

Научная статья

УДК 591.1:636.5

EDN НТОХСП

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-66-75>**Влияние стресса на ферментную активность гидролаз в крови и на уровне энтеральной среды тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9****Екатерина Андреевна Мурадян¹, Артем Олегович Ревякин²,
Ирина Николаевна Сычёва³**^{1, 2, 3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия, muradyan@rgau-msha.ru

Аннотация. В условиях интенсивного птицеводства стресс-факторы, в частности повышенная плотность посадки, оказывают негативное влияние на физиологическое состояние и продуктивность цыплят-бройлеров. В работе изучено влияние технологического стресса на активность ключевых пищеварительных гидролаз – панкреатической амилазы и липазы в химусе тонкого кишечника и сыворотке крови у цыплят-бройлеров кросса Смена-9. Эксперимент проведен на двух группах птицы (15 голов в каждой): контрольная и опытная с плотностью посадки 20 и 30 кг/м² соответственно. Экспериментальные работы выполнялись в учебно-производственном птичнике Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева в 2023 г. На 42-й день выращивания был проведен отбор образцов крови и химуса из различных отделов желудочно-кишечного тракта. Установлено, что в условиях стресса наблюдается снижение активности обеих гидролаз. Наиболее выраженные и стабильные изменения зафиксированы для липазы: ее активность в химусе двенадцатиперстной и тощей кишок, а также в сыворотке крови достоверно снижалась ($p < 0,05$) в опытной группе по сравнению с контрольной группой. Для панкреатической амилазы выявлена тенденция к снижению, однако статистически значимых различий по большинству изученных локаций не обнаружено. На основе полученных данных рассчитан индекс гидролаз, позволяющий комплексно оценить изменения ферментативной активности на разных участках кишечника. Результаты свидетельствуют о негативном влиянии стресса высокой плотности посадки на секреторную функцию поджелудочной железы и процессы пристеночного пищеварения у бройлеров, что отрицательно сказывается на конверсии корма, среднесуточных привесах и снижает экономическую эффективность.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, стресс, плотность посадки, пищеварительные ферменты, амилаза, липаза, химус, сыворотка крови, ферментная активность

Для цитирования: Мурадян Е. А., Ревякин А. О., Сычёва И. Н. Влияние стресса на ферментную активность гидролаз в крови и на уровне энтеральной среды тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9 // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 3. С. 66–75. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-66-75>.

Original article

The effect of stress on the enzymatic activity of hydrolases in the blood and at the level of the enteral environment of the small intestine in broiler chickens of the Smena-9 cross**Ekaterina A. Muradyan¹, Artem O. Revyakin², Irina N. Sycheva³**^{1, 2, 3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russian Federation, muradyan@rgau-msha.ru

Abstract. Increased planting density refers to stress factors and has a negative impact on the physiological state and productivity of broiler chickens. The aim of the work was to study the effect of technological stress on the activity of key digestive hydrolases – pancreatic amy-

lase and lipase in the chyme of the small intestine and blood serum in broiler chickens of the Smena-9 cross. For the experiment, control and experimental groups with planting densities of 20 and 30 kg/m², respectively, were formed. On the 42nd day of cultivation, blood and chyme samples were taken from various parts of the gastrointestinal tract. It is proved that under stress conditions there is a decrease in the activity of both hydrolases. The most pronounced and stable changes were recorded for lipase. Lipase activity in duodenal and jejunal chyme, as well as in blood serum, significantly decreased ($p < 0.05$) in the experimental group compared with the control group. A downward trend was found for pancreatic amylase, but no statistically significant differences were found in most of the studied locations. Based on the data obtained on the dynamics of hydrolases, as well as the calculation of the hydrolase index, it can be concluded that high-density stress negatively affects the secretory function of the pancreas and the processes of parietal digestion in broilers. This has a negative effect on feed conversion and average daily weight gain, which leads to a decrease in poultry farming efficiency.

Keywords: broiler chickens, stress, stocking density, digestive enzymes, amylase, lipase, chyme, blood serum, enzyme activity

For citation: Muradyan E. A., Revyakin A. O., Sycheva I. N. The effect of stress on the enzymatic activity of hydrolases in the blood and at the level of the enteral environment of the small intestine in broiler chickens of the Smena-9 cross. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;3:66–75. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-3-66-75>.

Введение. Интенсивное животноводство подразумевает получение максимального количества продукции от животных при минимальных затратах. Однако реализация генетического потенциала возможна лишь при условии соответствия внешних факторов – кормление, технология выращивания и содержания, соблюдение зоогигиенических параметров и прочих потребностей животного.

