

Анастасия Олеговна Федорова^{1✉}, Вадим Александрович Михайлов²

^{1,2}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹anfedka@list.ru

²mikhailovvadim15@gmail.com

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ ИНДЕЙКИ В ПЕРИОД РОСТА

Цель исследования – выявить наиболее интенсивный и продуктивный период роста двенадцатиперстной кишки у индеек в зависимости от возраста путем расчета коэффициента корреляции и регрессии. Объект исследования – индейки породы Hybrid Converter novo, приобретенные на предприятиях Амурской области. Для проведения анализа был выполнен отбор проб по 9 особей из каждой возрастной группы: 1, 7, 14, 21, 28, 60, 90 и 120 дней. В общей сложности в исследовании приняли участие 72 птицы в возрасте от 1 до 120 сут. Для изучения морфометрических характеристик использовались такие инструменты, как линейки, штангенциркули и прецизионные весы с точностью до 0,01 г. В ходе исследования были измерены основные параметры – общая длина, максимальная ширина и масса органа. Для количественной оценки взаимосвязей между массой двенадцатиперстной кишки и массой тела птиц применялись биометрические методы, включая расчет коэффициентов корреляции и регрессии. Максимальная относительная масса двенадцатиперстной кишки равна 2,13. Максимальная относительная скорость прироста (коэффициенты регрессии) всех морфометрических показателей двенадцатиперстной кишки по отношению к массе тела зафиксирована в период 7–14 сут. Рост массы и ширины двенадцатиперстной кишки демонстрирует очень сильную положительную корреляцию ($r > 0,85$) с массой тела на протяжении почти всего периода наблюдения. Выявлена временная десинхронизация роста длины двенадцатиперстной кишки с общим ростом массы тела на 28-е сут ($r = 0,14$), что указывает на период физиологической перестройки. После 60 сут относительная скорость роста всех показателей двенадцатиперстной кишки резко снижается, что свидетельствует о переходе органа в фазу зрелых абсолютных размеров, несмотря на продолжающийся активный набор общей массы тела индейки.

Ключевые слова: индейка, двенадцатиперстная кишка, показатели двенадцатиперстной кишки, Hybrid Converter novo, морфология двенадцатиперстной кишки, морфометрия, биометрия.

Для цитирования: Федорова А.О., Михайлов В.А. Морфометрическая характеристика двенадцатиперстной кишки индейки в период роста // Вестник КрасГАУ. 2026. № 5. С. 163–175. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-5-163-175.

Anastasia Olegovna Fedorova¹, Vadim Aleksandrovich Mikhailov²

^{1,2}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹anfedka@list.ru

²mikhailovvadim15@gmail.com

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE TURKEY'S DUODENUM DURING GROWTH

The objective of the study was to identify the most intensive and productive period of duodenal growth in turkeys depending on age by calculating the correlation and regression coefficients. The study involved Hybrid Converter Novo turkeys purchased from farms in the Amur Region. Nine samples were taken from each age group for analysis: 1, 7, 14, 21, 28, 60, 90, and 120 days. A total of 72 birds aged 1 to 120 days

participated in the study. Instruments such as rulers, calipers, and precision scales with an accuracy of 0.01 grams were used to study morphometric characteristics. The main parameters measured during the study were the total length, maximum width, and weight of the organ. Biometric methods, including the calculation of correlation and regression coefficients, were used to quantitatively assess the relationship between duodenal weight and body weight. The maximum relative weight of the duodenum is 2.13. The maximum relative growth rate (regression coefficients) of all morphometric parameters of the duodenum in relation to body weight is recorded in the period from 7 to 14 days. The growth of the weight and width of the duodenum demonstrates a very strong positive correlation ($r > 0.85$) with body weight throughout almost the entire observation period. Temporary desynchronization of the growth of the duodenum length with the overall growth of body weight was revealed on the 28th day ($r = 0.14$), indicating a period of physiological restructuring. After 60 days, the relative growth rate of all parameters of the duodenum decreases sharply, indicating the transition of the organ to the phase of mature absolute sizes, despite the ongoing active gain in the overall body weight of the turkey. **Keywords.** Turkey, duodenum, duodenal indices, Hybrid Converter novo, duodenal morphology, morphometry, biometry.

Keywords: Turkey, duodenum, duodenal indices, Hybrid Converter novo, duodenal morphology, morphometry, and biometry

For citation: Mikhailov VA, Fedorova AO. Morphometric characteristics of the turkey's duodenum during growth. *Bulletin of KSAU*. 2026;5:163-175. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-5-163-175.

Введение. Развитие индейководства в Российской Федерации является стратегически важным направлением агропромышленного комплекса, что обусловлено стабильно растущим внутренним и экспортным спросом на диетическое мясо индейки. Высокая конверсия корма, интенсивный рост и высокая продуктивность современных кроссов индейки, наряду с государственной поддержкой отрасли, создают благоприятные предпосылки для повышения рентабельности производства. Однако дальнейшая интенсификация индейководства требует постоянного совершенствования технологий содержания, оптимизации кормовых программ и углубленного изучения физиологических механизмов адаптации птицы к условиям промышленного комплекса. В этом контексте научные исследования, направленные на повышение эффективности использования генетического потенциала птицы, приобретают особую актуальность [1, 2].

Изучение двенадцатиперстной кишки индейки может помочь лучше понять процессы завершающего этапа пищеварения, всасывания и регуляции обмена веществ у птиц. Исследования позволяют сравнивать двенадцатиперстную кишку индейки с другими видами птиц и млекопитающих и выявлять ее видовые морфологические особенности.

Двенадцатиперстная кишка играет ключевую роль в гидролизе питательных веществ и их последующем всасывании. Исследование позволяет выявлять воспалительные процессы (дуоденит, энтерит), язвы, нарушения целостности

слизистой оболочки, которые могут ухудшать здоровье птицы, снижать продуктивность и даже приводить к смерти. Анализ двенадцатиперстной кишки (включая морфометрию ворсинок и крипт) может помочь определить, насколько эффективно птица переваривает и усваивает питательные вещества из корма. Это позволяет корректировать рацион, добавлять необходимые питательные добавки для повышения усвояемости, улучшения роста и снижения расходов на корм [3, 4].

Здоровое состояние двенадцатиперстной кишки напрямую связано с эффективным усвоением питательных веществ, что способствует оптимальному росту и развитию индеек. Здоровая кишка важна для производства яиц. Эффективное всасывание означает, что меньше корма тратится впустую, что приводит к повышению конверсии корма (больше мяса/яиц на единицу корма). Здоровая двенадцатиперстная кишка способствует более эффективному метаболизму, что может улучшить качество мяса (содержание жира, вкус, текстура) [5].

