

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2026. № 3 (84). С. 61–70.

Buryat Agrarian Journal. 2026;3(84):61–70.

Научная статья

УДК 636.4:611.34

doi: 10.34655/bgsha.2026.84.3.007

### **Морфологические показатели тонкого отдела кишечника свиней при использовании личинок чёрной львинки**

**Максат Мухтарович Жамбулов<sup>1</sup>, Татьяна Яковлевна Вишневская<sup>2</sup>**

Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

<sup>1</sup>vetcon@yandex.ru

<sup>2</sup>anatom.OSAU@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты морфологических исследований тонкого отдела кишечника свиней на фоне применения в их рационе сушеной личинки чёрная львинка. Для проведения эксперимента были сформированы две группы животных в возрасте два месяца. Животным контрольной группы был использован хозяйственный рацион, поросёнкам опытной группы тот же самый рацион обогащали сушеной массой личинок мухи чёрная львинка. Длительность эксперимента составила 120 дней. По результатам исследования установлено, что применение вышеуказанной кормовой добавки не оказало отрицательного воздействия на гистологические показатели стенки тощего кишечника свиней. В эпителии тощей кишки подсвинков опытной группы границы эпителиоцитов более четкие и хорошо просматривались, в отличие от контрольной группы. В криптах изучаемого органа опытных животных отмечается более выраженная дифференциация каемчатых и бокаловидных клеток, имеющих вытянутую овальную форму. В их цитоплазме визуализировались базально расположенные ядра, преимущественно округлой формы. Обнаружено, что включение сушеной личинки чёрная львинка в рацион свиней опытной группы привело к увеличению толщины слизистой оболочки на 11,0% и повышению высоты ворсинок на 16,4% в сравнении с контрольной группой. Глубина крипт слизистой оболочки кишечника у подсвинков опытной группы ниже на 4,8% по отношению к контрольной. Толщина мышечной оболочки кишечника была выше в опытной группе на 14,3 %, по сравнению с контролем. Площадь сечения крупных и средних артерий подслизистого слоя тонкого кишечника опытной группы превосходила над таковыми в контрольной группе. Площадь цитоплазмы и ядра энтероцитов тощего отдела кишечника свиней опытной группы превышают таковые показатели в контроле на 23,4 и 11,4 %, что привело к снижению индекса соотношения ядра и цитоплазмы, свидетельствующего о повышении функционального состояния клеток эпителия кишечника.

**Ключевые слова:** свиньи, чёрная львинка, тощий отдел кишечника, слизистая оболочка, цитоплазма, ядро.

## Morphological indicators of the small intestine of pigs while using black soldier fly larvae

Maksat M. Zhambulov<sup>1</sup>, Tatiana Y. Vishnevskaya<sup>2</sup>

Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russian Federation

<sup>1</sup>vetcon@yandex.ru

<sup>2</sup>anatom.OSAU@mail.ru,

**Abstract.** The article deals with the results of morphological studies of the small intestine of pigs at a time of using dried larvae of the black soldier fly in their diet. To conduct the experiment, two groups of animals were formed at the age of two months. The animals of the control group were fed in accordance with a basic diet, while the pigs of the experimental group were fed the same diet enriched with dried larvae of the black soldier fly. The experiment lasted for 120 days. The results of the study showed that the use of the above-mentioned feed additive had no negative effect on the histological parameters of the small intestine wall of pigs. In the jejunum epithelium of the experimental group of yelts, the borders of the epithelia cells were more distinct and clearly visible, in contrast to the control group. In the crypts of the studied organ of the experimental animals, there is a more distinct differentiation of the edged and goblet cells possessing an elongated oval shape. In their cytoplasm, basal-located nuclei were visualized, mostly of a rounded shape. It was found that the inclusion of dried larvae of black soldier fly in the diet of the experimental group of pigs led to an increase in the thickness of the mucous membrane by 11.0% and an increase in the height of the intestinal villi by 16.4% compared to the control group. The depth of the intestinal mucosal crypts in the experimental group was 4.8% lower compared to the control group. The thickness of the myenteron was 14.3% higher in the experimental group compared to the control group. Sectional area of large and middle arteries of sub-mucous membrane of small intestine of pigs of the experimental group suppressed the same criterion in the control one. The area of the cytoplasm and nucleus of the enterocytes in the jejunum of the experimental group pigs exceeded those in the control group by 23.4 and 11.4%, respectively, which led to a decrease in the index of the ratio of the nucleus and cytoplasm, indicating an increase in the functional state of the intestinal epithelial cells.

**Keywords:** pigs, black soldier fly, jejunum, mucous membrane, cytoplasm, nucleus.

**Введение.** Продуктивность животных, эффективность использования корма и общее состояние здоровья во многом зависят от здоровья желудочно-кишечного тракта. Изменения в системах животноводства и нормах, регулирующих использование кормов, направленные на отказ от применения стимуляторов роста на основе антибиотиков, привели к необходимости поиска новых эффективных способов поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта, имеющее решающее значение для увеличения темпов роста и продуктивности сельскохозяйственных животных. Основная функция слизистой оболочки кишечника – переваривание и всасывание питательных веществ. Компоненты корма гидролизуются и расщепляются пищеварительными фер-

ментами организма на более мелкие соединения, а слизистая оболочка кишечника способствует поступлению переработанных питательных веществ в кровеносное русло [1].