В птицеводстве интенсификация часто приводит к повышенной плотности посадки птицы для максимально эффективного использования площадей и оборудования [1]. Однако обратной стороной интенсификации часто бывают различные стрессы – технологические, температурные и другие. Стресс представляет компенсаторную реакцию организма на неблагоприятные внешние факторы. Под влиянием стресса у животных снижается продуктивность, резистентность организма к инфекционным агентам, происходят метаболические нарушения [2].

Одним из частых проявлений стресса у птицы является снижение потребления корма, продуктивности и увеличение затрат кормов на единицу продукции [3]. Наряду со снижением продуктивности, в условиях технологического стресса ухудшается иммунный статус птицы и отмечается снижение веса иммунных органов (тимус, сумка Фабрициуса и селезенка) [4]. Для поддержания гомеостаза организму необходимо достаточное количество питательных ве-

ществ, таких как глюкоза, жирные кислоты, аминокислоты и витамины для удовлетворения специфических потребностей тканей. Однако в условиях стресса данных питательных веществ может быть недостаточно из-за снижения потребления корма, нарушения их усвоения и метаболизма. Кроме того, для предотвращения перегрева в условиях теплового стресса цыплята активно рассеивают тепло из своего тела, усиливая охлаждение путем испарения жидкости – учащенное дыхание, что является энергоемким процессом. В таких условиях наблюдается снижение поступления энергетических субстратов в ключевые метаболические ткани: мышцы и печень, что ведет к нарушению энергообеспечения организма [5].

Являющийся биологически активной молекулой инсулиноподобный фактор роста 1 (ИФР-1), оказывающий влияние на рост, метаболизм и синтез белка, очень чувствителен к тепловому стрессу, и снижение его активности тесно связано с уменьшением прироста массы тела, снижением мышечной массы и ухудшением эффективности использования корма у бройлеров, подверженных тепловому стрессу [6].

Физиологическое влияние стресса на организм достаточно хорошо изучено [7, 8], но взаимовлияния ферментов различных систем организма при этом исследованы недостаточно. Однако именно пищеварительная система и гепатопанкреатическая зона являются основными органами, регу-

лирующими многие процессы (пищеварительные, секреторные и др.), от которых также зависит выведение метаболитов, образующихся в результате стресс-факторов.

Поэтому изучение активности ферментных систем на уровне энтеральной среды, факторов влияющих на их активность имеет определяющее значение в понимании влияния стресса на пищеварение, усвоение питательных веществ и общий метаболизм животных [9].

В экспериментах на крысах были получены данные о снижении активности некоторых ферментов в химусе при стрессовых состояниях [10], которые коррелировали со снижением роста вследствие меньшего потребления корма и уменьшения его переваримости. Похожие результаты были получены и на других видах животных [11, 12].

Основным местом синтеза пищеварительных ферментов является поджелудочная железа, а синтезируемые ею липаза и панкреатическая амилаза обнаруживаются как в химусе, так и в крови животных [13].

Активность этих ферментов зависит от многих факторов – генетических особенностей, состава рациона, условий внешней среды, физиологического состояния. Достаточно часто данные показатели используются в клинике как маркеры патологических состояний. Но биохимический анализ венозной крови не раскрывает взаимосвязи гидролаз (амилазы и липазы) с энтеральной средой, что затрудняет комплексное изучение влияния различных факторов, в том числе стресса, который достаточно часто проявляется в условиях интенсивного птицеводства на ферментные системы организма.

Сельскохозяйственная птица, особенно высокопродуктивные кроссы бройлеров, отличается повышенным обменом веществ [14, 15]. Поэтому даже незначительные изменения в ферментных системах будут влиять на продуктивность и конверсию корма.

Таким образом, изучение влияния стрессовых состояний у высокопродуктивных цыплят-бройлеров на активность и взаимосвязь ферментов в крови и на уровне энтеральной среды относится к актуальной задаче сельскохозяйственной биологии.

Целью работы явилось изучение изменения активности пищеварительных гидролаз (панкреатической амилазы и липазы) в химусе тонкого кишечника и сыворотке крови у цыплят-бройлеров высокопродуктивного кросса Смена-9 при технологическом стрессе, вызванном повышенной плотностью посадки.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Оценить влияние повышенной плотности посадки (30 кг/м²) на активность панкреатической амилазы и липазы в химусе различных отделов тонкого кишечника у цыплят-бройлеров кросса Смена-9 в 42-дневном возрасте.

2. Определить активность панкреатической амилазы и липазы в сыворотке крови, притекающей и оттекающей от разных отделов желудочно-кишечного тракта, а также в воротной вене.