Данные исследования представляют собой уникальное и комплексное изучение развития двенадцатиперстной кишки индейки на протяжении всего постэмбрионального онтогенеза — от первых дней жизни до достижения птицей убойного возраста. До настоящего времени подобные работы, охватывающие весь жизненный цикл индейки с акцентом на морфологию и функциональное развитие двенадцатиперстной кишки, не проводились. В ходе данного исследования мы подробно проследили динамику

роста и структурных изменений этого важного органа, в частности высоту ворсинок и глубину крипт, что позволило получить целостную картину его развития и функциональной адаптации в разных возрастных периодах.

Полученные результаты имеют непосредственное практическое значение для птицеводческих предприятий, поскольку позволяют более точно учитывать физиологические потребности индейки на различных этапах ее жизни. Знание о том, как развивается двенадцатиперстная кишка и как меняются ее морфометрические показатели, способствует созданию оптимальных и сбалансированных кормовых рационов, которые будут максимально соответствовать потребностям организма птицы. Такой подход обеспечивает более эффективное усвоение питательных веществ и способствует максимальному приросту массы тела.

В конечном итоге, применение результатов этих исследований позволит раскрыть весь продуктивный потенциал породы индейки, повысить эффективность производства и улучшить экономические показатели птицеводческих хозяйств. Учитывая актуальность повышения продуктивности и качества продукции в современной птицеводческой отрасли, данное направление исследований является крайне важным и перспективным для дальнейшего развития.

Цель исследования – выявить наиболее интенсивный и продуктивный период роста двенадцатиперстной кишки у индеек в зависимости от возраста путем расчета коэффициента корреляции и регрессии.

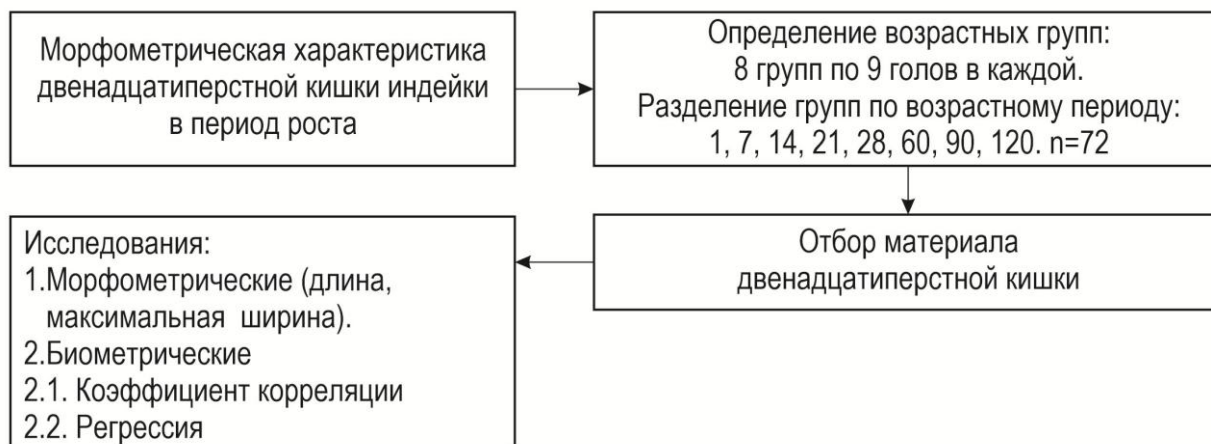
Задачи: определить наиболее интенсивный период роста двенадцатиперстной кишки ин-

дейки по отношению к ее массе тела; выявить, по коэффициенту корреляции, наиболее интенсивный период роста двенадцатиперстной кишки по отношению к массе тела индейки в зависимости от возраста; доказать при помощи регрессивного анализа наиболее продуктивный период роста двенадцатиперстной кишки.

Объекты и методы. Объектом исследования служили индейки кросса Hybrid Converter Novo, выращенные в условиях промышленного птицеводческого хозяйства, расположенного на территории Амурской области. Кормление птицы осуществлялось согласно технологической карте хозяйства, с последовательной сменой шести полнорационных комбикормов, соответствующих возрастным периодам: 0–4 недели, 4–6 недель, 6–9 недель, 9–12 недель, 12–16 недель и с 16 недель и старше. На момент отбора все исследуемые особи были клинически здоровы. Индейки были доставлены в ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» (Дальневосточный ГАУ) на кафедру ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологий, где и проведены исследования.

Отбор материала проводился в восьми возрастных группах: 1, 7, 14, 21, 28, 60, 90 и 120 дней. Из каждой возрастной группы было отобрано по 9 голов, что составило общую выборку в 72 особи. Предметом исследования являлся отдел пищеварительного тракта — двенадцатиперстная кишка, извлеченная после убоя птицы методом полной эвисцерации [6].

Схема исследований представлена на рисунке 1.



*Рис. 1. Схема исследований
Research scheme*

После гуманного убоя птицы и проведения полной эвисцерации были осуществлены морфометрические исследования двенадцатиперстной кишки у всех 72 особей. Для обеспечения точности измерений использовались стандартные инструменты: измерительные линейки, штангенциркуль, а также электронные весы марки DemCom DL-2002 9912 с точностью измерения до 0,01 г.

В качестве морфометрических параметров двенадцатиперстной кишки были выбраны общая длина, максимальная ширина и масса органа [4].

Полученные количественные данные подвергались статистической обработке с использованием программы MS Excel. Достоверность различий между средними величинами сравниваемых возрастных групп оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента. Для расчета относительной скорости роста использовалась формула С. Броди.

Результаты и их обсуждение. Двенадцатиперстная кишка является ключевым отделом тонкого кишечника и играет центральную роль в завершающем этапе пищеварения и всасывания питательных веществ, что критически важно для общего здоровья и продуктивности индейки. Именно в двенадцатиперстную кишку поступают ферменты поджелудочной железы и желчь, обеспечивая гидролиз (расщепление) основных макронутриентов (белков, жиров и углеводов) до форм, пригодных для усвоения [5–8].