Тощая кишка – самая длинная из всех сегментов, составляющих тонкий отдел кишечника животных. Ее значение в организме трудно переоценить. Структурные образования слизистой оболочки выполняют не только пищеварительную, всасывательную, эндокринную, но и защитную функции. Все эти физиологические функции органически связаны со строением стенки кишечника, в частности с ее слизистой оболочкой [2, 3].

В настоящее время особую актуальность приобрело детальное изучение морфологии и физиологии пищеварительного

аппарата с учетом современной структуры рационов. Знание закономерностей развития органов пищеварения как органов, непосредственно обеспечивающих обмен веществ в организме, является биологической основой для разработки и внедрения способов повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Поэтому, при современных тенденциях развития животноводства возможность увеличения уровня реализации биоресурсного потенциала продуктивности путём повышения биологической полноценности и коэффициента полезного действия рационов за счёт использования в их составе новых нетрадиционных кормовых добавок как приемов улучшения процессов пищеварения является перспективным научным направлением и несомненно требует детального исследования [4, 5].

На сегодняшний день поиск новых нетрадиционных белковых компонентов является актуальным направлением, так как последние являются достойной альтернативой традиционным добавкам. Большое внимание уделяется мухе чёрная львинка (*Hermetia illucens*), возможность использования ее личинок в кормах животных отмечается многими авторами [6-14]. Достоинством личинок как компонента кормов является высокое содержание в них протеина, при этом на долю переваримого протеина приходится 85-95 %, содержание жира в личинках достигает 20-45 %.

**Цель исследования** – изучить морфологическую картину желудочно-кишечного тракта, а именно тонкого отдела кишечника свиней на фоне применения в их рационе сушеной личинки чёрная львинка. Для достижения поставленной цели предстояло решить следующие задачи:

1. Изучить морфологическую картину тощего отдела кишечника свиней на фоне применения в их рационе сушеной личинки чёрная львинка.

2. Определить микроморфометрические параметры эпителиоцитов, сосудов подслизистого слоя тощего отдела кишечника свиней при добавлении в рацион личинок чёрная львинка.

## Объекты и методы исследования.

Опытная часть исследования была проведена на базе фермерского хозяйства в Оренбургской области. Для изучения влияния личинок мухи чёрная львинка на морфологию желудочно-кишечного тракта свиней отобраны две группы животных по 8 голов в возрасте два месяца. Животным контрольной группы использовали хозяйственный рацион, основные компоненты которого ячмень, пшеница и кукуруза, изготавливаемый в условиях данного предприятия, поросётам опытной группы обогащали тот же самый рацион путем добавки сушеной массы личинок мухи чёрная львинка, что оптимизировало рацион по основным показателям питательности. Длительность эксперимента составила 120 дней. По истечении срока проводили убой животных с хозяйственной целью с последующим отбором материала.

Материалом исследования служил тощий отдел кишечника. Отобранные образцы кишечной стенки фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина с последующей заливкой в парафин. Изготовление гистологических препаратов тощего кишечника осуществляли на ротационном микротоме Sakura Accu-Cut SRM 200 с последующей окраской гематоксилином и эозином. Морфометрический анализ на светооптическом уровне включал оценку архитектоники средней части тощего кишечника, толщину слизистого, мышечной оболочки, подслизистого слоя и их сосудов, высоту ворсин, глубину крипт, площадь энтероцитов и их ядер, а также площадь артериальных сосудов подслизистого слоя. Для удобства описания морфометрических показателей артерии подслизистого слоя были разделены на три категории: крупные, площадь поперечного сечения которых составляла от 3000 до 4000 мкм<sup>2</sup>, средние с площадью от 2000 до 3000 мкм<sup>2</sup> и мелкие, площадь поперечного сечения которых была на уровне от 800 до 1500 мкм<sup>2</sup>. Указанные параметры измеряли с помощью винтового окуляр-микрометра МОВ-1-15х (ГОСТ 15150 – 69) и окулярной линейки с

последующей статистической обработкой количественных параметров гистологических структур.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что структура стенки тощего кишечника образована тремя оболочками: слизистой, мышечной и серозной. Кроме того, слои слизистой оболочки включают эпителиальную пластинку, собственную пластинку слизистой оболочки, мышечную пластинку слизистой оболочки и подслизистую основу. Гистологическая картина слизистой оболочки представлена многочисленными продольными и циркулярными складками, а также специализированными выростами (ворсинки) и углублениями (крипты) вытянутой формы.

Однослойный цилиндрический эпителий, состоящий из каемчатых и бокаловидных клеток, представляет эпителиаль-

ный слой. На апикальном полюсе указанных клеток исчерченная каемка, более выраженная у животных опытной группы. Рыхлая соединительная ткань, выполняющая в кишечнике опорную, трофическую, защитную функции, содержит умеренное скопление клеток – гранулоцитов, лимфоцитов, фибробластов, коллагеновые и эластические волокна.

