

УДК 619:616.34-084.2/.3-091-092.19

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16

А.В. Мифтахутдинов ✉

Е.А. Ноговицна

Е.В. Акентьева

Ю.С. Шакирова

Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

✉ nirugavm@mail.ru

Поступила в редакцию: 30.07.2025

Одобрена после рецензирования: 11.09.2025

Принята к публикации: 26.09.2025

© Мифтахутдинов А.В., Ноговицна 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

### РЕЗЮМЕ

В работе приведены данные морфометрических исследований структур стенки тонкой кишки цыплят-бройлеров, особенно слоев ее слизистой оболочки в условиях действия стрессоров, а также на фоне фармакологической его профилактики фармакологическим средством «Пик-антистресс». Первая группа (контрольная) получала полнорационный комбикорм, вторая (1-я опытная) — полнорационный комбикорм, включающий антистрессовую кормовую добавку «Пик-антистресс» в дозе 1,27 кг на 1 т корма за 5 суток до убоя, третья (2-я опытная) — кормовую добавку «Пик-антистресс» с включением в состав L-карнитина в общей дозе 1,7 кг на 1 т корма за 5 суток до убоя. При непродолжительном действии технологических стрессов на организм экспериментальной птицы наблюдали изменение морфометрических показателей стенки тонкой кишки, сопровождающееся уменьшением толщины слизистой оболочки, величины (высоты и ширины) ворсинок. Под влиянием фармакологической профилактики — кормовой добавки «Пик-антистресс» — и в сочетании с L-карнитином в опытных группах отмечали увеличение толщины оболочек стенки тонкой кишки, особенно слизистой и мышечной, что дает синергетический эффект, L-карнитин усиливает действие фармацевтических субстанций, включенных в состав средства «Пик-антистресс». Под действием антистрессовой терапии происходит значительное увеличение слизистой оболочки, особенно двенадцатиперстной кишки и тощей кишки за счет увеличения высоты ворсинок и уменьшения диаметра крипт и высоты эпителия.

**Ключевые слова:** стресс, цыплята-бройлеры, морфометрия, тонкая кишка, кормовая добавка «Пик-антистресс», L-карнитин

**Для цитирования:** Мифтахутдинов А.В., Ноговицна 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; 399(10): 8–16.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16

Алевтин В. Мифтахутдинов ✉

Елена А. Ноговицына

Елизавета В. Акентьева

Юлия С. Шакирова

South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

✉ nirugavm@mail.ru

Received by the editorial office: 30.07.2025

Accepted in revised: 11.09.2025

Accepted for publication: 26.09.2025

© Мифтахутдинов А.В., Ноговицына Е.А., Акентьева Е.В., Шакирова Ю.С.

## 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

### ABSTRACT

The paper presents data from morphometric studies of the structures of the wall of the small intestine of broiler chickens, especially the layers of its mucous membrane under the influence of stressors, as well as against the background of pharmacological prophylaxis with the pharmacological agent "Peak-antistress". The first group (control) received complete compound feed, the second (1st experimental) received complete compound feed, including the anti-stress feed additive "Peak-antistress" at a dose of 1.27 kg per 1 ton of feed 5 days before slaughter, the third (2nd experimental) received the feed additive "Peak-antistress" with the inclusion of L-carnitine in a total dose of 1.7 kg per 1 ton of feed 5 days before slaughter. Under the short-term effect of technological stresses on the body of the experimental bird, a change in the morphometric parameters of the small intestine wall was observed, accompanied by a decrease in the thickness of the mucous membrane, the size (height and width) of the villi. Under the influence of pharmacological prophylaxis — the feed additive "Peak-antistress" — and in combination with L-carnitine in the experimental groups, an increase in the thickness of the membranes of the wall of the small intestine, especially mucosa and muscle, was noted, which gives a synergistic effect, L-carnitine potentiates the action of pharmaceutical substances included in the composition of the drug "Peak-antistress". Under the influence of anti-stress therapy, a significant increase in the mucous membrane occurs, especially the duodenum and jejunum due to an increase in the height of the villi and a decrease in the diameter of the crypts and the height of the epithelium.

**Key words:** stress, broiler chickens, morphometry, small intestine, feed additive "Пик-антистресс", L-карнитин

**For citation:** Miftakhutdinov A.V., Nogovitsina E.A., Akentieva E.V., Shakirova J.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 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-8-16>

## **Введение/Introduction**

Динамика развития сельскохозяйственного производства непосредственно связана с состоянием здоровья животных, которое напрямую зависит от влияния на организм разнообразных технологических стрессоров: их природы, силы, продолжительности воздействия [1–3].

В условиях промышленного содержания птиц действие стрессоров неизбежно и отрицательно оказывается на общем состоянии, формировании иммунного ответа на различные генетически чужеродные агенты, снижает продуктивность [4–8]. Для корректировки потерь в промышленном птицеводстве важное значение имеют знания морфологии аппаратов органов и их систем<sup>1</sup>, анализ которых, используя методы морфологического исследования (морфометрии, цитологии, гистологии), может показать патогенетическую картину процесса и своевременно провести профилактические и лечебные мероприятия [9–11].

Большинство авторов, которые изучали влияние стрессоров на организм животных, отмечают, что при их воздействии происходят изменения структуры и функции в системе желез внутренней секреции, аппарате органов пищеварения: печени, кишечнике [12, 13]. Кишечник, как известно, является важным пищеварительным и иммунным органом для птиц благодаря своим функциям (пищеварению, всасыванию и регулированию аппетита), которые обеспечиваются наличием постоянных структур, способствующих увеличению всасывающей поверхности эпителиального слоя слизистой оболочки кишечника [14, 15].

К сожалению, тонкая кишка у птиц чувствительна к действию стрессоров в условиях промышленного содержания, особенно к предубийному и тепловому стрессу [16]. Такие стрессы вызывают снижение продуктивности у цыплят, повреждение кишечника, сопровождающиеся энтеритом, нарушением пищеварения, всасывания и даже нарушением функции эпителиального барьера кишечника, что делает животных восприимчивыми к заболеваниям [17, 18].

Тонкая кишка, ее слизистая оболочка участвуют в регуляции адаптационных реакций, поэтому проведение гистологических, морфометрических исследований структур ее стенки, особенно слоев слизистой оболочки в условиях действия стрессоров, а также на фоне фармакологической профилактики стресса является актуальным [19–21].