Нормальное морфофункциональное состояние двенадцатиперстной кишки обеспечивает эффективное всасывание питательных ве-

ществ, включая аминокислоты, жирные кислоты, моносахариды, витамины и минералы, из корма. Это напрямую влияет на конверсию корма и, следовательно, на экономическую эффективность производства (интенсивность роста, прирост массы тела, яйценоскость). Здоровая слизистая оболочка кишки, характеризующаяся оптимальным соотношением высоты ворсинок к глубине крипт, является также важнейшим барьером, защищающим организм птицы от проникновения патогенных микроорганизмов и токсинов [4, 5].

Ключевую роль в поддержании здоровья и нормальном развитии двенадцатиперстной кишки играют условия содержания и кормления. Сбалансированность рациона, наличие пребиотиков и пробиотиков, качество воды, а также факторы внешней среды (температура, влажность, продолжительность светового дня) и своевременные ветеринарные мероприятия являются определяющими. Нарушение этих факторов может привести к развитию воспалительных процессов (дуоденитов, энтеритов), атрофии ворсинок и, как следствие, к синдрому мальабсорбции, что значительно снижает продуктивность птицы [3–5].

Поэтому при интенсивном выращивании индейки необходимо учитывать эти факторы для обеспечения оптимального морфофункционального развития данного органа. Результаты интенсивности роста двенадцатиперстной кишки по отношению к массе тела птицы представлены на рисунках 2–4 и в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Относительная скорость роста двенадцатиперстной кишки, %
Relative growth rate of the duodenum, %

Период, сут	Масса тела	Абсолютная масса двенадцатиперстной кишки	Длина двенадцатиперстной кишки	Ширина двенадцатиперстной кишки
1–7	46,5	140	32,8	33,2
7–14	78,9	93,8	30,8	41,1
14–21	79,9	66,7	19,2	29
21–28	34,5	9,1	17,6	–6,9
28–60	147	112	20	51,9
60–90	50,2	23,5	15,2	21,7
90–120	25,5	10,7	12,6	12,7

Самая высокая скорость роста абсолютной массы кишки наблюдается в первую неделю жизни (140 %). Это объясняется тем, что птенец переходит на самостоятельное питание и ЖКТ

должен максимально быстро увеличиться, чтобы переваривать корм. При этом масса тела растет медленнее (46,5 %).

В промежуток 28–60-е сутки наблюдается максимальная скорость роста массы тела (147 %). Орган (кишка) также растет очень быстро (112 %), стараясь обеспечить питательными веществами стремительно увеличивающийся организм.

В период с 21–28-е сутки мы видим резкое падение скорости роста массы органа до 9,1 %.

По ширине кишки и вовсе наблюдается отрицательное значение (–6,9 %).

К концу наблюдаемых периодов скорость роста всех показателей падает. Это свидетельствует о том, что формирование двенадцатиперстной кишки практически завершено и организм переходит в стадию зрелости.

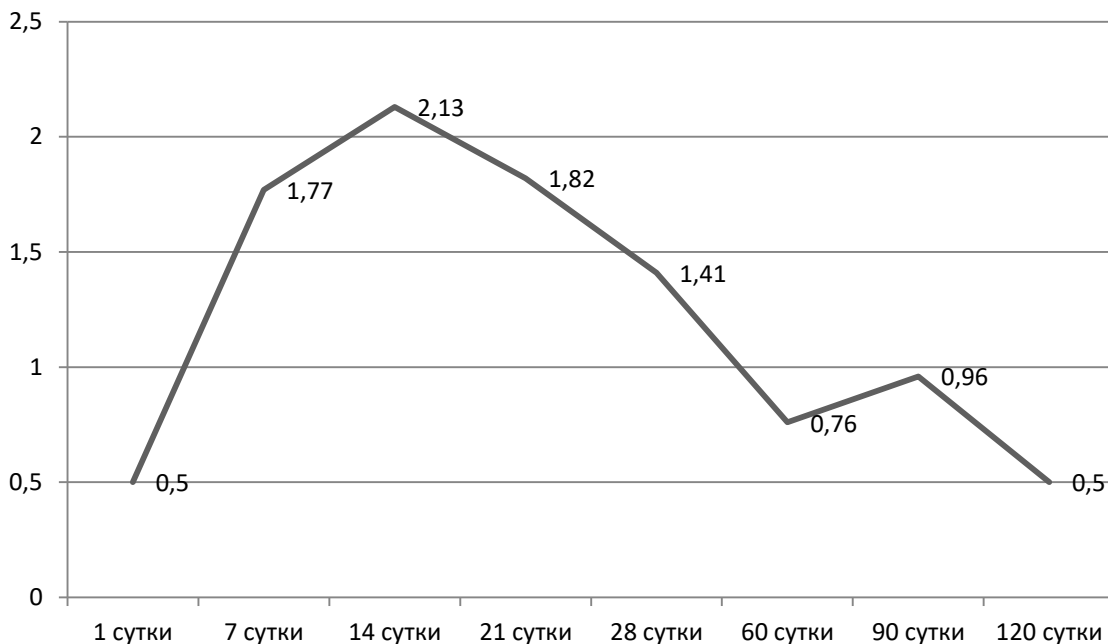


Рис. 2. Процентное соотношение массы двенадцатиперстной кишки к массе тела индеек ($n = 72$), %
Percentage ratio of duodenal mass to body mass of turkeys ($n = 72$), %

Рисунок 2 демонстрирует динамику относительной массы двенадцатиперстной кишки (отношение массы органа к общей массе тела, выраженное в процентах) на протяжении постнатального онтогенеза индейки (от 1 до 120 сут). Этот показатель является ключевым индикатором интенсивности развития органа по сравнению с общим ростом организма.

Максимальное значение относительной массы фиксируется на 14-е сутки (2,13 %). Этот пик свидетельствует о том, что в данный период двенадцатиперстная кишка развивается наиболее интенсивно по сравнению с общим приростом массы тела. Это критический момент, когда орган достигает максимальной функциональной мощности, чтобы обеспечить эффективное переваривание и всасывание питательных веществ, необходимых для быстрого старта роста индейки.

После достижения пика на 14-е сут относительная масса органа начинает постепенно

снижаться. Это означает, что хотя абсолютная масса двенадцатиперстной кишки продолжает расти, темпы роста тела птицы становятся значительно выше, и орган переходит в фазу более гармоничного, но менее интенсивного относительного развития.