Стоит отметить, что в эпителии тощей кишки подсвинков опытной группы границы эпителиоцитов более четкие, хорошо просматривались, в отличие от животных контрольной группы. В криптах изучаемого органа опытных животных отмечается более выраженная дифференциация каемчатых и бокаловидных клеток, имеющих вытянутую овальную форму. В их цитоплазме визуализировались базально расположенные ядра преимущественно округлой формы (рис. 1).

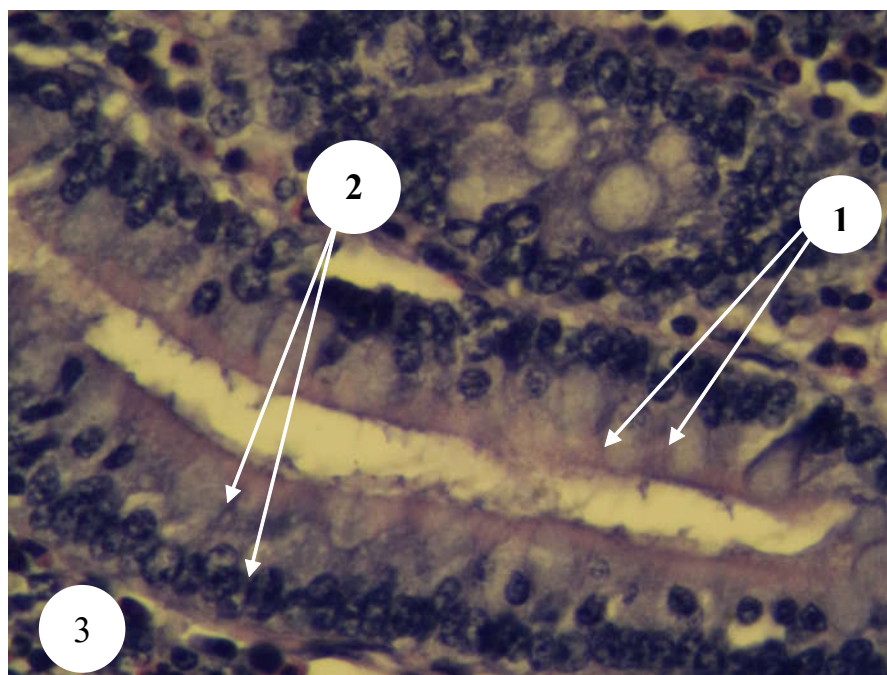


Рисунок 1. Гистологический срез тонкого отдела кишечника поросенка (опытная группа). Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 800: 1 – бокаловидные клетки; 2 – клетки каемчатого эпителия; 3 – рыхлая волокнистая соединительная ткань

Известно, что от величины складчатости слизистой оболочки зависит ее всасывательная функция, что способствует более высокой усвояемости питательных веществ корма. Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют о превосходстве толщины слизистой обо-

лочка тощей кишки животных опытных групп над контрольной на 11,0% ( $p \leq 0,05$ ) вследствие применения кормовой добавки в виде сушеной личинки чёрная львинка.

Установлено, что высота ворсинок тощей кишки подсвинков опытной группы составила  $519,90 \pm 23,764$  мкм, в конт-

рольной группе аналогичный показатель составил  $446,50 \pm 28,415$  мкм. Достигнутое преимущество в 16,4% ( $p \leq 0,01$ ) свидетельствует об увеличении абсорбционной поверхности слизистой оболочки тощего кишечника, что способствует более эффективному всасыванию питательных веществ. Ворсинки тощей кишки у поросят опытной группы имели пальцевидную и листочковидную формы с равномерным между ними расстоянием и четкими границами в виде зернистой каемки эндотелиоцитов, имеющих большое значение во всасывании питательных веществ. При детальном рассмотрении эндотелиоцитов выявлено, что окрашенные ядра имеют отчетливо выраженные ядрышки, рассеянный хроматин, что подтверждает высокое функциональное состояние их клеток. Присутствие бокаловидных клеток в переходной зоне между ворсинками и криптами подтверждает физиологический механизм работы секреторного аппарата, направленного на увеличение количества слизи, необходимой как для работы пристеночного пищеварения, так и для барьерной функции желудочно-кишечного тракта.

Установленное незначительное снижение глубины крипт у животных опытной группы, по сравнению с контрольной, на 4,8% свидетельствует о более оптимальных процессах регенерации эпителия и снижения патологической пролиферации клеток тощей кишки свиней на фоне скормливания личинок черной львинки. Стоит отметить, что в исследуемых гистопрепаратах тощей кишки опытной группы животных отмечается более выраженная архитектура крипт и ворсинок, где просматриваются четкие границы клеточных элементов в присутствии соединительной ткани.