Ранее частично описанные результаты этого исследования показывают, что в летний период у цыплят перед убоем развивается стресс, связанный с высокой температурой окружающей среды и высокой плотностью посадки в условиях клеточного содержания [22]. Птицы очень плохо приспособлены к высоким температурам. С экономической и биологической точки зрения наиболее

затратным является убой в летний период, так как, помимо неопределенности среды, у цыплят включаются механизмы адаптации к высоким температурам, зачастую на фоне низкого содержания кислорода и высокой влажности, а также на отдельных предприятиях отсутствие воды в период голодной выдержки и в период транспортировки цыплят [17].

Адаптационные процессы характеризуются повышением уровня соотношения гетерофилов к лимфоцитам крови в среднем в 2,8 раз, что позволяет диагностировать острую fazу развития стрессовой реакции. Применение фармакологических средств «Пик-антистресс» и «Пик-антистресс» в сочетании с L-карнитином позволяет снизить активность стресс-реализующих механизмов и повысить сохранность цыплят. Смертность цыплят за период выращивания в летний период на фоне развития теплового стресса в контрольной группе составила 10,85%, в группе, где за 5 суток до убоя цыплят включали в комбикорм антистрессовую кормовую добавку «Пикантостресс», — 7,65%, в группе, где в комбикорм включали «Пик-антистресс» с L-карнитином, — 6,27%. Европейский индекс продуктивности в контрольной группе составил 285 ед., с добавкой «Пик-антистресс» — 317 ед., в группе, где в комбикорм включали «Пик-антистресс» с L-карнитином, — 330 ед. [22], что указывает на высокую эффективность применяемых фармакологических средств и ставит вопрос о формировании представлений о механизмах действия и возможном побочном органоспецифическом действии разработанного фармакологического средства.

Цель данной работы — изучение отдельных морфометрических особенностей стенки тонкой кишки у цыплят-бройлеров в условиях технологических стрессов в промышленном птицеводстве и на фоне их фармакологической профилактики.

## **Материалы и методы исследования / Materials and methods**

В текущем исследовании из клинически здоровых цыплят кросса Ross 308 по принципу аналогов на промышленном птицеводческом предприятии в Челябинской области были сформированы в летний период 2024 года 3 группы по  $95648 \pm 931$  голов в каждой.

Первая группа (контрольная) получала полноценный финишный комбикорм марки ПК-6 (ЗАО «СИТНО», Россия), который включает пшеницу, соевый шрот, подсолнечное масло, рыбную муку, дрожжи кормовые, а также аминокислоты (метионин, лизин), соль, премикс, монокальцийфосфат и другие витаминно-минеральные добавки, вторая группа (1-я опытная) получала аналогичный комбикорм, включающий антистрессовую

<sup>1</sup> Мифтахутдинов А.В. Изучение отдельных адаптационных морфологических закономерностей, влияющих на продуктивность кур и цыплят при развитии стрессов в промышленной среде. НИР: грант № 24-26-20039. Российский научный фонд. 2024.

кормовую добавку «Пик-антистресс» в дозе 1,27 кг на 1 т корма за 5 суток до убоя с кормом ежедневно, третья группа (2-я опытная) — кормовую добавку «Пик-антистресс» с включением в состав L-карнитина в общей дозе 1,7 кг на 1 т корма за 5 суток до убоя ежедневно с кормом. Кормовая добавка «Пик-антистресс» разработана в Южно-Уральском государственном аграрном университете и включает в себя янтарную кислоту, карбонат лития и соли других микроэлементов, аскорбиновую кислоту и глюкозу<sup>2</sup>.

На 38-й день выращивания цыплят (непосредственно перед убоем) случайным образом из каждой группы отобраны по 10 голов, которые были умерщвлены методом декапитации и препарированы. Все исследования на птицах, включая убой, проведены с соблюдением биоэтических норм, соответствующих директиве № 2010/63/EU Европейского парламента о защите животных<sup>3</sup>.

Тонкая кишечная трубка была разделена на двенадцатиперстную, тощую и подвздошную, промыта дистиллированной водой, а затем 10%-ным раствором нейтрального формалина. В течение двух часов после убоя отобраны образцы размером 1 см и зафиксированы в 10%-ном растворе нейтрального формалина. С целью изготовления гистологических препаратов проведено обезживание образцов тканей с использованием этилового спирта возрастающей концентрации (70°, 80°, 90°, 96°, 100°), далее — уплотнение парафином и окрашивание с использованием основных красителей — гематоксилина и эозина.

Оценку гистологических структур, таких как толщина слизистой и мышечной оболочек, основной пластинки, диаметр крипты, высота эпителия, высота и ширина ворсинок, проводили на микроскопе «Микромед-6» (АО «Ломо», Россия) с цифровой цветной видеокамерой C-mex-5 Pro (Нидерланды).

Морфометрические измерения осуществляли в программе изображений ImageScope M (Aperio Technologies, США).

Результаты опыта были обработаны биометрически с использованием программы Statistica 12 (StatSoft, USA). Данные представлены в виде средних ( $M$ ) и стандартного отклонения ( $S_D$ ). Сравнительный межгрупповой анализ выполняли методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Уровень значимости был принят равным  $p \leq 0,05$ .

## Результаты и обсуждение / Results and discussion

При внешнем осмотре органов грудобрюшной полости у исследуемых групп птицы отмечено, что двенадцатиперстная, тощая и подвздошная кишки занимают нормальное положение, обычной

формы, не растянуты, серозная оболочка влажная, блестящая, серо-белого цвета, гладкая, без наложений и спаек, кровоизлияния отсутствуют. Органы содержат умеренное количество химуса зеленоватого цвета и кашицеобразной консистенции с кислым запахом. Слизистая оболочка светло-розового цвета, не набухшая, без кровоизлияний, покрыта умеренным количеством сероватой слизи. При внешнем осмотре отличий между контрольной и опытными группами не обнаружено.

У исследуемых групп птицы внешних отличий в морфологическом строении стенки тонкой кишки не выявлено, микрокартина соответствует здоровым птицам без особенностей. Для более глубокого сопоставительного анализа проведены морфометрические исследования.

При проведении морфометрического анализа двенадцатиперстной кишки у экспериментальной птицы получены следующие результаты, представленные в таблице 1.

