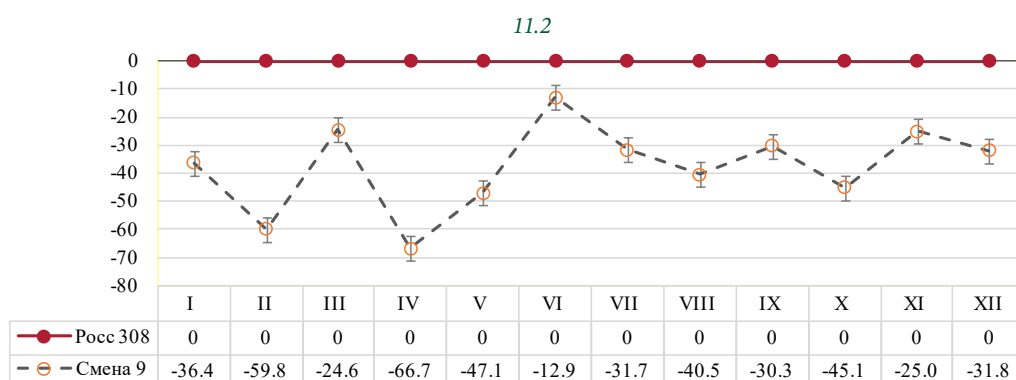
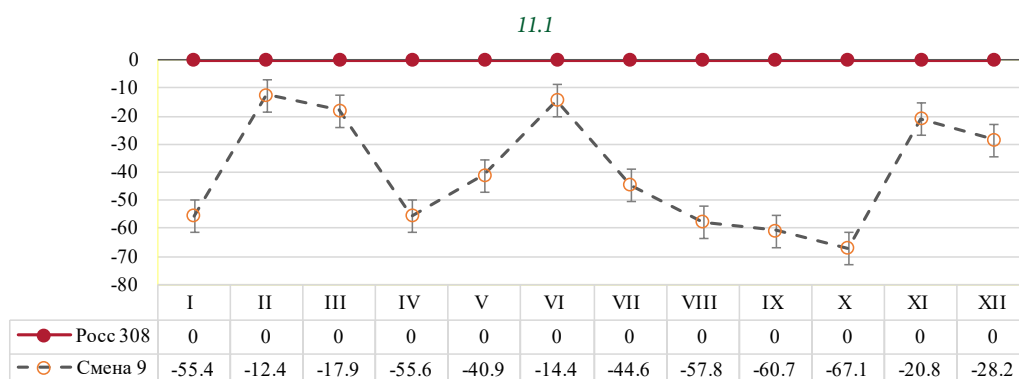
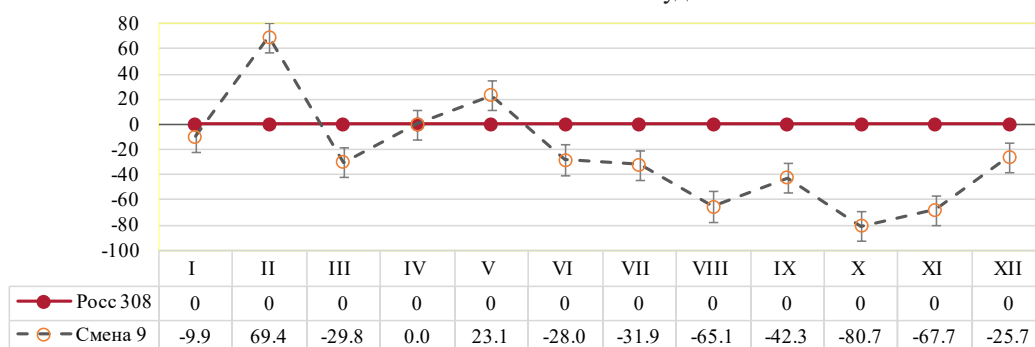


Рис. 11. Динамика относительных отклонений показателей морфометрии желудка кросса Смена 9 от кросса Росс 308, %: 11.1 – в 10-суточном возрасте; 11.2 – в 21-суточном возрасте; 11.3 – в 32-суточном возрасте. I – толщина слизистой оболочки, мкм; II – толщина подслизистой основы, мкм; III – толщина железистого компонента слизистой оболочки (*latina propria*), мкм; IV – количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки в 1 мм^2 ; V – площадь складки слизистой оболочки, мм^2 ; VI – количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм^2 ; VII – площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм^2 ; VIII – толщина кутикулы, мкм; IX – толщина слизистой оболочки, мкм; X – толщина подслизистой основы, мкм; XI – количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм^2 ; XII – площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм^2

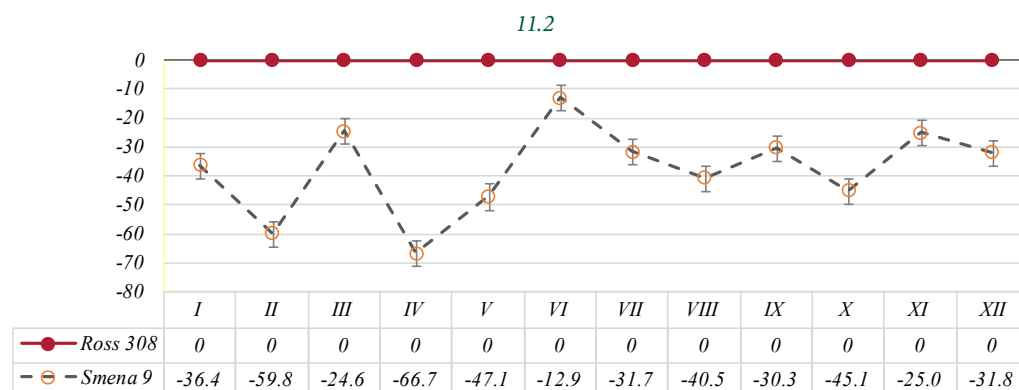
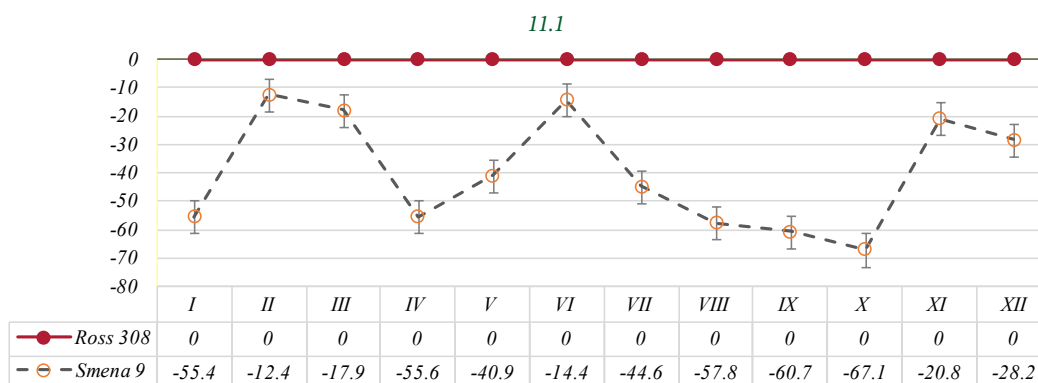
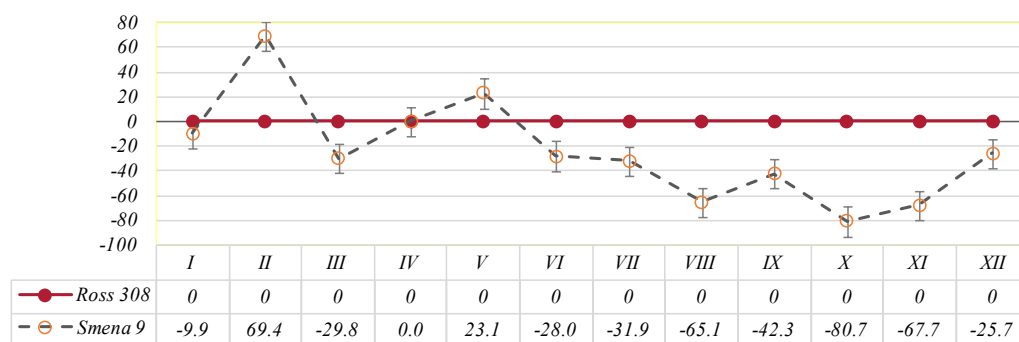