Индекс ворсинка/крипта – чувствительный маркер морфофункционального состояния тонкого кишечника свиней. Его снижение сигнализирует о нарушениях пищеварения и повреждении слизистой оболочки, а восстановление свидетельствует об улучшении здоровья кишечника. Полученные результаты, касающиеся данного показателя у экспериментальных животных, показывают увеличение индекса вор-

синка/крипта у животных опытной группы на 18,1 % по сравнению с контролем.

В ходе эксперимента установлено положительное влияние скормливания кормовой добавки на основе сушеной личинки чёрная львинка на морфометрические параметры отдельных слоев тощей кишки свиней. В слизистой оболочке мышечная пластинка, отделяющая собственную пластинку от подслизистой основы, представлена в виде тонкого слоя с компактно расположенными гладкомышечными клетками. Функциональное состояние кишечной стенки во многом определяются местными локальными процессами, в том числе и за счет величины мышечной пластинки. Так, в опытной группе толщина мышечной пластинки находилась на уровне  $31,20 \pm 1,974$  мкм, что на 7,1 % выше аналогичного показателя в контрольной группе животных.

Подслизистый слой кишечника представлен рыхлой волокнистой соединительной тканью, его толщина у опытной группы увеличивалась на 7,9 % по сравнению с контролем. В толще подслизистого слоя с хорошо просматриваемыми слоями – коллагеновые и эластические волокна – наблюдаются кровеносные и лимфатические сосуды разного диаметра. Васкуляризация подслизистого слоя имеет большое функциональное значение в обеспечении механизмов всасывания питательных веществ в тонком отделе кишечника. Выявленные артериальные кровеносные сосуды в подслизистом слое имели разную форму и размеры, что послужило поводом разделить их на крупные, средние и мелкие сосуды. Анализируя полученные данные касательно площади артериальных сосудов, отмечено превосходство крупных и средних артерий подслизистого слоя тощей кишки животных опытной группы по отношению к контрольной, исключением стали мелкие сосуды, имеющие больший диаметр у животных в контрольной группе. Так, средний размер мелких артерий в опытной группе находился на уровне  $1166,90 \pm 134,855$  мкм, в контрольной составил  $1204,15 \pm 95,085$  мкм. Рассматри-

вая интервалы между вышеуказанными сосудами, отмечается следующая закономерность: в опытной группе наименьшая разница в площади артерий была между крупными и средними сосудами, а наибольшая – между средними и мелкими; в контрольной группе наблюдалась несколько иная картина: сосуды всех категорий имели относительно равномерный интервал с незначительным преимуществом между крупными и средними сосудами.

При рассмотрении морфометрических показателей кровеносных сосудов особого внимания заслуживает толщина отдельных ее слоев. Так, в опытной группе интима, медиа и адвентиция сосудов подслизистого слоя тощей кишки оказались выше аналогичных показателей в контроле на 7,3; 12,6 ( $p \leq 0,05$ ) и 6,6% соответственно. Стоит отметить, что наиболее динамичным в развитии стенки сосуда был мышечный слой, затем эндотелиальный и соединительнотканый (рис. 2).

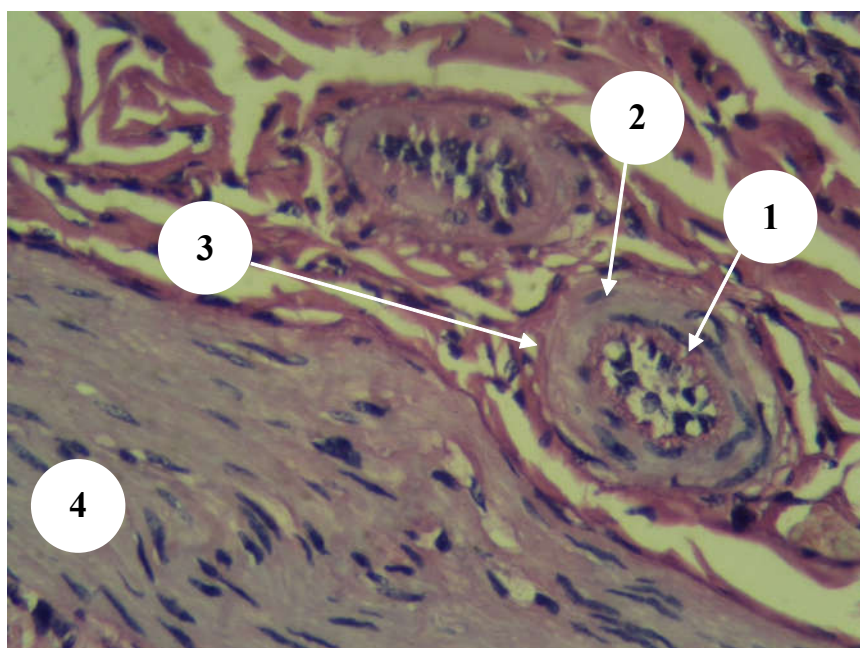


Рисунок 2. Гистологический срез тонкого отдела кишечника поросенка (опытная группа). Окраска гематоксилин и эозин. Ув.  $\times 800$ : 1 – интима; 2 – мышечная оболочка артерии; 3 – рыхлая соединительная ткань; 4 – мышечный слой