**Таблица 1. Морфометрические показатели стенки двенадцатиперстной кишки у цыплят-бройлеров ( $M \pm SD$ )**

**Table 1. Morphometric indicators of the duodenal wall in broiler chickens ( $M \pm SD$ )**

| Показатели                      | Контроль            | Опыт 1-й             | Опыт 2-й            |
|---------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Толщина слизистой оболочки, мкм | $1531,84 \pm 85,68$ | $2262,49 \pm 168,63$ | $2043,88 \pm 57,15$ |
| p1                              |                     | 0,0001               | 0,0001              |
| p2                              |                     | 0,0007               |                     |
| Толщина основной пластинки, мкм | $54,84 \pm 8,71$    | $35,49 \pm 6,87$     | $37,88 \pm 13,95$   |
| p1                              |                     | 0,0008               | 0,0029              |
| p2                              |                     | 0,8627               |                     |
| Высота ворсинок, мкм            | $330,70 \pm 55,66$  | $860,20 \pm 94,82$   | $774,80 \pm 111,33$ |
| p1                              |                     | 0,0001               | 0,0001              |
| p2                              |                     | 0,0813               |                     |
| Ширина ворсинок, мкм            | $59,48 \pm 23,91$   | $72,37 \pm 26,84$    | $92,58 \pm 21,57$   |
| p1                              |                     | 0,2717               | 0,004               |
| p2                              |                     | 0,0799               |                     |
| Диаметр крипты, мкм             | $62,67 \pm 8,70$    | $57,18 \pm 7,16$     | $58,08 \pm 8,61$    |
| p1                              |                     | 0,3074               | 0,4333              |
| p2                              |                     | 0,9673               |                     |
| Высота эпителия в криптах, мкм  | $24,36 \pm 2,28$    | $28,73 \pm 2,95$     | $22,40 \pm 3,64$    |
| p1                              |                     | 0,0086               | 0,3301              |
| p2                              |                     | 0,0003               |                     |
| Толщина мышечной оболочки, мкм  | $183,60 \pm 17,76$  | $222,90 \pm 24,34$   | $305,10 \pm 30,09$  |
| p1                              |                     | 0,0038               | 0,0001              |
| p2                              |                     | 0,0001               |                     |

Примечание: p1 — статистическая достоверность при сравнении обеих опытных групп с контрольной; p2 — статистическая достоверность при сравнении опытных групп между собой.

<sup>2</sup> Патент № 2701656 РФ, МПК A61D 99/00, A61P 25/18, A61P 39/06. Средство для повышения мясной продуктивности и качества мяса цыплят-бройлеров в условиях технологических стрессов.

<sup>3</sup> Директива от 22.09.2010 № 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

Толщина слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки значительно выше у цыплят опытной группы, максимальных значений достигает в 1-й опытной группе и составляет  $2262,49 \pm 168,63$  мкм<sup>2</sup>, что превышает показатель контрольной группы на 47,7%, во 2-й опытной группе этот показатель составляет  $2043,88 \pm 57,15$  мкм<sup>2</sup>, что выше контроля на 33,4%, в опытных группах разница статистически достоверна ( $p = 0,0007$ ). Структуры слизистой оболочки, такие как толщина основной пластиинки, диаметр крипта, в опытных группах имеют тенденцию к уменьшению относительно контрольной группы. Так, толщина основной пластиинки уменьшается на 35,3% и 31,0% соответственно, диаметр крипта — на 8,7% и 7,3%. Высота эпителия в криптах максимальных значений достигает в 1-й опытной группе ( $28,73 \pm 2,95$  мкм), во 2-й опытной группе —  $22,40 \pm 3,64$  мкм, в контрольной —  $24,36 \pm 2,28$  мкм. Ворсинки в двенадцатиперстной кишке экспериментальной птицы чаще встречаются листовидной и пальцевидной формы, а их величины (высота и длина) значительно изменяются. Так, в опытных группах по отношению к контролю высота увеличивается в 2,6 и 2,3 раза соответственно, а их ширина в 1,2 и 1,5 раза. Анализ толщины мышечной оболочки показал, что в опытных группах она превышает показатели контрольной на 21,4% и 66,2% соответственно, при этом наибольшей толщины мышечная оболочка достигала у цыплят 2-й опытной группы.

Можно отметить следующие закономерности: под действием антистрессовой терапии в предубийный период утолщение слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки, снижение толщины основной пластиинки, значительное повышение высоты ворсинок и толщины мышечной оболочки кишки, что указывает на то, что антистрессовая терапия в предубийный период приводит к комплексной морфофункциональной перестройке двенадцатиперстной кишки, что отражает снижение стресс-индужированного повреждения, восстановление трофики и пролиферации клеток, оптимизацию пищеварительно-всасывающей функции кишечника. Наиболее значимым признаком, характеризующим действие изучаемых фармакологических средств, является увеличение высоты ворсинок, так как ворсинки двенадцатиперстной кишки ответственны за всасывание питательных веществ. Опираясь на имеющиеся литературные данные в области механизмов развития стрессов у птиц, можно предположить, что антистрессовая терапия привела к улучшению трофики энтероцитов благодаря нормализации кровотока и снижению катаболического действия кортикостерона и кортизола, активации клеточного обновления в криптах, снижению апоптоза энтероцитов, который усиливается при стрессе из-за окислительного повреждения и гипоксии [23–25].

Отличия в опытных группах обусловлены включением L-карнитина в состав фармакологического

средства «Пик-антистресс», что привело к снижению на 9,7% толщины слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки, снижению высоты эпителия в криптах на 22,0% и повышению толщины мышечной оболочки кишки на 26,9%. Наблюдаемые морфологические закономерности предположительно связаны с тем, что L-карнитин играет ключевую роль в транспорте длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии для β-окисления, что влияет на энергетический обмен клеток и приводит к ускорению клеточного обновления за счет стимуляции удаления стареющих или поврежденных энтероцитов за счет гиперплазии, вызванной стрессом. Другим механизмом может быть уменьшение отека слизистой оболочки кишки за счет улучшения микроциркуляции и снижения воспалительной инфильтрации, за счет антиоксидантных свойств L-карнитина [26, 27], подавляющих активность провоспалительных цитокинов. В то же время уменьшение избыточной пролиферации может указывать на нормализацию эпителиального гомеостаза, что приводит к снижению стресс-индужированной гиперплазии и более физиологичному обновлению эпителия.

Повышение толщины мышечной оболочки видится за счет усиления сократительной способности гладкой мускулатуры за счет улучшения энергетического метаболизма, L-карнитин усиливает β-окисление жирных кислот, обеспечивая миоциты большим количеством АТФ, что способствует гипертрофии мышечных волокон [28–30].