Fig. 11. The dynamics of relative deviations in the morphometry of the stomach of the Smena 9 cross from the Ross 308 cross, %: 11.1 – at 10 days of age; 11.2 – at 21 days of age; 11.3 – at 32 days of age. I – the thickness of the mucous membrane, mcm; II – the thickness of the glandular base, μm ; III – the thickness of the glandular component of the mucous membrane (lamina propria), μm ; IV – the number of goblet cells in the area of the folds of the mucous membrane in 1 mm^2 ; V – the area of the fold of the mucous membrane, μm ; VI – the number of lymphoid nodules in 1 mm^2 ; VII – the area of the submucosal layer in the field of view of the microscope, mm^2 ; VIII – the thickness of the cuticle, μm ; IX – the thickness of the mucous membrane, mcm; X – the thickness of the glandular base, μm ; XI – the number of lymphoid nodules in 1 mm^2 ; XII – the area of the submucosal layer in the field of view of the microscope, mm^2

Обобщенный анализ относительных отклонений показывает, что кросс Смена 9 уступает кроссу Росс 308 по большинству морфометрических параметров желудка на всех этапах исследования. При этом кросс Росс 308 характеризуется более стабильным и гомогенным развитием желудка на всех этапах раннего постнатального онтогенеза, тогда как Смена 9 демонстрирует большую индивидуальную изменчивость, что может быть обусловлено генетическими особенностями и открывает возможности для селекционного отбора.

По данным однофакторного дисперсионного анализа возраст выступает доминирующим факто-

ром, определяющим изменчивость морфометрических показателей желудка у цыплят-бройлеров исследуемых кроссов (таблица 3).

У кросса Смена 9 доля влияния возраста (η^2) варьировала в широком диапазоне: максимальные значения зафиксированы в железистом отделе желудка для количества узелков лимфоидной ткани (98,60 %), количества бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки (97,91 %), площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа (95,12 %); в мышечном отделе – для количества узелков лимфоидной ткани (99,42 %). Минимальное влияние возраста отмечено в железистом от-

деле желудка для толщины подслизистой основы (39,75 %) и толщины железистого компонента слизистой оболочки (*lamina propria*) (45,90 %); в мышечном отделе – площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа (44,09 %). Корреляци-

онное отношение (η) находилось в диапазоне 0,63–1,00, что свидетельствует о сильной связи морфометрических параметров с возрастом ($p \leq 0,001$ для большинства показателей).

Таблица 3
Корреляционное отношение (η) и факториальная дисперсия η^2x , % возраста птицы на морфометрические показатели желудков

Показатель	Смена 9		Росс 308	
	η	η^2x – доля влияния фактора, %	η	η^2x – доля влияния фактора, %
Живая масса, г	0,98	0,95 $\pm$ 0,34***	0,99	0,97 $\pm$ 0,20***
Железистый отдел желудка				
Толщина слизистой оболочки, мкм	0,70	49,14 $\pm$ 3,77***	0,97	94,29 $\pm$ 0,42***
Толщина подслизистой основы, мкм	0,63	39,75 $\pm$ 4,46**	0,84	70,21 $\pm$ 2,21***
Толщина железистого компонента слизистой оболочки (<i>lamina propria</i>), мкм	0,68	45,90 $\pm$ 4,01***	0,33	10,62 $\pm$ 6,62
Количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки в 1 мм ²	0,99	97,91 $\pm$ 1,46***	0,99	98,62 $\pm$ 1,39***
Площадь складки слизистой оболочки, мкм ²	0,90	80,24 $\pm$ 1,46***	0,90	81,24 $\pm$ 1,39***
Количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм ²	0,99	98,60 $\pm$ 0,10***	1,00	99,53 $\pm$ 0,04***
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	0,98	95,12 $\pm$ 0,36***	0,99	98,74 $\pm$ 0,09***
Мышечный отдел желудка				
Толщина кутикулы, мкм	0,81	66,34 $\pm$ 2,49***	0,93	86,48 $\pm$ 1,00***
Толщина слизистой оболочки, мкм	0,91	82,64 $\pm$ 1,29***	0,84	70,45 $\pm$ 2,19***
Толщина подслизистой основы, мкм	0,93	86,03 $\pm$ 1,04***	0,84	71,01 $\pm$ 2,15***
Количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм ²	1,00	99,42 $\pm$ 4,14***	1,00	99,36 $\pm$ 0,87***
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	0,66	44,09 $\pm$ 4,14***	0,94	88,32 $\pm$ 0,87***

Примечание. Значение достоверности при ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Table 3
Correlation ratio (η) and factorial variance (η^2x , %) of bird age on morphometric parameters of the stomachs

Trait	Smena 9		Ross 308	
	η	η^2x – factor influence share, % ¹	η	η^2x – factor influence share, % ¹
Live body weight, g	0.98	0.95 $\pm$ 0.34***	0.99	0.97 $\pm$ 0.20***
Glandular part of the stomach				
Mucous membrane thickness, μm	0.70	49.14 $\pm$ 3.77***	0.97	94.29 $\pm$ 0.42***
Submucosa thickness, μm	0.63	39.75 $\pm$ 4.46**	0.84	70.21 $\pm$ 2.21***
Thickness of the glandular component of the mucous membrane (<i>lamina propria</i>), μm	0.68	45.90 $\pm$ 4.01***	0.33	10.62 $\pm$ 6.62
Number of goblet cells in the area of mucosal folds, per 1 mm ²	0.99	97.91 $\pm$ 1.46***	0.99	98.62 $\pm$ 1.39***
Area of mucosal fold, μm^2	0.90	80.24 $\pm$ 1.46***	0.90	81.24 $\pm$ 1.39***
Number of lymphoid nodules, per 1 mm ²	0.99	98.60 $\pm$ 0.10***	1.00	99.53 $\pm$ 0.04***
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ²	0.98	95.12 $\pm$ 0.36***	0.99	98.74 $\pm$ 0.09***
Muscular part of the stomach				
Cuticle thickness, μm	0.81	66.34 $\pm$ 2.49***	0.93	86.48 $\pm$ 1.00***
Mucous membrane thickness, μm	0.91	82.64 $\pm$ 1.29***	0.84	70.45 $\pm$ 2.19***
Submucosa thickness, μm	0.93	86.03 $\pm$ 1.04***	0.84	71.01 $\pm$ 2.15***
Number of lymphoid nodules, per 1 mm ²	1.00	99.42 $\pm$ 4.14***	1.00	99.36 $\pm$ 0.87***
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ²	0.66	44.09 $\pm$ 4.14***	0.94	88.32 $\pm$ 0.87***