Толщина мышечной оболочки тощей кишки у животных опытной группы достоверно превышала аналогичный показатель в контрольной группе на 14,3% ( $p \leq 0,05$ ). Двухслойное строение мышечной оболочки, а именно наружного – продольного и внутреннего – циркулярного слоев гладкомышечных клеток позволило оценить их морфометрические параметры. Так, исследование гистоархитектоники тонкого кишечника контрольной группы животных показали, что толщина наружного слоя составила  $154,611 \pm 18,714$  мкм, внутреннего –  $129,953 \pm 14,866$  мкм, в опытной группе аналогичные показатели оказались выше, чем в контрольной группе, на 4,0 и 4,7 % соответственно (рис. 3).

Поскольку энтероциты активно синтезируют пищеварительные ферменты, необходимые для переваривания и всасывания питательных веществ, то анализ их морфометрических параметров служит одним из показателей функциональной активности данных клеток. Клетки каемчатого эпителия имеют цилиндрическую форму, апикальная поверхность которых образует щеточную кайму, что способствует увеличению площади всасывания. В результате гистологических исследований установлено, что площадь энтероцитов тощей кишки опытных животных превосходила аналогичный показатель контрольных на 13,8% ( $p \leq 0,05$ ). Площадь цитоплазмы эпителиоцитов тощей кишки

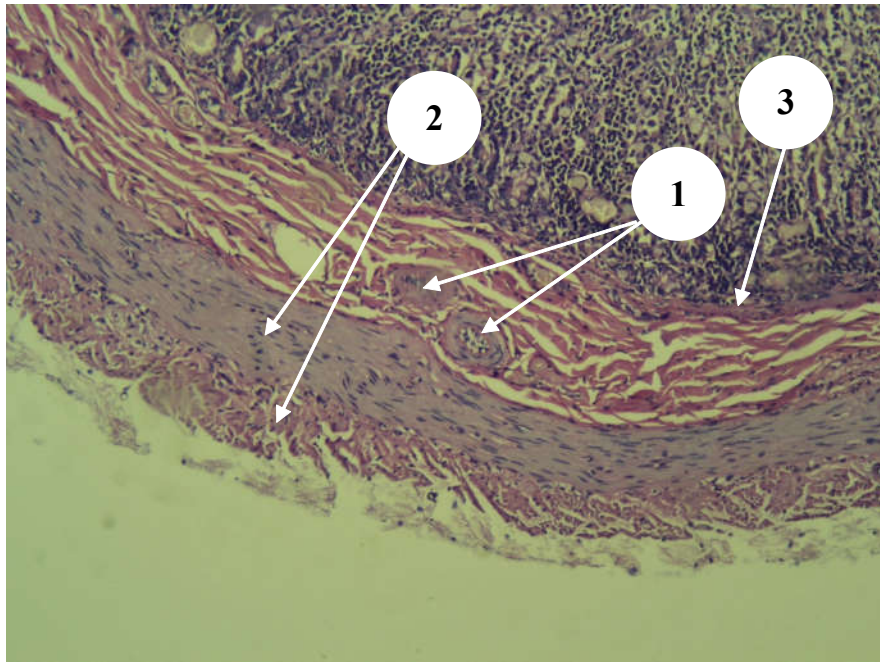


Рисунок 3. Гистологический срез тонкого отдела кишечника поросят (опытная группа). Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 200: 1 – артерии подслизистого слоя; 2 – мышечная оболочка с продольными и циркулярными слоями; 3 – мышечная пластинка

имела достоверное превосходство над таковым в контрольной группе на 24,3% ( $p \leq 0,05$ ). Ядра энтероцитов кишечного эпителия в опытной группе имели плотное базальное расположение, базофильно окрашены, с четкими контурами. В их структуре хорошо заметны ядрышки, имеющие периферическое расположение (рис. 4). Площадь поперечного сечения ядер энтероцитов между животными кон-

трольной и опытной групп не имели достоверных различий, тем не менее превосходство оставалось за животными опытной группы. Установленное снижение – 10,5% значения ядерно-цитоплазматического отношения у представителей опытной группы животных свидетельствует о более выгодном функциональном состоянии клеток эпителия кишечника.