Морфометрический анализ структур стенки тощей кишки показал следующие результаты (табл. 2).

Из таблицы 2 следует: общей тенденцией для обеих опытных групп является то, что толщина слизистой оболочки тощей кишки в опытных группах увеличивается в 1-й опытной на 113,8%, во 2-й — на 103,0%; высота ворсинок по отношению к контролю увеличивается в 1,7 и 2,03 раза соответственно, а их ширина — в 3,2 и 3,9 раза. Форма ворсинок в тощей кишке экспериментальной птицы чаще листовидной формы, а их высота и длина, как и в двенадцатиперстной кишке, значительно увеличиваются. Толщина основной пластиинки, диаметр крипта в опытных группах по отношению к контрольной снижается на 15,6% и 35,6%, 7,2% и 15,1% соответственно. Высота эпителия максимальных значений достигает во 2-й опытной группе —  $25,61 \pm 1,59$  мкм, в 1-й опытной группе —  $20,95 \pm 3,49$  мкм, в контрольной группе —  $22,59 \pm 4,36$  мкм.

Толщина мышечной оболочки в опытных группах имеет тенденцию к снижению относительно контрольной группы на 7,9% и 30,0%. Применение разработанного фармакологического средства «Пик-антистресс» приводит к значительному утолщению слизистой оболочки тощей кишки, что резко увеличивает ее всасывающую способность. Снижение толщины мышечной оболочки, возможно, связано с уменьшением стресс-индужированного

**Таблица 2. Морфометрические показатели стенки тощей кишки у цыплят-бройлеров ( $M \pm SD$ )**

**Table 2. Morphometric indicators of the jejunum wall in broiler chickens ( $M \pm SD$ )**

| Показатели                       | Контроль           | Опытная 1-я         | Опытная 2-я          |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Толщина слизистой оболочки, мкм  | $763,14 \pm 42,97$ | $1631,32 \pm 71,05$ | $1549,31 \pm 147,77$ |
| p1                               |                    | 0,0001              | 0,0001               |
| p2                               | $54,85 \pm 9,92$   | 0,1658              |                      |
| Толщина основной пластиинки, мкм |                    | $46,27 \pm 17,21$   | $35,31 \pm 7,75$     |
| p1                               | $376,30 \pm 42,27$ | 0,3099              | 0,0061               |
| p2                               |                    | 0,1561              |                      |
| Высота ворсинок, мкм             | $29,44 \pm 10,55$  | $627,60 \pm 59,19$  | $767,30 \pm 52,17$   |
| p1                               |                    | 0,0001              | 0,0001               |
| p2                               |                    | 0,0001              |                      |
| Ширина ворсинок, мкм             | $56,34 \pm 8,17$   | $95,36 \pm 30,29$   | $114,06 \pm 33,15$   |
| p1                               |                    | 0,0001              | 0,0001               |
| p2                               |                    | 0,2044              |                      |
| Диаметр крипт, мкм               | $391,10 \pm 23,91$ | $52,25 \pm 4,69$    | $47,84 \pm 3,71$     |
| p1                               |                    | 0,2781              | 0,0084               |
| p2                               |                    | 0,2286              |                      |
| Высота эпителия в криптах, мкм   | $22,59 \pm 4,36$   | $20,95 \pm 3,49$    | $25,61 \pm 1,59$     |
| p1                               |                    | 0,5271              | 0,1289               |
| p2                               |                    | 0,0120              |                      |
| Толщина мышечной оболочки, мкм   | $391,10 \pm 23,91$ | $360,00 \pm 24,24$  | $273,80 \pm 3,64$    |
| p1                               |                    | 0,0404              | 0,0001               |
| p2                               |                    | 0,0001              |                      |

Примечание: p1 — статистическая достоверность при сравнении обеих опытных групп с контрольной; p2 — статистическая достоверность при сравнении опытных групп между собой.

гипертонуса гладкой мускулатуры, вызванного симпатической активацией при развитии стресса.

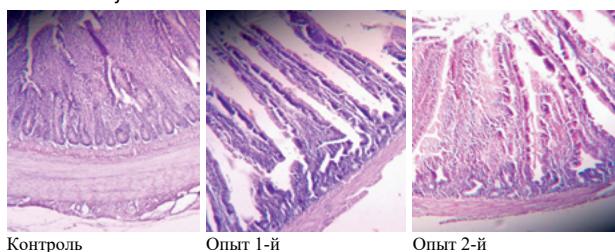
Использование группы L-карнитина перорально на фоне применения кормовой добавки «Пикантостресс» оказало выраженное воздействие на увеличение высоты ворсинок, по сравнению с цыплятами 1-й опытной группы произошло увеличение высоты ворсинок на 18,2%, повышение высоты эпителия в криптах на аналогичное значение, снижение толщины мышечной оболочки тощей кишки на 23,9%, что может быть связано с тем, что L-карнитин усиливает действие белка IGF-1 за счет усиления экспрессии мРНК в печени и эпидермального фактора роста, это приводит к стимуляции роста ворсинок и улучшает регенерацию слизистой оболочки. Также он снижает уровень реактивных форм кислорода, защищая эпителий от повреждения и поддерживая его структурную целостность [26, 27, 31].

Отмеченное снижение толщины мышечной оболочки не связано с процессами атрофии, это четко прослеживается при анализе мышечной оболочки цыплят 2-й опытной группы и представлено на рисунке 1.