Note. Significance at ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

У кросса Росс 308 влияние возрастного фактора на морфометрические показатели желудка оказалось еще более выраженным: доля влияния (η^2) превышала 70,21 % почти для всех признаков, достигая 99,53 % для количества узелков лимфоидной ткани и 98,74 % для площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа в железистом отделе желудка; 99,36 % для количества узелков лимфоидной ткани в мышечном отделе желудка. Исключением явился показатель «толщина железистого компонента слизистой оболочки (lamina propria)», где доля влияния возраста составляет лишь 10,62 %, что указывает на высокую стабильность данного параметра в ходе выращивания. Близкие к 1,0 значения корреляционного отношения η для большинства признаков, дополнительно подтверждают выраженную возрастную детерминацию.

Анализ влияния фактора «кросс» (генотип) на изменчивость морфометрических признаков в различные периоды постнатального онтогенеза выявил существенную зависимость вклада данного фактора от возраста (таблица 4). В 10-суточном возрасте кроссовый фактор практически не влиял на живую массу (0,00 %) и количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки (0,00 %), но определял более 98 % вариации площади подслизистого слоя в поле зрения микроскопа железистого отдела и более 99 % – количество узелков лимфоидной ткани мышечного отдела желудка. На 21-е сутки выращивания доля влияния кросса достигала максимальных значений; в железистом отделе желудка для толщины слизистой оболочки (95,83 %), количества бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки (99,45 %); мышечного отдела желудка в диапазоне 87,24–95,75 % для большинства морфометрических показателей. К 32-суточному возрасту влияние кросса оставалось на высоком уровне – от 50,91 % для толщины слизистой оболочки мышечного желудка до 99,26 % для количества бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки железистого желудка.

Таким образом, у цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 возраст выступает в роли доминирующего фактора, определяющего изменчивость морфометрических параметров желудка. При этом сила связи возраста с признаками в основном соответствует критерию «сильная», отражая возрастную детерминацию структурных характеристик органа. У кросса Росс 308 по сравнению с кроссом Смена 9 возраст оказал более выраженное влияние практически на все морфометрические показатели желудка, что свидетельствует о более жесткой возраст-зависимой программе морфогенеза структур желудка. Максимальная доля влияния возраста ($\eta^2 > 95$ %) была на параметры, сопряженные с развитием лимфоидной ткани и пространственной организацией подслизистого слоя. Это подтверждает,

что формирование иммунной составляющей слизистой и архитектоники подслизистой основы строго привязано к возрастным этапам онтогенеза. Низкая доля влияния возраста на толщину железистого компонента слизистой оболочки (lamina propria) (45,90 % у кросса Смена 9 и 10,62 % у кросса Росс 308) отражает его базовую структурную роль в обеспечении целостности стенки желудка. Влияние фактора «кросс» существенно варьирует от возраста, достигая максимума в период интенсивного роста (с 21-х по 32-е сутки выращивания). Это свидетельствует о системном воздействии генотипа на формирование структурных характеристик желудка, особенно в фазах активного морфогенеза.

Результаты факторного анализа показали, что возраст оказывает влияние на большинство морфометрических признаков (доля влияния 80–99 %), но кроссовый фактор остается критически важным, особенно в периоды интенсивного роста. Значит, морфогенез желудка формируется при совместном действии этих факторов, причем их относительный вклад меняется в зависимости от этапа выращивания.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Морфофункциональные особенности органов пищеварительной системы и закономерности их морфогенеза в постнатальном онтогенезе составляют неотъемлемую часть комплекса знаний о биологии сельскохозяйственной птицы [35].

Пищеварительная система выступает ключевым звеном в обеспечении непрерывности пластических и энергетических потоков в организме птицы, формируя основу поддержания гомеостаза на клеточном и тканевом уровнях [36–38]. В связи с этим изучение возрастных морфогенетических закономерностей развития органов пищеварения имеет существенное научно-практическое значение – оно служит базой для разработки подходов повышения продуктивности птицы [38]. При этом имеющиеся в научной литературе сведения о морфологических особенностях желудка птиц характеризуются фрагментарностью и недостаточной детализацией, что обуславливает актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

Результаты комплексного гистологического и морфометрического исследования железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308, выполненного в критические возрастные точки постнатального онтогенеза (10, 21, 32 дня), свидетельствуют о наличии закономерных структурных преобразований органа в условиях интенсивного роста птицы. Установленное увеличение живой массы в 6,38–6,62 раза ($p \leq 0,001$) отражает реализацию общей программы роста организма и сопряжено с морфофункциональной адаптацией органов пищеварения [39]. При сопоставимой динамике прироста живой массы у

исследуемых кроссов выявлены межкроссовые различия в темпах и приоритетах морфогенеза отделов желудка. Данные различия указывают на специфику генетически детерминированных программ развития, определяющих пространственно-временную организацию тканевых преобразований [22; 32; 35].

Гистологическая структура отделов желудка у кроссов Смена 9 и Росс 308 в 10-, 21- и 32-суточном возрасте сохраняла типовую архитектуру, характерную для данного органа у птиц. В течение всего исследуемого периода оставались неизменными основные морфологические компоненты стенки желудка: слизистая оболочка, подслизистая основа, мышечная пластинка слизистой оболочки, железистые структуры, складки слизистой, узелки лимфоидной ткани, кутикула. Стабилен был и тип эпителиальной выстилки: в железистом отделе желудка – однослойный призматический эпителий; в мышечном отделе желудка – однослойный цилиндрический эпителий. Функциональная специфика эпителиальных пластов сопряжена с функциями соответствующих отделов желудка [40]. Однослойный призматический железистый эпителий железистого отдела желудка формирует обширное секреторное поле, обеспечивающее продукцию слизистого компонента желудочного секрета. В мышеч-

ном отделе однослойный цилиндрический эпителий инвагинирует в собственную пластинку слизистой оболочки с образованием желудочных ямок, в которые открываются выводные протоки простых трубчатых желез. Секреторный продукт этих желез склонен к затвердеванию и участвует в формировании плотной кутикулы – структуры, выполняющей защитную и механическую функции [40]. Возрастные изменения гистологической структуры отделов желудка носили преимущественно количественный характер и выражались в прогрессивном нарастании линейных параметров тканевых слоев, увеличении оптической плотности кутикулы, а также динамике плотности распределения лимфоидных узелков. Следовательно, в ходе постнатального онтогенеза не происходило радикальной перестройки гистоархитектоники отделов желудка: «базовая» тканевая организация сохранялась, а наблюдаемые изменения заключались в росте и утолщении существующих структурных компонентов. Данная динамика рассматривается как адаптивная реакция органа на возрастающие функциональные нагрузки, обусловленные увеличением объема потребляемого корма, интенсификацией обменных процессов и нарастанием механической нагрузки на отделы желудка [41].