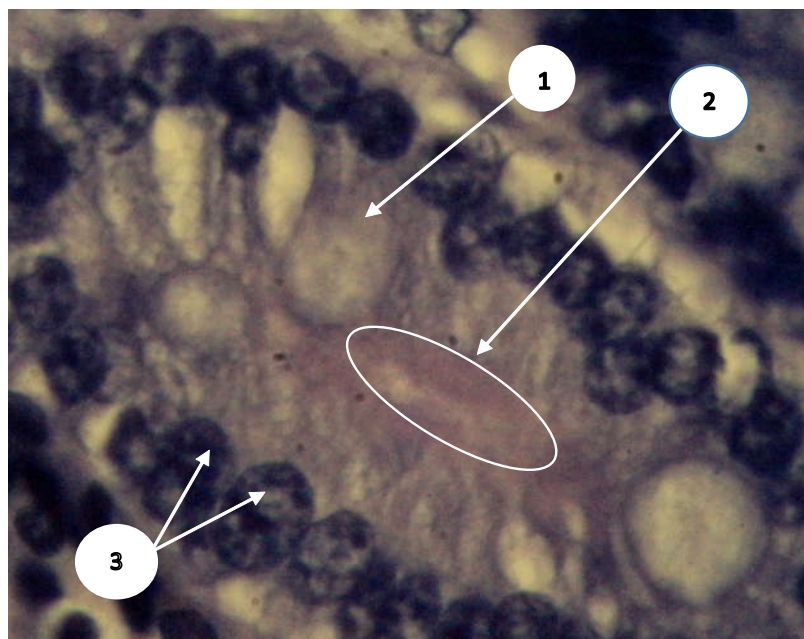


Рисунок 4. Гистологический срез тонкого отдела кишечника поросят (опытная группа). Окраска гематоксилин и эозин. Ув. х 2000: 1 – бокаловидные клетки; 2 – просвет кишечной крипты; 3 – ядра энтероцитов кишечного эпителия.

Полученные в ходе исследования результаты анализа гистологических показателей стенки тощей кишки свиней при введении в их рацион сушёной личинки мухи чёрная львинка указывают на отсутствие отрицательного влияния кормовой добавки на морфофункциональный статус органа. При сравнении морфологических показателей структур кишечника опытной и контрольной групп выявлено, что в опытной группе происходит более интенсивное развитие слизистой оболочки, что проявляется в увеличении роста ворсин и крипт кишечника. Нельзя не отметить преимущество у опытных животных в увеличении роста гладкомышечных элементов кишечной стенки, которые определяют функцию полноценной работы пищеварительной системы, а именно ее перистальтику.

Установленные различия в морфометрических параметрах сосудистого русла подслизистого слоя тонкого отдела кишечника животных между опытной и контрольной группами свидетельствуют о структурной перестройке микроциркуляторного русла в условиях эксперимента. Преобладание диаметра крупных и средних артериальных сосудов в опытной группе по сравнению с контрольной, по всей вероятности, отражает усиление регионального кровотока, необходимого для поддержания возросших метаболических потребностей кишечной стенки. Логично, что с функциональной стороны данный факт свидетельствует об усилении васкуляризации тканей, что тесно взаимосвязано с повышенной всасывательной нагрузкой кишечника, а также с реализацией важнейшего этапа пищеварения – транспорта поступивших нутриентов.

Проведённый анализ площади поперечного сечения артерий подслизистого слоя указывает на перераспределение кровотока с упором на магистральные пути, что также отражает изменения в кровоснабжении органа и может быть связано со структурной адаптацией сосудистого русла к новым функциональным условиям.

Выявленное достоверное преобладание медиа в стенке артерии подслизистого слоя напрямую связано с увеличением массы гладкомышечных клеток, что по-

зволяет эффективнее регулировать тонус и сопротивление сосудов, адаптируя кровоток к изменяющимся условиям. Учитывая, что подслизистый слой служит основным сосудистым образованием кишечной стенки, интенсивность его кровоснабжения тесно связано с процессами всасывания, моторной и барьерной функциями кишечника. Выявленные структурные изменения несомненно требуют дальнейшего изучения во взаимосвязи с обменными процессами.

При рассмотрении соотношения площади цитоплазмы и ядра энтероцитов было отмечено увеличение данных показателей у животных опытной группы.

Проведенные исследования позволяют судить об использовании сушеной личинки чёрная львинка как о подходящем альтернативном источнике белка в рационе свиней, что согласуется с мнением других авторов [15], подтверждающих перспективность применения разнообразных кормовых компонентов, приготовленных из личинки чёрной львинки, что безусловно создает задел для дальнейшего исследования в этом направлении.

**Выводы.** 1. Результаты морфометрического исследования гистологических структур тощего отдела кишечника свиньи указывают на положительное воздействие введения измельченной массы личинок мухи чёрная львинка на состояние кишечника. Установлено, что включение сушеной личинки чёрная львинка в рацион свиней опытной группы привело к увеличению толщины слизистой оболочки тощей кишки на 11,0% и повышению высоты ворсинок на 16,4% в сравнении с контрольной группой. Увеличение высоты ворсинок коррелирует с расширением адсорбционной поверхности, что обеспечивает более эффективное всасывание нутриентов. Глубина крипт слизистой оболочки кишечника у опытной группы ниже на 4,8% по отношению к контрольной.