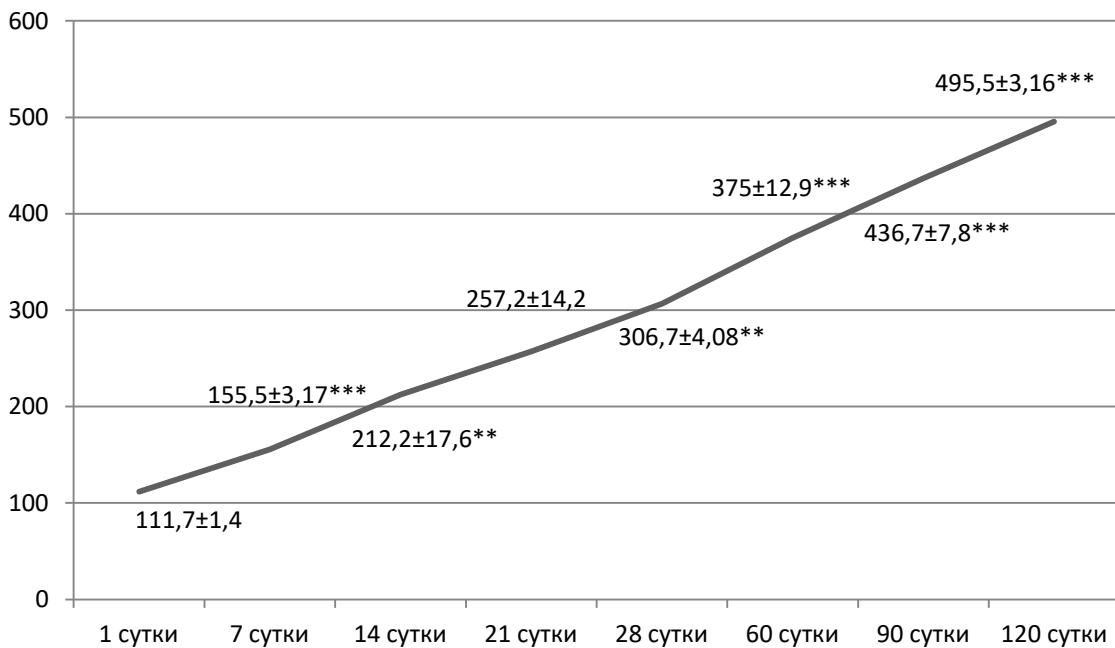
К 21-м сут относительная масса снижается до 1,82 %, к 60-м сут наблюдается локальный минимум – 0,76 %. Снижение относительной массы в этот период указывает на то, что основные морфофункциональные перестройки завершены и орган функционирует стабильно, обеспечивая потребности интенсивно растущего организма.

После 60-х сут наблюдается небольшое повышение относительной массы, за которым следует стабилизация на уровне взрослой птицы. К 90-м сут относительная масса немного возрастает – до 0,96 %. Этот небольшой подъем может быть связан с изменением структуры рациона (переход на финишные корма), увели-

чением нагрузки на пищеварительный тракт или временной адаптацией к новому этапу содержания. К концу периода наблюдения (120-е сут) относительная масса возвращается к исходному значению 0,5 %. Это свидетельствует о том, что двенадцатиперстная кишка достигла своего функционально зрелого размера, и ее масса составляет стабильную минимальную долю от общей массы тела взрослой индейки.

Рисунок 3 наглядно демонстрирует, что критический период развития двенадцатиперстной

кишки индейки, когда орган максимально интенсивно наращивает свою массу относительно тела, приходится на первые две недели жизни (1–14-е сут). Этот период требует особого внимания к качеству корма и условиям содержания, поскольку именно в это время закладывается основа для эффективного пищеварения и высокой продуктивности птицы на протяжении всего дальнейшего откорма.



Примечание: *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01; ***P ≤ 0,001.

Рис. 3. Показатели длины двенадцатиперстной кишки индеек в возрастном аспекте (n = 72), мм, M ± m

Indicators of the length of the duodenum in turkeys in the age aspect (n = 72), mm, M ± m

Рисунок 3 иллюстрирует динамику изменения абсолютной длины двенадцатиперстной кишки индейки (кросс Hybrid Converter Novo) на протяжении всего периода постнатального онтогенеза – с 1 до 120 сут.

При анализе общей тенденции и масштаба роста обнаружено, что рисунок 3 демонстрирует непрерывный (монотонный) рост длины двенадцатиперстной кишки. За исследуемый период длина органа увеличилась более чем в 4,4 раза – на 1-е сут длина составляла 111,7 мм, а к 120-м сут достигла 495,5 мм. Такое значительное удлинение кишечного тракта является необходимым условием для обеспечения возросших потребностей организма в питательных веществах, связанных с экстремально быстрым

набором массы тела, характерным для современных мясных кроссов индейки.

На 1–7-е сут длина увеличивается с 111,7 до 155,5 мм (прирост 43,8 мм), а к 7–14-м сут отмечается самый высокий абсолютный прирост длины за недельный интервал, достигая 212,2 мм (прирост 56,7 мм). На 14–30-е сут рост остается высоким и стабильным, к 30-м сут длина кишки превышает 300 мм (306,7 мм). В эти периоды происходит активное удлинение кишечника, что функционально необходимо для увеличения площади контакта с химусом и подготовки к перевариванию больших объемов корма.

К 30–60-м сут, т. е. за 30 дней, длина увеличивается на 68,3 мм (с 306,7 до 375 мм), а на 60–90-е сут рост составляет 61,7 мм

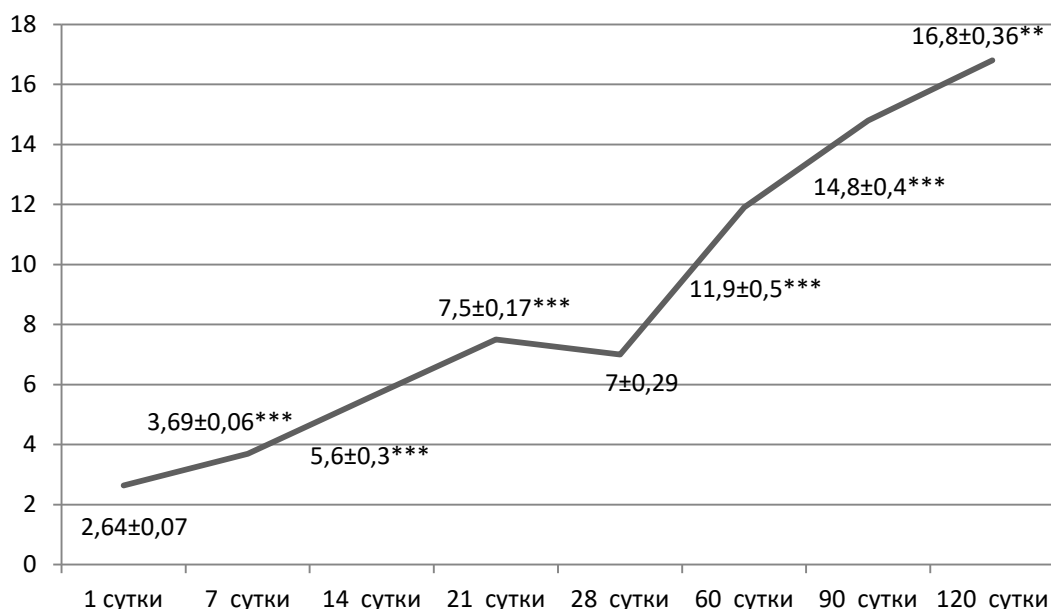
(с 375 до 436,7 мм). Рост в эти периоды носит преимущественно гиперпластический характер (увеличение числа клеток), обеспечивая сохранение адекватной всасывающей поверхности при продолжающемся экспоненциальном росте всего организма.