Таблица 4

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

Признак	Корреляционное отношение, η			η^2x – доля влияния фактора, % ¹		
	Возраст, суток					
	10	21	32	10	21	32
Живая масса, г	0,06	0,01	0,14	0,00 $\pm$ 5,53	0,00 $\pm$ 5,56	0,02 $\pm$ 5,45
Толщина слизистой оболочки, мкм	0,26	0,98	0,94	6,94 $\pm$ 5,17	95,83 $\pm$ 0,23***	87,77 $\pm$ 0,68***
Толщина подслизистой основы, мкм	0,70	0,26	0,87	49,12 $\pm$ 2,83***	6,72 $\pm$ 5,18	76,40 $\pm$ 1,31***
Толщина железистого компонента слизистой оболочки (lamina propria), мкм	0,80	0,81	0,91	64,35 $\pm$ 1,98***	65,07 $\pm$ 1,94***	82,23 $\pm$ 0,99***
Количество бокаловидных клеток в зоне складок слизистой оболочки в 1 мм ²	0,00	1,00	1,00	0,00 $\pm$ 3,47	99,45 $\pm$ 1,96***	99,26 $\pm$ 2,01***
Площадь складки слизистой оболочки, мкм ²	0,61	0,80	0,80	37,57 $\pm$ ***3,47	64,78 $\pm$ 1,96***	63,73 $\pm$ 2,01***
Количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм ²	0,98	0,76	0,94	96,84 $\pm$ 0,18***	58,22 $\pm$ 2,32***	87,66 $\pm$ 0,69***
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа, мм ²	0,99	0,98	0,96	98,68 $\pm$ 0,07***	96,43 $\pm$ 0,20***	92,62 $\pm$ 0,41***
Толщина кутикулы, мкм	0,97	0,96	0,96	94,78 $\pm$ 0,29***	91,34 $\pm$ 0,48***	92,91 $\pm$ 0,39***
Толщина слизистой оболочки, мкм	0,93	0,96	0,71	86,03 $\pm$ 0,78***	91,96 $\pm$ 0,45***	50,91 $\pm$ 2,73***
Толщина подслизистой основы, мкм	0,98	0,96	0,92	95,29 $\pm$ 0,26***	92,69 $\pm$ 0,41***	84,94 $\pm$ 0,84***
Количество узелков лимфоидной ткани в 1 мм ²	1,00	0,93	0,97	99,64 $\pm$ 0,21***	87,42 $\pm$ 0,24***	94,41 $\pm$ 0,33***
Площадь подслизистого слоя в поле зрения микроскопа. мм ²	0,98	0,98	0,97	96,26 $\pm$ 0,21***	95,75 $\pm$ 0,24***	93,97 $\pm$ 0,33***

Примечание. Значение достоверности при ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Table 4

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

Trait	Correlation ratio, η			η^2x – factor influence share, % ¹		
	Days					
	10	21	32	10	21	32
Live body weight, g	0.06	0.01	0.14	0.00 ±5.53	0.00 ±5.56	0.02 ±5.45
Mucous membrane thickness, μm (glandular)	0.26	0.98	0.94	6.94 ±5.17	95.83 ±0.23***	87.77 ±0.68***
Submucosa thickness, μm (glandular)	0.70	0.26	0.87	49.12 ±2.83***	6.72 ±5.18	76.40 ±1.31***
Thickness of the glandular component of the mucous membrane (lamina propria), μm	0.80	0.81	0.91	64.35 ±1.98***	65.07 ±1.94***	82.23 ±0.99***
Number of goblet cells in the area of mucosal folds per 1 mm ²	0.00	1.00	1.00	0.00 ±3.47	99.45 ±1.96***	99.26 ±2.01***
Area of mucosal fold, μm^2	0.61	0.80	0.80	37.57 ±**3.47	64.78 ±1.96***	63.73 ±2.01***
Number of lymphoid nodules, per 1 mm ² (glandular)	0.98	0.76	0.94	96.84 ±0.18***	58.22 ±2.32***	87.66 ±0.69***
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ² (glandular)	0.99	0.98	0.96	98.68 ±0.07***	96.43 ±0.20***	92.62 ±0.41***
Cuticle thickness, μm	0.97	0.96	0.96	94.78 ±0.29***	91.34 ±0.48***	92.91 ±0.39***
Mucous membrane thickness, μm (muscular)	0.93	0.96	0.71	86.03 ±0.78***	91.96 ±0.45***	50.91 ±2.73***
Submucosa thickness, μm (muscular)	0.98	0.96	0.92	95.29 ±0.26***	92.69 ±0.41***	84.94 ±0.84***
Number of lymphoid nodules per 1 mm ² (muscular)	1.00	0.93	0.97	99.64 ±0.21***	87.42 ±0.24***	94.41 ±0.33***
Area of the submucosal layer in the microscope field of view, mm ² (muscular)	0.98	0.98	0.97	96.26 ±0.21***	95.75 ±0.24***	93.97 ±0.33***

Note. Significance at ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

При этом установлено значимое влияние кроссового (генетического) фактора на гистологические характеристики отделов желудка в 10-, 21- и 32-суточном возрасте. У кросса Росс 308 выявлены более выраженные линейные параметры стенки мышечного желудка, повышенная плотность лимфоидных узелков и более ранняя структурная однородность кутикулы. В свою очередь, у кросса Смена 9 в 32-суточном возрасте отмечено специфическое увеличение плотности лимфоидной ткани в железистом отделе желудка. Указанные различия отражают генетически детерминированные особенности морфогенеза и свидетельствуют о реализации кросс-специфичных стратегий структурной адаптации органа в ходе онтогенеза [42].

Функционирование различных органов, в том числе и желудка, сопряжено с его морфологическими характеристиками [43]. С этой целью мы изучали изменчивость морфометрических параметров, которые характеризуют структурную организацию органа, его функциональный потенциал, состояние местного иммунитета, адаптивные перестройки и т. д. Анализ результатов морфометрии железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров кроссов Смена 9 и Росс 308 показал, что морфогенез

желудка реализуется под комплексным влиянием двух факторов: возраста и генотипа (принадлежности к кроссу), – относительный вклад которых динамически изменяется в зависимости от этапа постнатального онтогенеза. Уже в 10-суточном возрасте выявлены значимые межкроссовые различия по ряду морфометрических показателей, причём их выраженность в мышечном отделе желудка превышала таковую в железистом. У кросса Росс 308 отмечено опережающее формирование функционально значимых структур: кутикулы, подслизистой основы и лимфоидных узелков, что потенциально обеспечивало более высокую устойчивость органа к механическим нагрузкам. У кросса Смена 9 приоритет развития смещен в сторону железистого отдела (толщина подслизистой основы, площадь складок слизистой) при относительном отставании структур мышечного отдела.

Возрастная динамика морфометрических показателей имела разнонаправленный характер у исследуемых кроссов. Так, толщина подслизистой основы в железистом отделе желудка у кросса Смена 9 снижалась к 32 суткам в 1,52 раза ($p \leq 0,001$), а у Росс 308, напротив, увеличивалась в 2,76 раза ($p \leq 0,001$). Аналогичные различия выявлены

в динамике бокаловидных клеток (снижение в 2,33 раза у кросса Смена 9 и рост в 1,29 раза у кросса Росс 308), темпах нарастания площади складок слизистой оболочки (в 1,95 раза у кросса Смена 9 против 4,54 раза у кросса Росс 308). Это отражало различия в стратегиях формировании секреторного компонента слизистой оболочки и в ее архитектонике, обусловленные кроссовым фактором [44; 45].