3. Рассчитать и проанализировать индекс гидролаз (соотношение активности фермента в крови и химусе) для комплексной оценки изменений ферментативной активности на разных участках кишечника при стрессе.

4. Сопоставить изменения активности гидролаз в энтеральной среде и крови для выявления взаимосвязи между секреторной функцией поджелудочной железы и системными метаболическими изменениями в условиях стресса.

Материалы и методы исследования. Эксперимент проводился на базе учебно-производственного птичника Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева в июле – августе 2023 г.

Для проведения эксперимента были сформированы две группы (по 15 голов): контрольная группа и группа, подвергнутая стрессу.

В опытной группе действующим стресс-фактором являлась увеличенная плотность посадки птицы. Для контрольной группы плотность посадки составляла 20, тогда как для опытной 30 килограмм живой массы на один квадратный метр.

Объекты исследований – бройлеры кросса «Смена-9».

В качестве маркерных ферментов были определены липаза и панкреатиче-

ская амилаза, являющиеся ключевыми пищеварительными ферментами, вырабатываемыми преимущественно поджелудочной железой для гидролиза углеводов и жиров соответственно.

Кровь отбирали из аорты, воротной и подкрыльцовой вены, а также оттекающую от двенадцатиперстной, тощей и подвздошной кишок. Во время убоя производили вскрытие цыплят и отбор образцов химуса из пяти отделов желудочно-кишечного тракта: двенадцатиперстной, тощей, подвздошной, ободочной и слепой кишок. Для определения ферментов в сыворотке использовали полуавтоматический анализатор BioChem SA, реагенты «Витал».

Альфа-амилазу в химусе определяли ферментативным фотометрическим тестом фирмы «Диавет» на приборе ФЭК-3 при длине волны 405 нм. Липазу устанавливали ферментативным колориметрическим тестом той же фирмы при длине волны 580 нм. При этом использованы методики F. Akinyemi, D. Adewole (2022).

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что секреторная активность поджелудочной железы регулируется в том числе нервной системой. Хронический стресс приводит к торможению парасимпатической нервной системы, которая посредством блуждающего нерва отвечает за стимуляцию поджелудочной железы, и, как следствие, наблюдается снижение секреции исследуемых гидролаз. Кроме этого, стрессовые состояния повышают уровень кортизола в крови, который оказывает угнетающее действие

на экзокринную функцию поджелудочной железы. Данные некоторых исследований свидетельствуют, что тепловой стресс значительно снижает экспрессию и активность ключевых пищеварительных ферментов, включая амилазу, химотрипсин, липазу и мальтазу [16].

В таблице 1 нами показано снижение активности амилазы и липазы в химусе разных отделов тонкого кишечника желудочно-кишечного тракта бройлеров при стрессе. В таблице 2 отмечено снижение активности этих ферментов в сыворотке крови. Снижение активности исследуемых гидролаз как в химусе, так и в крови цыплят опытной группы (при сопоставимых рационах) может свидетельствовать о влиянии стресса на данные показатели.

На основании полученных данных был определен индекс гидролаз как соотношение активности разницы между оттекающей и притекающей кровью к активности ферментов в химусе. Коэффициент позволяет оценить комплексные изменения в активности ферментов на каждом участке желудочно-кишечного тракта и получить совокупные данные об изменении ферментных систем при различных воздействиях, в том числе стрессорных. Индекс, имеющий значение более единицы, указывает на большую активность фермента в крови, менее единицы – в химусе. Изменение индекса гидролаз в разных отделах тонкого кишечника представлено в таблице 3.

Анализ полученных данных свидетельствует, что наиболее значительные

Таблица 1 – Содержание амилазы и липазы в химусе (n=15)

Table 1 – Amylase and lipase content in chyme (n=15)

В единицах на литр (in units per liter)

Отделы желудочно-кишечного тракта	Контрольная группа	Опытная группа
<i>Панкреатическая амилаза</i>		
Двенадцатиперстная кишка	548,5±74,62	512,45±71,15
Тощая кишка	625,5±93,41	536,5±66,43
Подвздошная кишка	538±82,1	502,5±45,69
<i>Липаза</i>		
Двенадцатиперстная кишка	10 321±850,25	8 096±735,34*
Тощая кишка	9 993±801,70	8 254±622,54*
Подвздошная кишка	6 595±790,83	6 071±541,22
* различия между группами статистически значимы при $p < 0,05$.		