По мере приближения птицы к убойному возрасту и замедления общего роста тела темпы удлинения двенадцатиперстной кишки также начинают снижаться. Так, на 90–120-е сут длина двенадцатиперстной кишки увеличивается на 58,8 мм (с 436,7 до 495,5 мм), а к 120-м сут данный показатель практически достигает своего максимума, что соответствует завершению основного периода интенсивного откорма птицы.

Динамика роста длины двенадцатиперстной кишки является непрерывной и тесно коррели-

рует с общим ростом индейки. Наиболее интенсивный прирост длины наблюдается в первые две недели жизни. Постоянное удлинение кишки обеспечивает необходимую площадь поверхности для всасывания, поддерживая феноменальные темпы набора массы тела у индейки [3, 4].

В период роста птицы изменяется не только длина кишечника, но и его ширина. Рисунок 4 отражает динамику изменения абсолютной ширины двенадцатиперстной кишки индейки в период роста тела птицы с 1-х до 120-х сут. Ширина кишки является важным морфометрическим показателем, который коррелирует с увеличением диаметра просвета органа, утолщением его стенок и, соответственно, увеличением его функциональной емкости и площади всасывания.



Примечание: *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01; ***P ≤ 0,001.

Рис. 4. Показатели ширины двенадцатиперстной кишки индеек в возрастном аспекте (n = 72), мм, M ± m
Width of the duodenum in turkeys by age (n = 72), mm, M ± m

Общая тенденция и масштаб роста показали, что в отличие от длины, рост ширины двенадцатиперстной кишки происходит не монотонно, а с выраженными фазами ускорения и замедления. Общий прирост ширины является самым значительным среди всех линейных показателей.

В возрастной период птицы на 1–7-е сут наблюдается умеренный рост с 2,64 до 3,69 мм, на 7–14-е сут отмечается значительное ускорение роста, достигая 5,6 мм, на 14–21-е сут данный показатель достигает первого локального

максимума – 7,5 мм. Мы считаем, что интенсивный рост ширины в первые три недели жизни связан с активной пролиферацией клеток слизистой оболочки (увеличение высоты ворсинок и глубины крипт) и мышечного слоя, что обеспечивает функциональную зрелость кишки.

В возрастной период от 21-х до 30-х сут происходит небольшое, но заметное уменьшение ширины с 7,5 до 7,0 мм, что может быть связано с перестройкой структуры стенки органа, изменением тонуса мышечного слоя или адаптацией

к новому, более плотному кормовому рациону, который вводится в этот период. На 30–60-е сут после краткой стабилизации или регресса ширина вновь начинает активно увеличиваться и к 60-м сут она достигает 11,9 мм. Этот резкий подъем отражает необходимость увеличения пропускной способности и площади всасывания питательных веществ в ответ на экспоненциальный рост массы тела птицы. На 60–90-е сут ширина увеличивается до 14,8 мм. На 90–120-е сут она достигает максимального значения 16,8 мм.

Рост ширины на поздних этапах онтогенеза, вероятно, обусловлен преимущественно гипертрофией (увеличением размера) мышечных и соединительнотканых элементов стенки кишки, что необходимо для обеспечения мощной перистальтики и переработки больших порций финишного корма.

Динамика роста ширины двенадцатиперстной кишки носит гетерохронный характер. Наиболее важный вывод заключается в том, что ширина кишки демонстрирует более высокую степень пластичности и адаптивности, чем дли-

на. Значительное увеличение ширины (в 6,3 раза) является морфологической основой для многократного увеличения площади всасывания, что критически важно для поддержания высоких темпов роста индейки в условиях промышленного откорма. Период между 30-ми и 60-ми сутками, где наблюдается временное замедление роста, может быть ключевым для оценки адаптационных возможностей пищеварительной системы [9, 10].

Для оценки статистической значимости возрастных изменений морфометрических параметров двенадцатиперстной кишки нами был проведен расчет t-критерия Стьюдента. Данный анализ (табл. 2) позволил подтвердить достоверность различий между смежными возрастными периодами. В большинстве случаев полученные значения критерия t значительно превышают критическое пороговое значение ($t = 2,12$ при $p \leq 0,05$), что свидетельствует о высокой степени достоверности наблюдаемых процессов роста.

Таблица 2

t-критерий Стьюдента показателей двенадцатиперстной кишки
Student's t-test for duodenal indicators

Сравниваемый период, сут	Масса тела	Абсолютная масса двенадцатиперстной кишки	Длина двенадцатиперстной кишки	Ширина двенадцатиперстной кишки
1–7	10,37	19,23	12,66	11,41
7–14	8,86	7,39	3,17	6,24
14–21	14,37	6,53	1,99	5,51
21–28	8,73	1,25	3,35	1,49
28–60	59,01	16,58	5,05	8,48
60–90	10,83	5,71	4,09	4,53
90–120	7,89	5,82	6,99	3,72

Число степеней свободы $df = 16$. Для $df = 16$ критическое значение t при уровне значимости ($p \leq 0,05$) равно 2,12. Во всех приведенных выше примерах расчетный t значительно больше критического (2,12). Это означает, что различия t-критерия статистически высоко достоверны ($p \leq 0,01$) или ($p \leq 0,001$). Рост индеек и их органов идет крайне интенсивно на каждом этапе. Наиболее интенсивное развитие идет в первую неделю жизни и в период с 28-х по 60-е сут. В возрасте 21–28 сут наблюдается замедление

развития органа по массе и ширине. К 120-м сут все показатели достигают максимума, различия с предыдущими периодами высоко значимы.