Статистический анализ (оценка моды, медианы, однофакторный дисперсионный анализ) показал симметричность распределения большинства морфометрических показателей и обоснованность применения параметрических методов. Совпадение моды, медианы и среднего арифметического свидетельствовало о репрезентативности средних значений как характеристик выборки. Анализ относительных отклонений морфометрических показателей двух кроссов выявил системные межкроссовые различия: на всех этапах исследования большинство параметров у кросса Смена 9 имели отрицательные отклонения, причем их максимальные значения фиксировались на 21-е сутки, а к 32-м суткам наблюдалось частичное сглаживание разницы по ряду показателей. Это свидетельствовало о нарастающем влиянии генетически детерминированных факторов в середине периода выращивания с последующей частичной конвергенцией некоторых параметров.

Результаты дисперсионного анализа показали, что возраст является доминирующим фактором изменчивости морфометрических признаков: доля его влияния (η^2) достигала 95–99 % для ряда параметров (количество лимфоидных узелков, площадь подслизистого слоя, количество бокаловидных клеток). При этом у кросса Росс 308 возрастная детерминация оказалась еще более выраженной, что указывает на более жесткую, синхронизированную программу морфогенеза. Вклад фактора «кросс» существенно возрастал в период интенсивного роста (21–32 сутки), достигая 99,45 % для ряда показателей, что свидетельствует о системном воздействии генотипа на морфогенез в фазах активного развития.

Результаты наших исследований позволили сформулировать следующие выводы:

1. Морфогенез желудка, несмотря на сопоставимую динамику увеличения живой массы у кроссов Смена 9 и Росс 308, реализуется по разным траекториям, отражающим специфику их генетики. У исследуемых кроссов сохраняется типовая гистоархитектоника отделов желудка; возрастные изменения

затрагивают преимущественно количественные параметры и отдельные компоненты (количество лимфоидных узелков, толщина кутикулы).

2. Межкроссовые различия по морфометрическим показателям выявляются уже в 10-суточном возрасте, особенно в функционально значимых зонах желудка (толщина кутикулы, подслизистой основы, количество лимфоидных узелков), что указывает на раннюю реализацию генетически обусловленных приоритетов в тканевом росте. Кросс Росс 308 демонстрирует более сбалансированное нарастание структурных компонентов (кутикула, слизистая оболочка, подслизистая основа), а также усиление секреторного аппарата (рост числа бокаловидных клеток). У кросса «Смена 9» наблюдается перераспределение ресурсов: приоритет в развитии железистого отдела на ранних этапах и специфическое нарастание лимфоидной ткани на поздних при отставании в формировании защитных и соединительнотканых структур мышечного отдела.

3. Возраст и кросс влияют на гистологические и морфометрические особенности железистого и мышечного отделов желудка цыплят-бройлеров. Основным фактором, определяющим изменчивость морфометрических показателей желудка у обоих кроссов, является возраст (η^2 превышает 80–99 %; сила связи классифицируется как сильная ($\eta = 0,63 \dots 1,00$; $p \leq 0,001$)). У кросса Росс 308 влияние возраста на большинство морфометрических более значимо, по сравнению с кроссом Смена 9. Значимость фактора «кросс» прогрессивно возрастает и в наибольшей степени проявляется в 21- и 32-суточном возрасте.

4. Симметричность распределения морфометрических данных (совпадение моды, медианы и среднего) позволяет корректно использовать средние значения как репрезентативные характеристики выборок и применять параметрические методы анализа.

Выявленные закономерности могут быть использованы как морфологические критерии оценки физиологической зрелости желудка у бройлеров разных кроссов. Это дает возможность дифференцировать технологические подходы к кормлению и содержанию: для кросса Смена 9 может быть целесообразен более плавный переход на корма с повышенной механической нагрузкой, тогда как кросс Росс 308, вероятно, способен раньше адаптироваться к таким рационам за счет более раннего и выраженного развития защитных структур желудка.

Библиографический список

1. Овчинников А. А., Яптик Н. Д. Переваримость питательных веществ и использование энергии рациона цыплят-бройлеров с кормовой фитопребиотической добавкой // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2025. Т. 5, № 238. С. 3–12. DOI: 10.33920/sel-05-2505-01.

2. Strobel S., Encarnação J. A., Becker N. I., Trenczek T. E. Histological and histochemical analysis of the gastrointestinal tract of the common pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) // *European Journal of Histochemistry*. 2015. Vol. 59, No. 2. Article number 2477. DOI: 10.4081/ejh.2015.2477.
3. Неверова О. П., Горелик О. В., Харлап С. Ю. [и др.] Влияние биотехнологической добавки на весовой рост цыплят-бройлеров // *Аграрная наука*. 2023. Т. 376, № 11. С. 70–75. DOI: 10.32634/0869-8155-2023376-11-70-75.
4. Гриценко С. А., Белоокова 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. Т. 376, № 11. С. 82–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87.
5. Топурия Г. М., Топурия Л. Ю., Григорьева Е. В., Ребезов М. Б. Влияние пробиотиков на продуктивность цыплят-бройлеров // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 2 (46). С. 143–145.
6. Погосян Д. Г., Рыбалко М. Н. Продуктивные качества цыплят-бройлеров в зависимости от уровня протеина и обменной энергии в комбикормах // *Нива Поволжья*. 2024. № 1 (69). Article number 2002. DOI: 10.36461/NP.2024.69.1.018.
7. Роженцов А. Л., Смоленцев С. Ю. Эффективность технологии выращивания цыплят-бройлеров различных кроссов // *Ветеринарный врач*. 2019. № 1. С. 55–58. DOI: 10.33632/1998-698X.2019-1-55-59.
8. Гриценко С. А., Белоокова О. В., Ребезов М. Б. Взаимосвязь показателей роста товарного поголовья мясной птицы в различные периоды онтогенеза // *Все о мясе*. 2024. № 2. С. 40–45. DOI: 10.21323/2071-2499-2024-2-40-45.
9. Бессарабова Е. В., Миронова Е. Е., Мирзаев М. Н. Влияние кормовой добавки «Мелавит» на динамику роста и развития цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2025. Т. 1, № 4. С. 96–102. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202504111.
10. Smith D. M., Grasty R. C., Theodosiou N. A., Tabin C. J., Nascone-Yoder N. M. Evolutionary relationships between the amphibian, avian, and mammalian stomachs // *Evolution & Development*. 2000. Vol. 2, No. 6. Pp. 348–359. DOI: 10.1046/j.1525-142x.2000.00076.x.
11. Dann J., Qu Z., Shearwin-Whyatt L., van der Ploeg R., Grützner F. Pseudogenization of NK3 homeobox 2 (*Nkx3.2*) in monotremes provides insight into unique gastric anatomy and physiology // *Open Biology*. 2024. Vol. 14, No. 7. Article number 240071. DOI: 10.1098/rsob.240071.
12. Baltic B. M., Lazic I. B., Mrdovic B., et al. Relationships between broiler final weights and histomorphometric parameters of certain segments of the intestine // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 854, No. 1. Article number 012006. DOI: 10.1088/1755-1315/854/1/012006.
13. 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. Т. 10, № 5. С. 74–87. DOI: 10.12731/wsd-2018-5-74-87.
14. Caviedes-Vidal E., McWhorter T. J., Lavin S. R., et al. The digestive adaptation of flying vertebrates: high intestinal paracellular absorption compensates for smaller guts // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007. Vol. 104, No. 48. Pp. 19132–19137. DOI: 10.1073/pnas.0703159104.
15. Dörper A., Gort G., van Harn J., et al. Performance, egg quality and organ traits of laying hens fed black soldier fly larvae products // *Poultry Science*. 2024. Vol. 103, No. 11. Article number 104229. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104229.
16. Biasato I., Ferrocino I., Biasibetti E., et al. Modulation of intestinal microbiota, morphology and mucin composition by dietary insect meal inclusion in free-range chickens // *BMC Veterinary Research*. 2018. Vol. 14, No. 1. Article number 383. DOI: 10.1186/s12917-018-1690-y.
17. Thompson C. A., DeLaForest A., Battle M. A. Patterning the gastrointestinal epithelium to confer regional-specific functions // *Developmental Biology*. 2018. Vol. 435, No. 2. Pp. 97–108. DOI: 10.1016/j.ydbio.2018.01.006.
18. Duangnumsaeng Y., Zentek J., Goodarzi Boroojeni F. Development and functional properties of intestinal mucus layer in poultry // *Frontiers in Immunology*. 2021. Vol. 12. Article number 745849. DOI: 10.3389/fimmu.2021.745849.
19. Панина Е. В., Просекова Е. А., Черепанова Н. Г. [и др.] Влияние различных кормовых добавок на гистологическую структуру железистого отдела желудка цыплят-бройлеров // *Зоотехния*. 2021. № 1. С. 30–34. DOI: 10.25708/ZT.2020.63.83.007.
20. Liman N., Alan E., Küçük Bayram G. The differences between the localizations of MUC1, MUC5AC, MUC6 and osteopontin in quail proventriculus and gizzard may be a reflection of functional differences of stomach parts // *Journal of Anatomy*. 2010. Vol. 217, No. 1. Pp. 57–66. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2010.01243.x.
21. Takasaki R., Kobayashi Y. Anatomical description of neornithine stomach with implications on neornithine stomach morphology // *Journal of Anatomy*. 2024. Vol. 245, No. 5. Pp. 787–796. DOI: 10.1111/joa.14123.