Наблюдается адаптивная перестройка, связанная с увеличением функциональной активности

**Рис. 1. Стенка тощей кишки исследуемых цыплят-бройлеров. Гематоксилин-эозин х 50**

**Fig. 1. Jejunum wall in the studied broiler chickens. Hematoxylin-eosin x 50**



**Таблица 3. Морфометрические показатели стенки подвздошной кишки у цыплят-бройлеров ( $M \pm SD$ )**

**Table 3. Morphometric indicators of the ileum wall in broiler chickens ( $M \pm SD$ )**

| Показатели                       | Контроль           | Опыт 1-й           | Опыт 2-й            |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Толщина слизистой оболочки, мкм  | $614,26 \pm 19,89$ | $824,40 \pm 19,33$ | $1127,62 \pm 57,86$ |
| p1                               |                    | 0,001              | 0,001               |
| p2                               | $25,35 \pm 5,65$   | 0,001              |                     |
| Толщина основной пластиинки, мкм |                    | $25,80 \pm 5,24$   | $31,42 \pm 7,35$    |
| p1                               | $305,40 \pm 29,12$ | 0,9854             | 0,0612              |
| p2                               |                    | 0,0686             |                     |
| Высота ворсинок, мкм             | $18,74 \pm 6,40$   | $312,30 \pm 28,92$ | $373,00 \pm 20,99$  |
| p1                               |                    | 0,6015             | < 0,001             |
| p2                               |                    | 0,0001             |                     |
| Ширина ворсинок, мкм             | $55,31 \pm 10,71$  | $32,74 \pm 8,92$   | $46,83 \pm 11,86$   |
| p1                               |                    | 0,0008             | 0,0001              |
| p2                               |                    | 0,0001             |                     |
| Диаметр крипт, мкм               | $223,20 \pm 13,48$ | $59,62 \pm 8,09$   | $36,11 \pm 2,82$    |
| p1                               |                    | 0,4538             | 0,0001              |
| p2                               |                    | 0,0001             |                     |
| Высота эпителия в криптах, мкм   | $278,70 \pm 21,65$ | $25,2 \pm 3,83$    | $17,66 \pm 3,38$    |
| p1                               |                    | 0,0685             | 0,0001              |
| p2                               |                    | 0,0008             |                     |
| Толщина мышечной оболочки, мкм   | $223,20 \pm 13,48$ | $583,60 \pm 30,44$ |                     |
| p1                               |                    | 0,0001             |                     |
| p2                               |                    | 0,0001             |                     |

Примечание: p1 — статистическая достоверность при сравнении обеих опытных групп с контрольной; p2 — статистическая достоверность при сравнении опытных групп между собой.

тощего отдела кишечника, функционирующего при более оптимальном энергетическом снабжении за счет фармакологического действия L-карнитина. Различия между опытными группами указывают на дозозависимый или компонент-специфический эффект применяемых препаратов.

В таблице 3 представлены морфометрические показатели стенки подвздошной кишки у бройлеров.

Из таблицы 3 следует, что и в подвздошной кишке в 1-й и 2-й опытных группах по сравнению с контрольной отмечается более высокая

толщина слизистой оболочки на 29,1% и 58,9% соответственно, при этом толщина мышечной оболочки выше по сравнению с цыплятами контрольной группы — соответственно, на 22,1% и 89,3%. Толщина основной пластиинки подвздошной кишки соответствует значениям в опытных и контрольной группах. Высота ворсинок в 1-й опытной группе соответствует значениям из контроля, а во 2-й — выше на 18,1%, при этом ширина ворсинок в обеих опытных группах превышает контроль в 1-й опытной группе на 42,8% и в 2,5 раза — во 2-й.

Ворсинки в подвздошной кишке экспериментальной птицы чаще пальцевидной формы, а их высота и ширина изменяются незначительно по сравнению с контролем и двенадцатиперстной и тощей кишками. Диаметр крипт в 1-й опытной группе соответствует значениям из контрольной группы, а во 2-й — снижается на 34,7%. Высота эпителия в криптах в 1-й опытной группе имеет тенденцию к снижению, а во 2-й — существенно ниже значений контрольной группы на 49,4%.

Закономерности, обнаруженные при анализе таблицы 3, подтверждают вышеописанные морфологические особенности и дополнительно доказывают, что антистрессовая терапия не просто нивелирует негативные эффекты предубийного стресса, но активно улучшает морффункциональное состояние кишечника, что может иметь прямое влияние на продуктивность цыплят-бройлеров. В подвздошной кишке увеличение толщины слизистой оболочки идет более равномерно, диаметр крипт и высота эпителия превышают показатели контрольной группы, в отличие от морфометрических показателей двенадцатиперстной и тощей кишок, возможно, это связано с особенностями действия кормовой добавки, однако для полного понимания механизмов описанных процессов и их воспроизведимости требуется отдельное исследование.

Включение L-карнитина в состав антистрессовой терапии позволяет дополнительно усилить развитие слизистой оболочки тонкого кишечника, смещает процессы адаптации в сторону увеличения площади всасывания за счет увеличения ширины ворсинок, а не их высоты. Цинк, входящий в состав добавки, используется в рационах птицы из-за его антистрессового действия, так как его потребность возрастает, а содержание снижается во время стресса, он положительно влияет на усвоение корма, участвуя в метаболизме углеводов, липидов и белков, поддержании барьерной функции кишечника [32].

Дефицит L-карнитина может возникать у животных в состоянии стресса, его биологическая роль заключается в выполнении двух важных функций в метаболизме энергии: способствует выходу длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии при процессах генерирования энергии и удалению из митохондрий короткоцепочечных и среднепепочечных жирных кислот, которые накапливаются в

результате нормального и аномального метаболизма [33].

Бетаин способствует поддержанию осмотического баланса в кишечнике и клетках в условиях стресса, предупреждает нарушения, вызванные осмотическим шоком в условиях высоких температур, снижает отрицательное действие кормовых стрессоров и микотоксинов [33].

Карбонат лития, содержащийся в составе добавки, влияет на баланс процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе птиц, не затрагивая нейрорецепторный аппарат мозга, и включается в регуляцию нейросинаптической активности благодаря ингибированию ферментов, ответственных за главный метаболический путь деградации гамма-аминомасляной кислоты. Ионы лития, поступающие с кормом и водой, способствуют поддержанию нормальной возбудимости ЦНС и тонуса кровеносных сосудов за счет снижения избыточной концентрации норадреналина в ЦНС и нормализации уровня ионов натрия в нервных и мышечных клетках [34].

Все перечисленные компоненты, входящие в состав фармакологического средства «Пик-антистресс», не обладают общетоксическими свойствами и не оказывают избирательного токсического действия на органы пищеварительной иммунной системы птиц [19, 33, 34].

### Выводы/Conclusions

При непродолжительном действии технологических стрессов на организм экспериментальной птицы наблюдается изменение морфометрических показателей стенки тонкой кишки, сопровождающееся уменьшением толщины слизистой оболочки, величины (высоты и ширины) ворсинок. Под влиянием фармакологической профилактики (кормовой добавки «Пик-антистресс») и в сочетании с L-карнитином в опытных группах отмечается увеличение толщины оболочек стенки тонкой кишки, особенно слизистой и мышечной, что дает синергетический эффект, L-карнитин потенцирует действие фармацевтических субстанций, включенных в состав средства «Пик-антистресс».