2. Применение кормовой добавки в виде сушеной личинки чёрная львинка положительно сказывается на росте мышечной оболочки кишечника, так аналогичный показатель увеличивался на 14,3 % по сравнению с контролем. В подслизис-

том слое тонкого отдела кишечника опытной группы произошло утолщение стенки и изменение диаметра сосудов: крупные и средние сосуды имели больший диаметр по сравнению с контрольной группой, тогда как мелкие сосуды – меньший. Толщина оболочек артериальной стенки в опытной группе превышала контрольные значения: интимы – на 7,3 %, медиа – на 12,6 % ( $p \leq 0,05$ ), адвентиции – на 6,6 %. Наиболее динамичным в развитии оказался мышечный слой (медиа), что указыва-

ет на усиление механизмов регуляции сосудистого тонуса. Площадь цитоплазмы и ядра энтероцитов тощей кишки свиней опытной группы превышает таковые показатели в контрольной на 23,4 и 11,4 % соответственно, что сказалось на незначительном снижении индекса соотношения ядра и цитоплазмы у свиней опытной группы, это может свидетельствовать о повышении функционального состояния клеток эпителия кишечника животных.

#### Список источников

1. Jha R., Fohse J.M., Tiwari U.P., Li L. and Willing B.P. Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals // *Front. Vet. Sci.* 2019. 6. P. 48. DOI: 10.3389/fvets.2019.00048.
2. Мистюкова О.Н. Физиологические и морфологические характеристики тонкого кишечника у новорожденных поросят // Теория и практика инновационных технологий в АПК : материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 01 апреля – 31 мая 2025 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2024. С. 374-375. EDN: FMQRKR.
3. Морфология тонкой кишки крыс-adolescents при хронической интоксикации сульфатом кадмия / П.А. Елясин, С.В. Залавина, А.Н. Машак и др. // Ульяновский медико-биологический журнал. 2018. №3. С. 151-156. DOI: 10.23648/UMBJ.2018.31.17226. EDN: YBRYKL.
4. Зеленкова Г.А., Пахомов А.П., Зеленков А.Р. Развитие органов пищеварения и яйцегообразования у кур при использовании в рационах экобентокорма в сочетании с биологически активными веществами // Научный журнал КубГАУ. 2014. №101. 1099-1108 EDN: SZVXLL.
5. Гистология кишечной стенки цыплят-бройлеров при использовании различных биодобавок / Н.Г. Черепанова, Е.А. Просекова, Е.В. Панина и др. // Известия ТСХА. 2019. №1. С.98-112. EDN: WKPSDD.
6. Морфометрические показатели кишечника у крыс при введении пробиотика в модели дисбиоза / Э.Р. Джелдубаева, Н.С. Ярмолюк, В.С. Ржевская [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2024. № 4. С.65-77. DOI: 10.29039/2413-1725-2024-10-4-65-77. EDN: SBUANJ.
7. Морфология органов пищеварения норки при применении в кормлении личинок мухи черной львинки / Ю.В. Ларина, В.О. Ежков, Р.М. Папаев и др. // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 254. № 2. С. 146-151. DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_2\_254\_146. EDN: THFGHX.
8. Жамбулов М.М., Вишневская Т.Я. Влияние кормовой добавки на основе сушёной личинки *Hermetia illucens* на морфологические показатели гепатоцитов крыс // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. № 6 (116). С. 166-171. DOI: 10.37670/2073-0853-2025-116-6-166-171. EDN: HGZGYC.
9. Романенко Е.А. Качество пищевых яиц при использовании кормового белка из личинок мух чёрная львинка (*Hermetia illucens*) // *Sciences of Europe*. 2021. № 85-2 (85). С. 3-5. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-85-2-3-5. EDN: BJHVKK.
10. Müller A., Wolf D., Gutzeit H.O. The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and 151 bioactive substances // *Zeitschrift für Naturforschung*. 2017. № 72 (9-10). Pp. 351-363. DOI: 10.1515/znc-2017-0030. EDN: YHCLBI.
11. Пищевая и биологическая ценность биомассы личинок *Hermetia illucens* / Э.О. Садыкова, А.А. Шумакова, С.И. Шестакова, Н.В. Тышко // Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 2 (534). С. 73-82. DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-2-73-82. EDN: FIZIQH.
12. Динамика живой массы и мясная продуктивность перепелов при дополнении рациона кормления личинками мухи чёрная львинка / Р.М. Папаев, А.М. Ежкова, А.И. Гирфанов [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 252, № 4. С. 186-190. DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_4\_252\_186. EDN: DSHTDU.
13. Жамбулов М.М., Вишневская Т.Я. Биохимические показатели крови свиней при скормливании кормовой добавки на основе сушёной личинки мухи чёрной львинки (*Hermetia illucens*) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2025. № 5 (115). С. 168-172. DOI: 10.37670/2073-0853-2025-115-5-168-172. EDN: QHINGO.
14. Гапонов Н.В. Влияние биологически активных веществ прополиса на микроморфометрические показатели стенки подвздошной кишки молодняка свиней // Адаптивное кормопроизводство. 2021. №. 1. С. 55-64. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-1-55-64. EDN: MFPUEA.
15. Влияние кормов из личинок чёрной львинки на показатели эффективности выращивания и кормового поведения свиней / Р.В. Некрасов, Е.В. Туаева, Н.В. Боголюбова, А.Н. Сингин // Вестник Ульяновской ГСХА. 2025. №3 (71). С. 139-146. DOI: 10.18286/1816-4501-2025-3-139-146. EDN: MSVBBI.