22. Chen F., Yang G., Qiu H., Gao S., Hou L., Dong J., Zhao P., Dong W. Deoxynivalenol-induced pyroptosis and autophagy inhibition collectively promote inflammatory injury in the glandular stomach of chicken embryos // *Poultry Science*. 2025. Vol. 104, No. 5. Article number 105052. DOI: 10.1016/j.psj.2025.105052.
23. Ibrahim I. A., Mokhtar D. M., Fadl S. The morphological development of the proventriculus of Dandarawi chick: light and electron microscopical studies // *Morphologie*. 2020. Vol. 104, No. 344. DOI: 10.1016/j.morpho.2019.09.006.
24. Мифтахутдинов А. В., Ноговицина Е. А., Акентьева 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. Т. 399, № 10. С. 8–16. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16.
25. Takasaki R., Kobayashi Y. Effects of diet and gizzard muscularity on grit use in domestic chickens // *PeerJ*. 2020. Vol. 8. Article number e10277. DOI: 10.7717/peerj.10277.
26. Шкуратова И. А., Дроздова Л. И., Петрова И. М. [и др.] Возрастные аспекты структурно-функциональной дегенерации тканей органов кур в условиях промышленного содержания // *Аграрный научный журнал*. 2025. № 2. С. 108–116. DOI: 10.28983/asjy2025i2pp108-116.
27. Зинина О. В., Меренкова С. П., Ребезов М. Б., Вишнякова Е. А. Исследование свойств белковых гидролизатов, полученных из желудков цыплят-бройлеров, как потенциального компонента биоактивных пленочных покрытий // *Пищевые системы*. 2024. Т. 7, № 1. С. 44–51. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51.
28. Ваххаб С. А., Бушукина О. С. Морфологическая характеристика желудка цыплят кроссов «Росс-308» и «Хайсекс браун» // *Птицеводство*. 2018. № 1. С. 45–49.
29. Колесник Е. А., Дерхо М. А., Ребезов М. Б., Мамылина Н. В. Индекс атерогенности, соотношения липопротеинов, общего холестерина и белка бройлерных кур как фактор здоровьесберегающих технологий // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 11. С. 1459–1475. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475.
30. Ролдугина Н. П., Никитченко В. Е., Яглов В. В. Практикум по цитологии, гистологии и эмбриологии. Москва: Колос, 2004. 122 с.
31. Колесник Е. А., Дерхо М. А., Ребезов М. Б. Функциональные морфоденситометрические параметры хроматина ядра и цитоплазмы эритробластов и эритроцитов птиц в постэмбриональном онтогенезе // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 1. С. 59–85. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-59-85.
32. Адельгейм Е. Е., Горшкова Е. В. Морфологическая характеристика мышечного отдела желудка цыплят-бройлеров при введении в рацион БАВ // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. Т. 6, № 74. С. 174–176.
33. Дроздова Л. И., Даут А. В., Корч М. А. Сравнительное морфологическое исследование железистых желудков кур и гусей // *Международный журнал аграрной науки и образования*. 2025. Т. 2, № 6. С. 62–67.
34. Бытов М. В., Петрова И. М., Дроздова Л. И. [и др.] Возрастные особенности морфологических изменений кишечника кур и экспрессии SOD1 // *Птицеводство*. 2026. № 2. С. 28–35. DOI: 10.33845/0033-3239-2026-75-2-28-35.
35. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., et al. Physicochemical, functional, and technological properties of protein hydrolysates obtained by microbial fermentation of broiler chicken gizzards // *Fermentation*. 2022. Vol. 8, No. 7. Article 317. DOI: 10.3390/fermentation8070317.
36. Курмашева С. С., Сложенкина М. И., Комарова З. Б., Головин В. В., Воронина Т. В. Особенности постэмбрионального развития железистого желудка цыплят кросса Росс 308 // *Аграрно-пищевые инновации*. 2020. Т. 1, № 9. С. 30–38. DOI: 10.31208/2618-7353-2020-9-30-38.
37. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Комплексная оценка роли гормональных и метаболических факторов в процессах роста и развития у цыплят-бройлеров // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2015. № 4. С. 72–81.
38. Рассказова Е. Д., Семенютин В. В. Гистоструктура и масса некоторых иммунокомпетентных органов цыплят-бройлеров при скормливании кормовой добавки «ЭНТ-ОЙЛ ИНДРОРУЖ НМ» // *Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии*. 2025. Т. 1, № 35. С. 13–17.
39. Вертипрахов В. Г. Физиология кишечного пищеварения у кур (экспериментальный подход): монография. Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. 175 с.
40. Дымков А. Б., Понтанькова Е. П., Полянская В. В. Интенсивность развития цыплят-бройлеров кросса «Смена 9» в первые недели онтогенеза // *Главный зоотехник*. 2024. Т. 10, № 255. С. 17–26. DOI: 10.33920/sel-03-2410-02.
41. Селезнева М. С., Зайцева Е. В. К морфологии желудка сельскохозяйственных птиц // *Ученые записки Брянского государственного университета*. 2016. № 2. С. 76–80.
42. Матвеев О. А., Жамбулов М. М. Морфометрические показатели органов пищеварения цыплят-бройлеров кросса Росс 308 // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. № 1. С. 119–122.