Под действием антистрессовой терапии происходит значительное увеличение слизистой оболочки, особенно двенадцатиперстной и тощей кишок — на 33,4–47,7% и 103,0–113,8 % соответственно, за счет увеличения высоты ворсинок и уменьшения диаметра крипт и высоты эпителия. В связи с увеличением высоты ворсинок увеличивается и площадь всасывающей поверхности ворсинок, что может указывать на улучшение всасывания питательных веществ, функциональной активности тонкой кишки, что непосредственно связано с продуктивностью птицы и, согласно ранее проведенным исследованиям [14], подтверждается повышением европейского индекса продуктивности цыплят в среднем на 32–45 ед.

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

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-20039.  
<https://rscf.ru/project/24-26-20039>

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Глакович М.А. Стрессы в условиях интенсивного выращивания птицы. *Наше сельское хозяйство*. 2024; 2(322): 18–21. <https://elibrary.ru/ruywoo>
- Смирнова В.И. Рационализация системы содержания животных для снижения стрессовых факторов и повышения продуктивности. *Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: Сборник статей X Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2025; 236–239. <https://elibrary.ru/mnics>
- Пергамент А.Д., Фалынскова Н.П. Влияние стресса на биохимические показатели крови у животных. *Современные научные тенденции в ветеринарии: Сборник статей IV Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2025; 156–160. <https://elibrary.ru/rgcigc>
- Фисинин В.И., Кавтарашвили А.Ш. Термовой стресс у птицы. Сообщение I. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2015; 50(2): 162–171. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.2.162rus>
- Кавтарашвили А.Ш. Колокольникова Т.Н. Физиология и продуктивность птицы при стрессе (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2010; 45(4): 25–37. <https://elibrary.ru/mukcuf>
- Gorelik O.V. et al. Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 264–267. <https://elibrary.ru/xvhtey>
- Gorelik O.V. et al. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 260–263. <https://elibrary.ru/leezaj>
- Харлап С.Ю., Лоретц О.Г., Горелик О.В., Ребезов М.Б., Максимюк Н.Н. Изменение лейкоцитарных индексов при оценке воздействия стресс-фактора. Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины: Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2017; 419–429. <https://elibrary.ru/xzgikl>
- Дроздова Л.И., Кундрюкова У.И. Печень птицы — живая лаборатория оценки качества кормления и содержания. *Аграрный вестник Урала*. 2010; (5): 68–70. <https://elibrary.ru/msxwtz>
- Громов И.Н., Сафонов Д.Н., Левкина В.А., Сенченкова А.С. Роль гистологического исследования в диагностике вирусных респираторных и кишечных болезней птиц. *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы Международной научно-практической конференции*. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2024; 10–16. <https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0629-3-10-16>
- Громов И. Роль патоморфологического исследования в диагностике болезней органов пищеварения, обмена веществ и токсикозов птиц. *Ветеринарное дело (Минск)*. 2025; (2): 13–21. <https://elibrary.ru/wjbjqs>
- Фисинин В.И., Коноплева А.П. О физиологических и морфологических процессах в организме птицы при естественной и принудительной линьке. *Сельскохозяйственная биология*. 2015; 50(6): 719–728. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.719rus>
- He X. et al. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(12): 4471–4478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8971>
- Awad W., Ghareeb K., Böhm J. Intestinal Structure and Function of Broiler Chickens on Diets Supplemented with a Symbiotic Containing *Enterococcus faecium* and Oligosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*. 2008; 9(11): 2205–2216. <https://doi.org/10.3390/ijms9112205>

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

## FUNDING

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 24-26-20039. <https://rscf.ru/project/24-26-20039>

## REFERENCES

- Glaskovich M.A. Stress in conditions of intensive poultry farming. *Nashe sel'skoye khozyaystvo*. 2024; 2(322): 18–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/ruywoo>
- Smirnova V.I. Rationalization of the animal husbandry system to reduce stress factors and increase productivity. *Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: Collection of articles of the X International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2025; 236–239 (in Russian). <https://elibrary.ru/mnics>
- Pergament A.D., Falynskova N.P. Influence of stress on biochemical indicators in animals. *Modern scientific trends in veterinary medicine: Collection of articles of the IV International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2025; 156–160 (in Russian). <https://elibrary.ru/rgcigc>
- Fisinin V.I., Kavtarashvili A.Sh. Heat stress in poultry. I. Danger, related physiological changes and symptoms (review). *Agricultural Biology*. 2015; 50(2): 162–171 (in Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.2.162eng>
- Kavtarashvili A.Sh., Kolokolnikova T.N. Physiology and productivity of poultry under stress (review). *Agricultural Biology*. 2010; 45(4): 25–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/mukcuf>
- Gorelik O.V. et al. Dynamics of Hematological Indicators of Chickens under Stress-Inducing Influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 264–267. <https://elibrary.ru/xvhtey>
- Gorelik O.V. et al. Influence of Transport Stress on the Adaptation Potential of Chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 260–263. <https://elibrary.ru/leezaj>
- Kharlap S.Yu., Loretts O.G., Gorelik O.V., Rebezov M.B., Maksimiyuk N.N. Changes in leukocyte indices when assessing the impact of a stress factor. *Actual problems of biotechnology and veterinary medicine: Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists*. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. 2017; 419–429 (in Russian). <https://elibrary.ru/xzgikl>
- Drozdova L.I., Kundryukova U.I. Poultry liver — a living laboratory for assessing the quality of feeding and maintenance. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010; (5): 68–70 (in Russian). <https://elibrary.ru/msxwtz>
- Gromov I.N., Safonov D.N., Levkina V.A., Senchenkova A.S. The role of histological examination in the diagnosis of avian viral respiratory and intestinal diseases. *Agro-industrial complex: problems and development prospects: Proceedings of the International scientific and practical conference*. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University. 2024; 10–16 (in Russian). <https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0629-3-10-16>
- Gromov I. The role of pathomorphological research in the diagnosis of diseases of the digestive organs, metabolism and toxicosis of birds. *Veterinary business (Veterinarnoye delo (Minsk))*. 2025; (2): 13–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/wjbjqs>
- Fisinin V.I., Konopleva A.P. About physiological and morphological processes in poultry at natural and induced molting. *Agricultural Biology*. 2015; 50(6): 719–728 (in Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.719eng>
- He X. et al. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018; 98(12): 4471–4478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8971>
- Awad W., Ghareeb K., Böhm J. Intestinal Structure and Function of Broiler Chickens on Diets Supplemented with a Symbiotic Containing *Enterococcus faecium* and Oligosaccharides. *International Journal of Molecular Sciences*. 2008; 9(11): 2205–2216. <https://doi.org/10.3390/ijms9112205>