## References

1. Jha R., Fohse J.M., Tiwari U.P., Li L. and Willing B.P. Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. *Front. Vet. Sci.* 2019;6:48. DOI: 10.3389/fvets.2019.00048.
2. Mistyukova O.N. Physiological and Morphological Characteristics of the Small Intestine in Newborn Piglets. *Theory and Practice of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Proc. of the Nat. Sci. and Pract. Conf. Voronezh, April 01 – 31, 2024. Voronezh. Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2024. Pp. 374-375. EDN: FMQRKR.*
3. Elyasin P.A., Zalavina S.V., Mashak A.N., Nadeev A.P., Aydagulova S.V. Small intestine morphology of rats-adolescents with chronic cadmium sulfate intoxication. *Ulyanovsk Medico- Biological Journal.* 2018;3:151-156 (In Russ.) DOI: 10.23648/UMBJ.2018.31.17226.
4. Zelenkova G.A., Pakhomov A.P., Zelenkov A.R. Development of Digestive organs and eggs at hens when using ekobentokorm's diets in combination with biologically active agents. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University.* 2014;101:1099-1108 (In Russ.). EDN: SZVXLL.
5. Cherepanova N.G., Prosekova E.A., Panina E.V. [et al.] Intestinal wall histology of broiler chickens fed with different supplements. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2019;1:98-112 (In Russ.). EDN: WKPSDD.
6. Dzheldubaeva E.R., Yarmolyuk N.S., Rzhetskaya V.S. [et al.]. Morphometric parameters of the intestine in rats after probiotic administration in a dysbiosis model. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry.* 2024;4:65-77 (In Russ.). DOI: 10.29039/2413-1725-2024-10-4-65-77.
7. Larina Yu.V., Ezhkov V.O., Papaev R.M. et al. Morphology of the Digestive Organs of Minks When Used in the Feeding of the Black Lion Widow Fly. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman.* 2023;Vol.254,No2:146-151 (In Russ.). DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_2\_254\_146.
8. Zhambulov M.M., Vishnevskaya T.Ya. Effect of a feed additive based on dried *Hermetia illucens* larvae on the morphological parameters of rat hepatocytes. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University.* 2025;6(116):166-171 (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2025-116-6-166-171.
9. Romanenko E.A. Quality of edible eggs by using feed protein from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Sciences of Europe.* 2021;85-2(85):3-5 (In Russ.). DOI: 10.24412/3162-2364-2021-85-2-3-5.
10. Müller A., Wolf D., Gutzeit H.O. The black soldier fly, *Hermetia illucens* – a promising source for sustainable production of proteins, lipids and 151 bioactive substances. *Zeitschrift für Naturforschung.* 2017;72(9-10):351-363. DOI: 10.1515/znc-2017-0030.
11. Sadykova E.O., Shumakova A.A., Shestakova S.I., Tyshko N.V. Nutritional and biological value of *Hermetia illucens* larvae biomass. *Nutrition issues.* 2021;Vol. 90, No 2(534):73-82 (In Russ.). DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-2-73-82.
12. Papaev R.M., Ezhkova A.M., Girfanov A.I. [et al.]. Dynamics of live weight and meat productivity of quails when supplementing the feeding diet with larvae of the Black Lion fly. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman.* 2022;Vol.252,No4:186-190. DOI: 10.31588/2413\_4201\_1883\_4\_252\_186.
13. Zhambulov M.M., Vishnevskaya T.Ya. Biochemical indicators of pig blood when feeding a feed additive based on dried *Hermetia illucens* larvae. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University.* 2025;5(115):168-172 (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2025-115-5-168-172.
14. Gaponov N.V. Influence of biologically active propolis substances on micromorphometric indicators of the ileum wall in young pigs. *Adaptive Fodder Production.* 2021;1:55-64 (In Russ.). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-1-55-64.
15. Nekrasov R.V., Tuaeve E.V., Bogolyubova N.V., Singin A.N. Analysis of black soldier fly larval feed for pig rearing efficiency and feeding behavior. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2025;3(71):139-146 (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2025-3-139-146.

## Информация об авторах

**Максат Мухтарович Жамбулов** – кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии, физиологии и патологии, Оренбургский государственный аграрный университет, vetcon@yandex.ru;

**Татьяна Яковлевна Вишневская** – доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и патологии, Оренбургский государственный аграрный университет, anatom.OSAU@mail.ru

## Information about the authors

**Maksat M. Zhambulov** – Candidate of Science (Biology), Associate Professor, Chair of Morphology, Physiology and Pathology, Orenburg State Agrarian University, vetcon@yandex.ru;

**Tatiana Y. Vishnevskaya** – Doctor of Science (Biology), Associate Professor, Head of the Chair of Morphology, Physiology and Pathology, Orenburg State Agrarian University, anatom.OSAU@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 21.05.2026; одобрена после рецензирования 12.07.2026; принята к публикации 25.08.2026.

The article was submitted 21.05.2026; approved after reviewing 12.07.2026; accepted for publication 25.08.2026.