43. Li Y., Liu X., Bai X., et al. Genetic parameters estimation and genome-wide association studies for internal organ traits in an F2 chicken population // *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2022. Vol. 139, No. 4. Pp. 434–446. DOI: 10.1111/jbg.12674.

44. Richardson N. T., Jahnel R. E., Mekanjuola B. O., et al. Meta-analysis of poultry organ weights and their relationship with meat yield // *Poultry Science*. 2025. Vol. 104, No. 11. Article number 105634. DOI: 10.1016/j.psj.2025.105634.

45. Madkour F. A., Kandyel R. M. Histomorphology and ultrastructure of the proventriculus of the broad breasted white turkey (*Meleagris gallopavo*, Linnaeus 1758) // *Microscopy Research and Technique*. 2022. Vol. 85, No. 11. Pp. 3514–3529. DOI: 10.1002/jemt.24203.

Об авторах:

Марина Аркадьевна Дерхо, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой естественнонаучных дисциплин, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0003-3818-0556, AuthorID 310613. *E-mail: derkho2010@yandex.ru*

Светлана Анатольевна Гриценко, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0003-2334-4925, AuthorID 304056. *E-mail: zf.usavm@mail.ru*

Павел Валерьевич Бурков, кандидат ветеринарных наук, руководитель научно-исследовательского центра биотехнологии репродукции животных, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0001-7515-5670, AuthorID 282451. *E-mail: burcovpavel@mail.ru*

Юлия Васильевна Матросова, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой птицеводства, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0003-0980-3195, AuthorID 409426. *E-mail: vasilek_23@mail.ru*

Максим Борисович Ребезов, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия; ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764. *E-mail: m.rebezov@fnpcps.ru*

References

1. Ovchinnikov A. A., Yaptik N. D. Digestibility of nutrients and energy utilization in broiler chickens fed with a phytorebiotic feed additive. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2025; 5 (238): 3–12. DOI: 10.33920/sel-05-2505-01. (In Russ.)

2. Strobel S., Encarnação J. A., Becker N. I., Trenczek T. E. Histological and histochemical analysis of the gastrointestinal tract of the common pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*). *European Journal of Histochemistry*. 2015; 59 (2): 2477. DOI: 10.4081/ejh.2015.2477.

3. Neverova O. P., Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., et al. Influence of a biotechnological additive on the weight growth of broiler chickens. *Agrarian Science*. 2023; 376 (11): 70–75. DOI: 10.32634/0869-8155-2023376-11-70-75. (In Russ.)

4. 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; 376 (11): 82–87. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-82-87. (In Russ.)

5. Topuriya G. M., Topuriya L.Yu., Grigoryeva E. V., Rebezov M. B. The influence of probiotics on the productivity of broiler chickens. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014; 2 (46): 143–145. (In Russ.)

6. Pogosyan D. G., Rybalko M. N. Productive qualities of broiler chickens depending on the level of protein and total energy in compound feeds. *Volga Region Farmland*. 2024; 1 (69): 2002. DOI: 10.36461/NP.2024.69.1.018. (In Russ.)

7. Rozhentsov A. L., Smolentsev S. Yu. Efficiency of the technology for raising broiler chickens of various crosses. *Veterinarny Vrach*. 2019; 1: 55–58. DOI: 10.33632/1998-698X.2019-1-55-59. (In Russ.)

8. Gritsenko S. A., Belookova O. V., Rebezov M. B. Interrelationship of growth indicators of commercial poultry population in different periods of ontogenesis. *Vsyo o Myase*. 2024; 2: 40–45. DOI: 10.21323/2071-2499-2024-2-40-45. (In Russ.)

9. Bessarabova E. V., Mironova E. E., Mirzaev M. N. The effect of the feed additive “Melavit” on the growth and development dynamics of Ross 308 cross broiler chickens. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2025; 1 (4): 96–102. DOI: 10.36871/vet.zoo.bio.202504111. (In Russ.)

10. Smith D. M., Grasty R. C., Theodosiou N. A., Tabin C. J., Nascone-Yoder N. M. Evolutionary relationships between the amphibian, avian, and mammalian stomachs. *Evolution & Development*. 2000; 2 (6): 348–359. DOI: 10.1046/j.1525-142x.2000.00076.x.

11. Dann J., Qu Z., Shearwin-Whyatt L., van der Ploeg R., Grützner F. Pseudogenization of NK3 homeobox 2 (Nkx3.2) in monotremes provides insight into unique gastric anatomy and physiology. *Open Biology*. 2024; 14 (7): 240071. DOI: 10.1098/rsob.240071.
12. Baltic B. M., Lazic I. B., Mrdovic B., et al. Relationships between broiler final weights and histomorphometric parameters of certain segments of the intestine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 854 (1): 012006. DOI: 10.1088/1755-1315/854/1/012006.
13. Ponkratova T. Yu., Meleshkov S. F., Sidorova D. G. Morphometric characteristics of the jejunum and ileum of broiler chickens of the Ross 308 cross after 30 and 40 days of the postnatal period under normal conditions and with the addition of post-alcohol dry distiller's grains to the diet. *In the World of Scientific Discoveries*. 2018; 10 (5): 74–87. DOI: 10.12731/wsd-2018-5-74-87. (In Russ.)
14. Caviedes-Vidal E., McWhorter T. J., Lavin S. R., et al. The digestive adaptation of flying vertebrates: high intestinal paracellular absorption compensates for smaller guts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007; 104 (48): 19132–19137. DOI: 10.1073/pnas.0703159104.
15. Dörper A., Gort G., van Harn J., et al. Performance, egg quality and organ traits of laying hens fed black soldier fly larvae products. *Poultry Science*. 2024; 103 (11): 104229. DOI: 10.1016/j.psj.2024.104229.
16. Biasato I., Ferrocino I., Biasibetti E., et al. Modulation of intestinal microbiota, morphology and mucin composition by dietary insect meal inclusion in free-range chickens. *BMC Veterinary Research*. 2018; 14 (1): 383. DOI: 10.1186/s12917-018-1690-y.
17. Thompson C. A., DeLaForest A., Battle M. A. Patterning the gastrointestinal epithelium to confer regional-specific functions. *Developmental Biology*. 2018; 435 (2): 97–108. DOI: 10.1016/j.ydbio.2018.01.006.
18. Duangnumsaeng Y., Zentek J., Goodarzi Boroojeni F. Development and functional properties of intestinal mucus layer in poultry. *Frontiers in Immunology*. 2021; 12: 745849. DOI: 10.3389/fimmu.2021.745849.
19. Panina E. V., Prosekova E. A., Cherepanova N. G., et al. The effect of various feed additives on the histological structure of the glandular part of the stomach in broiler chickens. *Journal Zootechniya*. 2021; 1: 30–34. DOI: 10.25708/ZT.2020.63.83.007. (In Russ.)
20. Liman N., Alan E., Küçük Bayram G. The differences between the localizations of MUC1, MUC5AC, MUC6 and osteopontin in quail proventriculus and gizzard may be a reflection of functional differences of stomach parts. *Journal of Anatomy*. 2010; 217 (1): 57–66. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2010.01243.x.
21. Takasaki R., Kobayashi Y. Anatomical description of neornithine stomach with implications on neornithine stomach morphology. *Journal of Anatomy*. 2024; 245 (5): 787–796. DOI: 10.1111/joa.14123.
22. Chen F., Yang G., Qiu H., 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. DOI: 10.1016/j.psj.2025.105052.
23. Ibrahim I. A., Mokhtar D. M., Fadl S. The morphological development of the proventriculus of Dandara wi chick: light and electron microscopical studies. *Morphologie*. 2020; 104 (344). DOI: 10.1016/j.morpho.2019.09.006.
24. Miftakhutdinov A. V., Nogovitsina E. A., Akentyeva 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; 399 (10): 8–16. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16. (In Russ.)
25. Takasaki R., Kobayashi Y. Effects of diet and gizzard muscularity on grit use in domestic chickens. *PeerJ*. 2020; 8: e10277. DOI: 10.7717/peerj.10277.
26. Shkuratova I. A., Drozdova L. I., Petrova I. M., et al. Age-related aspects of structural and functional degeneration of chicken organ tissues under industrial housing conditions. *Agrarian Scientific Journal*. 2025; 2: 108–116. DOI: 10.28983/asj.2025i2pp108-116. (In Russ.)
27. Zinina O. V., Merenkova S. P., Rebezov M. B., Vishnyakova E. A. Study of the properties of protein hydrolysates obtained from the stomachs of broiler chickens as a potential component of bioactive film coatings. *Food Systems*. 2024; 7 (1): 44–51. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51. (In Russ.)
28. Vakhhab S. A., Bushukina O. S. Morphological characteristics of the stomach of chickens of the Ross-308 and Hisex Brown crosses. *Pticevodstvo*. 2018; 1: 45–49. (In Russ.)
29. Kolesnik E. A., Derkho M. A., Rebezov M. B., Mamilina N. V. Atherogenicity index, lipoprotein ratio, total cholesterol and protein of broiler chickens as a factor in health-saving technologies. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1459–1475. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1459-1475. (In Russ.)
30. Roldugina N. P., Nikitchenko V. E., Yaglov V. V. *Practical Course in Cytology, Histology and Embryology*. Moscow: Kolos, 2004. 122 p. (In Russ.)
31. Kolesnik E. A., Derkho M. A., Rebezov M. B. Functional morphodensitometric parameters of the chromatin of the nucleus and cytoplasm of erythroblasts and erythrocytes of birds in postembryonic ontogenesis. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (1): 59–85. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-59-85. (In Russ.)