15. Yang P.-C., He S.-H., Zheng P.-Y. Investigation into the signal transduction pathway via which heat stress impairs intestinal epithelial barrier function. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2007; 22(11): 1823–1831.  
<https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2006.04710.x>
16. Abdelqader A., Al-Fataftah A.-R. Thermal acclimation of broiler birds by intermittent heat exposure. *Journal of Thermal Biology*. 2014; 39: 1–5.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2013.11.001>
17. Mazzoni M., Zampiga M., Clavenzani P., Lattanzio G., Tagliavia C., Sirri F. Effect of chronic heat stress on gastrointestinal histology and expression of feed intake-regulatory hormones in broiler chickens. *Animal*. 2022; 16(8): 100600.  
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100600>
18. He X. *et al.* Effects of dietary taurine supplementation on growth performance, jejunal morphology, appetite-related hormones, and genes expression in broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Science*. 2019; 98(7): 2719–2728.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pez054>
19. Фисинин В.И., Сайфулмулюков Э.Р., Мифтахутдинов А.В. Специализированные фармакологические препараты и кормовые добавки, применяемые в птицеводстве для профилактики технологических стрессов: стрессы различной этиологии. *Достижения науки и техники АПК*. 2023; 37(11): 75–90.  
<https://elibrary.ru/dwpmzv>
20. Фисинин В.И., Сайфульмулюков Э.Р., Мифтахутдинов А.В. Специализированные фармакологические препараты и кормовые добавки, применяемые в птицеводстве для профилактики технологических стрессов: тепловой стресс (обзор). *Достижения науки и техники АПК*. 2023; 37(4): 31–47.  
<https://elibrary.ru/ouyjlk>
21. Sahin K., Sahin N., Kucuk O., Hayirli A., Prasad A.S. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. *Poultry Science*. 2009; 88(10): 2176–2183.  
<https://doi.org/10.3382/ps.2008-00560>
22. Мифтахутдинов А.В., Ноговицина Е.А., Лазарева М.П., Акентьева Е.В. Изучение отдельных адаптационных механизмов и морфологических закономерностей у цыплят-бройлеров на фоне фармакологической профилактики сочетанного предубойного, теплового и транспортного стрессов в промышленном птицеводстве. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2024; (4): 53–60.  
<https://doi.org/10.31857/S2500262724040109>
23. Сурай П., Фисинин В.И. Современные методы борьбы со стрессами в птицеводстве: от антиоксидантов к витагенам. *Сельскохозяйственная биология*. 2012; 47(4): 3–13.  
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.4.3rus>
24. Gilani S., Chrystal P.V., Barekatain R. Current experimental models, assessment and dietary modulations of intestinal permeability in broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2021; 7(3): 801–811.  
<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.03.001>
25. Abdel Aziz A.A.M., Abdel Aziz E.-S.A., Khairy M.H., Fadel C., Giorgi M., Abdelaziz A.S. The effect of butyric acid and nucleotides supplementation on broiler (*Gallus gallus domesticus*) growth performance, immune status, intestinal histology, and serum parameters. *Open Veterinary Journal*. 2024; 14(1): 324–334.  
<https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i1.29>
26. Bahrampour H., Mohammadzadeh S., Amiri M. Impact of dietary L-carnitine supplementation on blood parameters and duodenal alterations in laying hens at the end of production. *Tissue and Cell*. 2024; 91: 102585.  
<https://doi.org/10.1016/j.tice.2024.102585>
27. Yousefi J., Taherpour K., Ghasemi H.A., Akbari Gharaei M., Mohammadi Y., Rostami F. Effects of emulsifier, betaine, and L-carnitine on growth performance, immune response, gut morphology, and nutrient digestibility in broiler chickens exposed to cyclic heat stress. *British Poultry Science*. 2023; 64(3): 384–397.  
<https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2160626>
28. Lien T.-F., Horng Y.-M. The effect of supplementary dietary L-carnitine on the growth performance, serum components, carcass traits and enzyme activities in relation to fatty acid beta-oxidation of broiler chickens. *British Poultry Science*. 2001; 42(1): 92–95.  
<https://doi.org/10.1080/713655014>
29. Longo N., Frigeni M., Pasquali M. Carnitine transport and fatty acid oxidation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Molecular Cell Research*. 2016; 1863(10): 2422–2435.  
<https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2016.01.023>
30. Choi J., Shakeri M., Bowker B., Zhuang H., Kong B. Differentially abundant proteins, metabolites, and lipid molecules in spaghetti meat compared to normal chicken breast meat: Multiomics analysis. *Poultry Science*. 2025; 104(7): 105165.  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105165>
31. Fujimoto H., Matsumoto K., Koseki M., Yamashiro H., Yamada T., Takada R. Effects of rice feeding and carnitine addition on growth performance and mRNA expression of protein metabolism-related genes in broiler grower chicks. *Animal Science Journal*. 2020; 91(1): e13390.  
<https://doi.org/10.1111/asj.13390>
15. Yang P.-C., He S.-H., Zheng P.-Y. Investigation into the signal transduction pathway via which heat stress impairs intestinal epithelial barrier function. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2007; 22(11): 1823–1831.  
<https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2006.04710.x>
16. Abdelqader A., Al-Fataftah A.-R. Thermal acclimation of broiler birds by intermittent heat exposure. *Journal of Thermal Biology*. 2014; 39: 1–5.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2013.11.001>
17. Mazzoni M., Zampiga M., Clavenzani P., Lattanzio G., Tagliavia C., Sirri F. Effect of chronic heat stress on gastrointestinal histology and expression of feed intake-regulatory hormones in broiler chickens. *Animal*. 2022; 16(8): 100600.  
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100600>
18. He X. *et al.* Effects of dietary taurine supplementation on growth performance, jejunal morphology, appetite-related hormones, and genes expression in broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Science*. 2019; 98(7): 2719–2728.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pez054>
19. Fisinin V.I., Saifulmulyukov E.R., Miftakhutdinov A.V. Specialised pharmacological preparations and feed additives used in poultry farming to prevent technology stress: stress of various aetiologies (review). *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2023; 37(11): 75–90 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/dwpmzv>
20. Fisinin V.I., Saifulmulyukov E.R., Miftakhutdinov A.V. Specialized pharmacological preparations and feed additives used in poultry farming for the prevention of technological stress: heat stress (review). *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2023; 37(4): 31–47 (in Russian).  
<https://elibrary.ru/ouyjlk>
21. Sahin K., Sahin N., Kucuk O., Hayirli A., Prasad A.S. Role of dietary zinc in heat-stressed poultry: A review. *Poultry Science*. 2009; 88(10): 2176–2183.  
<https://doi.org/10.3382/ps.2008-00560>
22. Miftakhutdinov A.V., Nogovitsina E.A., Lazareva M.P., Akentyeva E.V. Study of special adaptation mechanisms and morphological regularities of broiler chickens against the background of pharmacological prevention combined pre-slaughter, heat and transport stress in industrial poultry farming. *Russian Agricultural Sciences*. 2024; (4): 53–60 (in Russian).  
<https://doi.org/10.31857/S2500262724040109>
23. Surai P., Fisinin V.I. The modern anti-stress technologies in poultry: from antioxidants to vitagenes. *Agricultural Biology*. 2012; 47(4): 3–13 (in Russian).  
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.4.3eng>
24. Gilani S., Chrystal P.V., Barekatain R. Current experimental models, assessment and dietary modulations of intestinal permeability in broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2021; 7(3): 801–811.  
<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.03.001>
25. Abdel Aziz A.A.M., Abdel Aziz E.-S.A., Khairy M.H., Fadel C., Giorgi M., Abdelaziz A.S. The effect of butyric acid and nucleotides supplementation on broiler (*Gallus gallus domesticus*) growth performance, immune status, intestinal histology, and serum parameters. *Open Veterinary Journal*. 2024; 14(1): 324–334.  
<https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i1.29>
26. Bahrampour H., Mohammadzadeh S., Amiri M. Impact of dietary L-carnitine supplementation on blood parameters and duodenal alterations in laying hens at the end of production. *Tissue and Cell*. 2024; 91: 102585.  
<https://doi.org/10.1016/j.tice.2024.102585>
27. Yousefi J., Taherpour K., Ghasemi H.A., Akbari Gharaei M., Mohammadi Y., Rostami F. Effects of emulsifier, betaine, and L-carnitine on growth performance, immune response, gut morphology, and nutrient digestibility in broiler chickens exposed to cyclic heat stress. *British Poultry Science*. 2023; 64(3): 384–397.  
<https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2160626>
28. Lien T.-F., Horng Y.-M. The effect of supplementary dietary L-carnitine on the growth performance, serum components, carcass traits and enzyme activities in relation to fatty acid beta-oxidation of broiler chickens. *British Poultry Science*. 2001; 42(1): 92–95.  
<https://doi.org/10.1080/713655014>
29. Longo N., Frigeni M., Pasquali M. Carnitine transport and fatty acid oxidation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Molecular Cell Research*. 2016; 1863(10): 2422–2435.  
<https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2016.01.023>
30. Choi J., Shakeri M., Bowker B., Zhuang H., Kong B. Differentially abundant proteins, metabolites, and lipid molecules in spaghetti meat compared to normal chicken breast meat: Multiomics analysis. *Poultry Science*. 2025; 104(7): 105165.  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105165>
31. Fujimoto H., Matsumoto K., Koseki M., Yamashiro H., Yamada T., Takada R. Effects of rice feeding and carnitine addition on growth performance and mRNA expression of protein metabolism-related genes in broiler grower chicks. *Animal Science Journal*. 2020; 91(1): e13390.  
<https://doi.org/10.1111/asj.13390>