Сильная положительная зависимость выражена в том, что для подавляющего большинства возрастных групп и показателей наблюдается очень сильная положительная корреляция ($r > 0,85$). Это означает, что с ростом массы тела животного пропорционально увеличиваются масса, длина и ширина двенадцатиперстной кишки (табл. 3).

Корреляционная зависимость показателей двенадцатиперстной кишки от массы тела
Correlation between duodenal indicators and body weight

Возраст, сут	Масса тела, г – масса двенадцатиперстной кишки, г	Масса тела, г – длина двенадцатиперстной кишки, мм	Масса тела, г – ширина двенадцатиперстной кишки, мм
1	0,9233518	0,7925758	0,6346571
7	0,9499136	0,9544316	0,8497259
14	0,9733005	0,927696	0,8750315
21	0,883113	0,9391962	0,8093865
28	0,9625663	0,1451282	0,9340114
60	0,8525087	0,8892781	0,8773111
90	0,9731987	0,9826648	0,9647958
120	0,9095136	0,9273294	0,8793502

Наиболее стабильный показатель выявляет наиболее стабильную и сильную связь с массой тела, которую демонстрирует масса двенадцатиперстной кишки, где почти все коэффициенты превышают 0,9, за исключением небольших снижений на 21-е и 60-е сут (масса тела – масса двенадцатиперстной кишки: 21-е сут $r = 0,883113$; 60-е сут $r = 0,8525087$; масса тела – длина двенадцатиперстной кишки: 28-е сут $r = 0,1451282$; 60-е сут $r = 0,8892781$; масса тела – ширина двенадцатиперстной кишки: 21-е сут $r = 0,8093865$; 60-е сут $r = 0,8773111$).

Критический период выявлен на 28-е сут, где самая значительная изменчивость наблюдалась в корреляции между массой тела и длиной двенадцатиперстной кишки. В этот период коэффициент корреляции резко падает до 0,1451282, что указывает на практически полное отсутствие линейной связи между массой тела и длиной кишки в этот период, что является ключевой особенностью.

Показатель корреляции массы тела к массе двенадцатиперстной кишки (г) демонстрирует наиболее устойчивую и сильную связь с массой тела на протяжении всего периода наблюдения: начальный период наблюдается на 1–14-е сут, где корреляция очень высокая, достигала пика на 14-е сут ($r = 0,9733005$); на 21-е сут наблюдался период снижения, где отмечено небольшое, но заметное снижение показателя ($r = 0,883113$), и на 60-е сут ($r = 0,8525087$); на 90–120-е сут наступает период зрелости, в который показатель корреляции вновь достигает максимальных значений, с пиком на 90-е сут ($r = 0,9731987$), подтверждая, что масса кишки является наиболее надежным индикатором общей массы тела.

Показатель корреляции массы тела к длине двенадцатиперстной кишки (мм) демонстрирует наибольшую динамику и нестабильность в зависимости от периода роста птицы: в период сильной связи (7–21-е сут) корреляция очень высока, превышая 0,93; в период критической аномалии (на 28-е сут) происходит резкий обвал корреляции до $r = 0,1451282$. В биологическом контексте это может указывать на период интенсивной перестройки организма (например, переход на твердый корм), когда рост длины кишки временно не синхронизирован с общим набором массы тела. Период восстановления корреляции наблюдался после 28-х сут, когда корреляция восстанавливалась и становилась чрезвычайно сильной, достигая максимального значения на 90-е сут ($r = 0,9826648$).

Показатель корреляции массы тела к ширине двенадцатиперстной кишки (мм) начинается умеренно, но в дальнейшем быстро усиливается: начальный период наблюдался на 1-е сут, связь была умеренная ($r = 0,6346571$), к 7-м сут она резко усиливалась ($r = 0,8497259$); стабильный рост корреляции начинался с 7-х сут, когда корреляция оставалась на высоком уровне (выше 0,8), за исключением небольшого снижения на 21-е сут ($r = 0,8093865$); максимальная корреляция наблюдалась на 90-е сут ($r = 0,9647958$).

Таким образом, данные таблицы 3 убедительно демонстрируют тесную связь морфометрических показателей двенадцатиперстной кишки с общей массой тела животного, которая является положительной и очень сильной, за исключением одного критического периода. Кроме того, необходимо отметить, что на 28-е сут наблюдалась временная десинхронизация роста длины двенадцатиперстной кишки с общим ростом массы тела, что, вероятно, отражает специфические

физиологические или адаптационные процессы в пищеварительной системе птицы в этот период развития. В остальные периоды (особенно на 90-е сут) рост всех трех параметров кишки почти идеально синхронизирован с ростом массы тела.

Регрессивная зависимость показателей двенадцатиперстной кишки от массы тела представлена в таблице 4.

Таблица 4

Регрессивная зависимость показателей двенадцатиперстной кишки от массы тела
Regression of duodenal indicators on body weight

Возраст, сутки	Масса тела, г – масса двенадцатиперстной кишки, г	Масса тела, г – длина двенадцатиперстной кишки, мм	Масса тела, г – ширина двенадцатиперстной кишки, мм
1	x	13,03396	0,579894
	y	0,0654121	1,08326
7	x	7,205164	0,749353
	y	0,1252346	1,2156356
14	x	6,617911	0,844719
	y	0,1431439	0,811575
21	x	5,491502	1,312385
	y	0,1007506	0,6557677
28	x	7,4198	1,448502
	y	0,1051091	0,6089666
60	x	11,00249	0,517933
	y	0,0842113	0,0406659
90	x	12,77969	4,198312
	y	0,074111	0,2300044
120	x	12,87656	4,230071
	y	0,0642419	0,2032921

Анализ коэффициентов «у» (наклона) показывает, что относительная скорость роста всех трех показателей двенадцатиперстной кишки (массы, длины и ширины) по отношению к общему набору массы тела снижается по мере взросления животного. Наиболее интенсивный относительный рост наблюдается в ранний период (7–14 сут).

Наиболее интенсивное увеличение массы двенадцатиперстной кишки относительно массы тела происходит в период 7–14-х сут. После этого относительная скорость роста постепенно снижается, возвращаясь к уровню новорожденного к 120-м сут. Это указывает на то, что в раннем возрасте кишка активно набирает массу, но по мере взросления ее вклад в общий прирост массы тела уменьшается.