32. Adelgeim E. E., Gorshkova E. V. Morphological characteristics of the muscular part of the stomach in broiler chickens when biologically active substances are introduced into the diet. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; 6 (74): 174–176. (In Russ.)
33. Drozdova L. I., Daut A. V., Korch M. A. Comparative morphological study of the glandular stomachs of chickens and geese. *International Journal of Agrarian Science and Education*. 2025; 2 (6): 62–67. (In Russ.)
34. Bytov M. V., Petrova I. M., Drozdova L. I., et al. Age-related features of morphological changes in the chicken intestine and SOD1 expression. *Pticevodstvo*. 2026; 2: 28–35. DOI: 10.33845/0033-3239-2026-75-2-28-35. (In Russ.)
35. Zinina O., Merenkova S., Rebezov M., Galimov D., Khayrullin M., Burkov P. Physicochemical, functional, and technological properties of protein hydrolysates obtained by microbial fermentation of broiler chicken gizzards. *Fermentation*. 2022; 8 (7): 317. DOI: 10.3390/fermentation8070317.
36. Kurmasheva S. S., Slozhenkina M. I., Komarova Z. B., Golovin V. V., Voronina T. V. Features of post-embryonic development of the glandular stomach in Ross 308 crossbred chickens. *Agrarian-and-Food Innovations*. 2020; 1 (9): 30–38. DOI: 10.31208/2618-7353-2020-9-30-38. (In Russ.)
37. Kolesnik E. A., Derkho M. A. A comprehensive assessment of the role of hormonal and metabolic factors in the processes of growth and development in broiler chickens. *Problems of Productive Animal Biology*. 2015; 4: 72–81. (In Russ.)
38. Rasskazova E. D., Semenyutin V. V. Histostructure and mass of some immunocompetent organs of broiler chickens when fed the feed additive “ENT-OIL INDRO-NM”. *Actual Issues in Agricultural Biology*. 2025; 1 (35): 13–17. (In Russ.)
39. Vertiprakhov V. G. *Physiology of Intestinal Digestion in Chickens (Experimental Approach)*: monograph. Moscow: RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev, 2022. 175 p. (In Russ.)
40. Dymkov A. B., Pontankova E. P., Polyanskaya V. V. The intensity of development of broiler chickens of the “Smena 9” cross in the first weeks of ontogenesis. *Head of Animal Breeding*. 2024; 10 (255): 17–26. DOI: 10.33920/sel-03-2410-02. (In Russ.)
41. Selezneva M. S., Zaytseva E. V. On the morphology of the stomach of agricultural birds. *Scientific Notes of the Bryansk State University*. 2016; 2: 76–80. (In Russ.)
42. Matveev O. A., Zhambulov M. M. Morphometric parameters of digestive organs of broiler chickens of the Ross 308 cross. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017; 1: 119–122. (In Russ.)
43. Li Y., Liu X., Bai X., et al. Genetic parameters estimation and genome-wide association studies for internal organ traits in an F2 chicken population. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2022; 139 (4): 434–446. DOI: 10.1111/jbgs.12674.
44. Madkour F. A., Kandyl R. M. Histomorphology and ultrastructure of the proventriculus of the broad breasted white turkey (*Meleagris gallopavo*, Linnaeus 1758). *Microscopy Research and Technique*. 2022; 85 (11): 3514–3529. DOI: 10.1002/jemt.24203.
45. Richardson N. T., Jahnel R. E., Mekanjuola B. O., et al. Meta-analysis of poultry organ weights and their relationship with meat yield. *Poultry Science*. 2025; 104 (11): 105634. DOI: 10.1016/j.psj.2025.105634.

Authors' information:

Marina A. Derkho, doctor of biological sciences, professor, head of the department of natural sciences, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia; ORCID 0000-0003-3818-0556, AuthorID 310613.

E-mail: derkho2010@yandex.ru

Svetlana A. Gritsenko, doctor of biological sciences, professor, head of the department of feeding, animal hygiene, technology of production and processing of agricultural products, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia; ORCID 0000-0003-2334-4925, AuthorID 304056. E-mail: zf.usavm@mail.ru

Pavel V. Burkov, candidate of veterinary sciences, head of the research center for animal reproduction biotechnology, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia; ORCID 0000-0001-7515-5670, AuthorID 282451. E-mail: burcovpavel@mail.ru

Yuliya V. Matrosova, doctor of agricultural sciences, head of the department of poultry farming, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia; ORCID 0000-0003-0980-3195, AuthorID 409426.

E-mail: vasilek_23@mail.ru

Maksim B. Rebezov, doctor of agricultural sciences, candidate of veterinary sciences, professor, chief researcher, Gorbato Research Center for Food Systems, Moscow, Russia; ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764.

E-mail: m.rebezov@fncps.ru