32. Pardo Z., Seiquer I. Supplemental Zinc exerts a positive effect against the heat stress damage in intestinal epithelial cells: Assays in a Caco-2 model. *Journal of Functional Foods.* 2021; 83: 104569. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104569>
33. Сабирзянова Л.И., Лунегов А.М., Коновалова Г.В., Токарь В.В. L-карнитин: применение в животноводстве (обзор литературы). *Актуальные вопросы ветеринарной биологии.* 2023; (1): 25–31. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-1-25-31>
34. Остренко К.С., Галочкина В.П., Колоскова Е.М., Галочкин В.А. Органические соли лития — эффективные антистрессовые препараты нового поколения. *Проблемы биологии продуктивных животных.* 2017; (2): 5–28. <https://elibrary.ru/yrtrwz>

### ОБ АВТОРАХ

#### **Алевтин Викторович Мифтахутдинов**

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, физиологии и фармакологии  
nirugavm@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8496-2810>

#### **Елена Александровна Ноговицина**

кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии, физиологии и фармакологии  
madzuga74@mail.ru

#### **Елизавета Викторовна Акентьева**

студент  
akenteva02@mail.ru

#### **Юлия Сабирьяновна Шакирова**

студент  
t.kmpt@sursau.ru

Южно-Уральский государственный аграрный университет,  
ул. им. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

32. Pardo Z., Seiquer I. Supplemental Zinc exerts a positive effect against the heat stress damage in intestinal epithelial cells: Assays in a Caco-2 model. *Journal of Functional Foods.* 2021; 83: 104569. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104569>

33. Sabiryanova L.I., Lunegov A.M., Konovalova G.V., Tokar V.V. L-carnitine: application in animal husbandry (literature review). *Actual questions of veterinary biology.* 2023; (1): 25–31 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-1-25-31>

34. Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Koloskova E.M., Galochkin V.A. Organic lithium salt are effective anti-stress preparations of a new generation. *Problems of Productive Animal Biology.* 2017; (2): 5–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/yrtrwz>

### ABOUT THE AUTHORS

#### **Alevtin Viktorovich Miftakhutdinov**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology  
nirugavm@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8496-2810>

#### **Elena Aleksandrovna Nogovitsina**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Morphology, Physiology and Pharmacology  
madzuga74@mail.ru

#### **Elizaveta Viktorovna Akentieva**

Student  
akenteva02@mail.ru

#### **Yulia Sabiryanovna Shakirova**

Student  
t.kmpt@sursau.ru

South Ural State Agrarian University,  
13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia



**AGROCON**  
Найди себя в АГРО  
Крупнейшая межуниверситетская  
выставка-форум АПК для  
молодёжи



**agrocon.pro**

**17 ОКТЯБРЯ | РУДН**

Реклама