В первые недели жизни (1–7 сут) длина кишки демонстрирует очень высокую относительную скорость роста (наклон $y > 1$), что означает, что каждый грамм массы тела сопровождается более чем 1 мм прироста длины кишки. Наблюдается резкий обвал относительной скорости роста до 0,0406659 на 60-е сут. Это подтверждает выводы из таблицы 2 о нарушении синхронности роста. В этот период длина кишки

практически не увеличивается, несмотря на продолжающийся набор массы тела. На 90–120-е сут наклон восстанавливается, но остается низким (0,20–0,23). При этом показатель резко возрастает (до 4,23), что свидетельствует о том, что к этому возрасту кишка достигла своего основного абсолютного размера, и дальнейший рост массы тела мало влияет на ее удлинение.

Максимальная относительная скорость утолщения кишки наблюдается на 7-е сут (0,166). После этого она неуклонно снижается, достигая минимальных значений к 90-м и 120-м сут (0,035). Это показывает, что активное утолщение кишки происходит в раннем возрасте, а затем замедляется относительно общего набора массы тела.

Наиболее стабильный и сильный рост среди всех показателей увеличивается с 3,01 до 21,79. Это означает, что абсолютная ширина двенадцатиперстной кишки продолжает значительно увеличиваться на протяжении всего периода наблюдения, независимо от конкретного момента измерения массы тела.

Таким образом, в первые две недели жизни (7–14 сут) наблюдается пик относительного роста всех показателей двенадцатиперстной кишки,

особенно длины (показатель «у» для длины в 10 раз выше, чем для массы и ширины). По мере взросления (к 90–120-м сут) относительная скорость роста всех показателей резко замедляется (коэффициенты «у» минимальны), что указывает на то, что орган достигает зрелых размеров, и дальнейший прирост массы тела в основном обусловлен другими тканями. Регрессионный анализ подтверждает критический период на 60 сутки, когда относительный рост длины кишки практически останавливается.

Полученные результаты позволяют определить наиболее интенсивный период роста двенадцатиперстной кишки по отношению к общей массе тела индейки. Масса тела индейки увеличивается более чем в 170 раз (с 59,7 г до 10,3 кг) за 120 сут. Абсолютная масса двенадцатиперстной кишки также демонстрирует значительный рост (с 0,3 до 51,4 г). Наибольший абсолютный прирост массы кишки наблюдается в период с 28 по 60 сут (с 10,3 г до 36,5 г), что соответствует периоду самого интенсивного набора общей массы тела. Длина и ширина кишки также демонстрируют непрерывный рост.

Ключевым показателем для определения интенсивности роста органа относительно организма является относительная масса. На 1-е сутки относительная масса составляет 0,5 %, а максимальное значение относительной массы достигается на 14-е сут (2,13 %), после 14-х сут относительная масса неуклонно снижается (до 0,76 %) и к 120-м сут возвращается к исходному уровню (0,5 %).

Результаты корреляционного и регрессионного анализа позволяют оценить синхронность роста органа с массой тела и определить наиболее продуктивный период. Высокие коэффициенты корреляции ($r > 0,85$) для массы и ширины на протяжении почти всего периода наблюдения подтверждают, что рост этих показателей высоко синхронизирован с ростом массы тела.

Однако выявлена значительная десинхронизация роста длины кишки на 28-е сутки ($r = 0,14$) и последующее снижение корреляции по всем показателям на 60-е сут. Это указывает на то, что после 21 дня жизни птица входит в фазу метаболической перестройки, где рост пищеварительного тракта временно не соответствует общему набору веса.

Наиболее продуктивный период – от 7 до 14 сут, когда наблюдаются максимальные значения коэффициентов регрессии для массы (0,143 на 14-е сутки) и ширины (0,166 на

7-е сут). Для длины коэффициент регрессии также максимален в начале жизни (на 7-е сут). Это означает, что каждый грамм набранной массы тела в этот период максимально эффективно используется для пропорционального развития двенадцатиперстной кишки.

После 60 сут коэффициенты регрессии для всех показателей резко снижаются. Это подтверждает, что после достижения определенного возраста дальнейший набор массы тела индейки минимально влияет на пропорциональный рост двенадцатиперстной кишки, и орган переходит в фазу стабилизации абсолютных размеров.

Наиболее продуктивным периодом с точки зрения пропорционального развития двенадцатиперстной кишки является период от 7 до 14 сут, когда орган демонстрирует максимальную относительную массу и максимальную скорость прироста на единицу массы тела, что согласуется с результатами исследований, опубликованных в широких изданиях [9, 10].

Заключение. Наиболее интенсивный период роста двенадцатиперстной кишки по отношению к массе тела происходит в возрастном периоде 7–14 сут с максимальным показателем 2,13 %, к 60-суточному возрасту он снижается до 0,76 %, в дальнейшем орган переходит в фазу поддержания абсолютных размеров, несмотря на продолжающийся активный набор общей массы тела индейки.

Наиболее интенсивный период роста массы двенадцатиперстной кишки по отношению к массе тела индейки происходит в возрастных периодах от 1 до 28 сут и от 60 до 120 сут, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции ($r > 0,85$), на 90-е сут показатель корреляции достигает максимальных значений ($r = 0,97$). Десинхронизация роста длины кишки к массе тела птицы происходит в возрастном периоде птицы 28–60 сут ($r = 0,14$).

Регрессионный анализ показателей роста массы двенадцатиперстной кишки к массе тела индейки подтвердил, что наиболее продуктивный период органа приходится на 7–14-е сут, что характеризуется максимальными коэффициентами регрессии (относительной скоростью роста) ($y > 1$), для массы – 7,2–6,6, длины – 0,7–0,8 и ширины двенадцатиперстной кишки – 4,3–5,3. В возрастном периоде от 60 до 120 сут регрессионный анализ подтверждает, что относительная скорость роста резко снижается до 0,04–0,20.

Список источников

1. Гайдаенко А.А., Кибиров Х.Г., Гайдаенко О.В. Современное состояние и перспективы развития производства мяса индейки в России // *Инновации и инвестиции*. 2020. № 1. С. 289–292. EDN: OFNEFM.
2. Омельченко Д.О., Павлова А.В. Изучение развития индейководства как отрасли животноводства в России. В сб.: III Международная научно-практическая конференция «Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы». Луганск, 23–24 ноября 2023 г. Луганск: Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова, 2023. С. 68–70. EDN: HDDDXP.
3. Бабаева Ш.А. Особенности морфологии сельскохозяйственной птицы. В сб.: Международная научно-практическая конференция аспирантов и молодых ученых «Молодые ученые – науке и практике АПК». Витебск, 25–26 апреля 2024 г. Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2024. С. 33–40. EDN: MAKASK.
4. Венцова И.Ю., Михайлов Е.В. Влияние кормов на морфологические показатели печени и кишечника птицы. В сб.: Национальная научно-практическая конференция, посвященная юбилею доктора ветеринарных наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Сулейманова Сулеймана Мухитдиновича «Современные проблемы и достижения ветеринарной морфологии и патологии в сохранении здоровья животных». Воронеж, 1 января – 31 декабря 2024 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2024. С. 93–96. EDN: CIDLYK.
5. Аделова М.Р., Алланазарова Н.А. Особенности структуры двенадцатиперстной кишки разных систематических групп позвоночных животных // *Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Серия «Биологические науки»*. 2021. № 1. С. 52–55. EDN: POLUDU.
6. Ламан А.М., Ламан Е.Е., Смолей Е.Г., и др. Результаты патологоанатомического вскрытия в диагностике кишечных паразитов птиц. В сб.: *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы*. Т. 57. Ветеринария. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2022. С. 78–82. EDN: YPLOQQ.
7. Беляева Н.П., Кубатбеков Т.С., Семак А.Э. Морфологические особенности железистого желудка и двенадцатиперстной кишки птиц разных трофических групп // *Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2022. № 1. С. 27–34. DOI: 10.52754/16948696_2022_1_3. EDN: CWTTRY.
8. Веремеева С.А., Козлова С.В., Краснолобова Е.П., и др. Анатомо-гистологическая характеристика двенадцатиперстной кишки бройлеров при воздействии стресс-фактора в зависимости от пола // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2021. № 3. С. 117–122. EDN: NEVKDD.
9. Шацких Е.В., Королькова-Субботкина Д.Е. Состояние кишечника цыплят-бройлеров при включении в рацион фитобиотической добавки // *Аграрный вестник Урала. Специальный выпуск «Биология и биотехнологии»*. 2022. С. 81–91. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-229-14-81-91. EDN: CIJQZX.
10. Агаркова А.А., Иванова О.В., Кармишкин А.И. Исследование двенадцатиперстной кишки перепелов при скармливании биологически активной добавки Байкал ЭМ-2. В сб.: *Международный научный симпозиум, посвященный 150-летию со дня рождения выдающегося ученого в области зоотехнии академика Е.Ф. Лискуна «Достижения зоотехнической науки в решении актуальных задач животноводства и аквакультуры»*. Москва, 14–17 ноября 2023 г. М.: Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. С. 113–117. EDN: DLDFTF.

References

1. Gaidaenko AA, Kibirov KhG, Gaidaenko OV. Current state and prospects for the development of turkey meat production in Russia. *Innovation & Investment*. 2020;1:289-292. EDN: OFNEFM.

2. Omelchenko DO, Pavlova AV. Studying the development of turkey breeding as a branch of animal husbandry in Russia. In: *III International Scientific and Practical Conference "Integration of education, science and practice in agriculture: problems and prospects"*. 23–24 Nov 2023. Lugansk: Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov; 2023. P. 68-70. (In Russ.). EDN: HDDDXP.
3. Babaeva ShA. Features of farm poultry morphology. In: *International scientific and practical conference of graduate students and young scientists "Young scientists in the science and practice of agriculture"*. 25–26 Apr 2024. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine; 2024. P. 33–40. (In Russ.). EDN: MAKASK.
4. Ventsova IYu, Mikhailov EV. Effect of feed on morphological parameters liver and intestines of poultry. In: *National Scientific and Practical Conference dedicated to the anniversary of Suleiman Mukhitdinovich Suleymanov, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, "Modern problems and achievements of veterinary morphology and pathology in the preservation of animal health"*. January 1 – December 31 2024. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great; 2024. P. 93–96. EDN: CIDLYK.
5. Adelova MR, Allanazarova NA. Structural features of the duodenum of different systematic groups of vertebrates. *Scientific notes of the Crimean Engineering Pedagogical University. Series: Biological Sciences*. 2021;1:52-55. EDN: POLUDU.
6. Laman AM, Laman EE, Smoley EG, et al. Results of pathoanatomical optning in the diagnosis of intestinal parasites of avian. In: *Agriculture – problems and prospects*. Vol. 57. Veterinary medicine. Grodno: Grodno State Agrarian University; 2022. P. 78–82. (In Russ.). EDN: YPLOQQ.
7. Belyaeva NP, Kubatbekov TS, Semak AE. Morphological features of the glandular stomach and duodenum of birds of different trophic groups. *Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics*. 2022;1:27-34. (In Russ.). DOI: 10.52754/16948696_2022_1_3. EDN: CWTTRY.
8. Veremeeva SA, Kozlova SV, Krasnolobova EP, et al. Anatomical and histological characteristics of the spleen of arboracres + cross broilers under the impact of the stress factor. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2021;3(66):117-122. EDN: NEVKDD.
9. Shatskikh EV, Korolkova-Subbotkina DE. The Intestinal Condition of Broiler Chickens When a Phytobiotic Supplement is Added to the Diet. *Agrarian Bulletin of the Urals*. Special issue "Biology and biotechnologies". 2022;(special is.):81-91. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-229-14-81-91. EDN: CIJQZX.
10. Agarkova AA, Ivanova OV, Karmishkin AI. Issledovanie dvenadcatiperstnoj kishki perepelov pri skarmlivanii biologicheski aktivnoj dobavki Bajkal EM-2. V sb.: *Mezhdunarodnyj nauchnyj simpozium, posvyashchennyj 150-letiyu so dnya rozhdeniya vydayushchegosya uchenogo v oblasti zootekhnii akademika E.F. Liskuna «Dostizheniya zootekhnicheskoy nauki v reshenii aktual'nyh zadach zhivotnovodstva i akvakul'tury»*, Moscow, 14–17 Nov 2023. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 2023. P. 113–117. EDN: DLDFTF.

Статья принята к публикации 10.03.2026 / The article accepted for publication 10.03.2026.

Информация об авторах:

Анастасия Олеговна Федорова, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, доктор биологических наук

Вадим Александрович Михайлов, ветеринарный врач 1-й категории кафедры патологии, морфологии и физиологии, аспирант

Information about the authors:

Anastasia Olegovna Fedorova, Associate Professor at the Department of Pathology, Morphology, and Physiology, Doctor of Biological Sciences

Vadim Aleksandrovich Mikhailov, First Category Veterinarian of the Department of Pathology, Morphology, and Physiology, Postgraduate student