Таблица 2 – Содержание амилазы и липазы в сыворотке крови (n=15)

Table 2 – Amylase and lipase content in blood serum (n=15)

В единицах на литр (in units per liter)

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
<i>Панкреатическая амилаза</i>		
Притекающая кровь	363±76,51	322±32,03
Кровь, оттекающая от кишок:		
– двенадцатиперстной	3 453±273,29	1 826±352,38*
– тощей	393±60,27	347±45,15
– подвздошной	428±54,66	335±35,18*
Воротная вена	473±79,23	384±55,86
<i>Липаза</i>		
Притекающая кровь	52±4,57	39±3,52*
Кровь, оттекающая от кишок:		
– двенадцатиперстной	86±2,48	63±1,30*
– тощей	115±2,32	78±3,53*
– подвздошной	59±3,81	44±2,55*
Воротная вена	88±2,84	68±1,49*
* различия между группами статистически значимы при $p < 0,05$.		

Таблица 3 – Изменение индексов амилазы и липазы по отделам тонкого кишечника

Table 3 – Changes in amylase and lipase indices in the small intestine

Группы	Двенадцатиперстная кишка	Тошая кишка	Подвздошная кишка
<i>Индекс амилазы</i>			
Контрольная	5,630	0,047	0,120
Опытная	2,930	0,047	0,030
<i>Индекс липазы</i>			
Контрольная	0,0329	0,0631	0,0106
Опытная	0,0297	0,0473	0,0082

комплексные показатели активности амилазы наблюдаются в двенадцатиперстной кишке. При воздействии стресса показатель снижается на 52 %, что свидетельствует о негативном влиянии на секреторную активность поджелудочной железы в отношении панкреатической амилазы.

Полученные в работе данные свидетельствуют о негативном влиянии технологического стресса на ферментативную активность пищеварительных гидролаз у цыплят-бройлеров кросса Смена-9. Снижение активности как панкреатической амилазы, так и липазы в химусе и сыворотке крови в опытной группе согласуется с известными представлениями о влиянии стресса на экзокринную функцию поджелудочной железы и процессы пищеварения в целом.

Хронический стресс, вызванный повышенной плотностью посадки, приводит к торможению парасимпатической нервной системы, которая через блуждающий нерв обеспечивает стимуляцию панкреатической секреции. Одновременно с этим активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси сопровождается повышением уровня кортизола в крови, который оказывает угнетающее действие на экзокринную функцию поджелудочной железы [16]. Снижение активности ферментов в химусе может быть также связано с нарушением процессов эмульгирования жиров и изменением кислотности кишечного содержимого, что косвенно влияет на эффективность работы гидролаз.

Стресс-фактор оказывает более выраженное влияние на активность липазы,

чем на активность амилазы. Так, в химусе двенадцатиперстной кишки активность липазы снижалась на 21,6 %, в тощей кишке – на 17,4 %, тогда как для амилазы эти изменения составили лишь 6,6 и 14,2 % соответственно и были статистически недостоверны.

Такая дифференциальная чувствительность может быть объяснена тем, что синтез и секреция липазы более энергозатратны для ацинарных клеток поджелудочной железы [13], а стресс, в первую очередь, нарушает энергетический гомеостаз организма.

Кроме того, снижение потребления корма в условиях стресса [3] приводит к уменьшению поступления липидов в кишечник, что снижает стимуляцию выработки липазы по механизму субстратной индукции. Другие исследования свидетельствуют о снижении экспрессии и активности амилазы, химотрипсина, липазы и мальтазы в условиях теплового стресса [16].

В эксперименте мы обнаружили, что активность липазы в сыворотке крови изменяется синхронно с ее активностью в химусе, что согласуется с исследованиями В. Г. Вертипрахова с соавторами, которые показали, что активность липазы в плазме крови следует за динамикой фермента в панкреатическом соке при смене липидного компонента рациона [13].

Наиболее выраженное снижение амилазы в крови наблюдалось в образцах, оттекающих от двенадцатиперстной кишки: в опытной группе активность снизилась почти вдвое. Расчет предложенного индекса гидролаз (отношение разницы активности фермента в оттекающей и притекающей крови к его активности в химусе) позволил получить обобщенную характеристику изменений ферментных систем на разных участках тонкого кишечника. Наиболее значительные изменения индекса амилазы (снижение на 52 % в двенадцатиперстной кишке) свидетельствуют о том, что данный отдел наиболее чувствителен к стрессорному воздействию, поскольку именно сюда поступает панкреатический сок и любые нарушения экзокринной функции поджелудочной железы, в первую очередь, отражаются на этом участке кишечника.

Индекс гидролаз может служить дополнительным диагностическим критери-

ем для оценки функционального состояния системы пищеварения при различных стресс-факторах. В отличие от прямых измерений активности ферментов, он нивелирует индивидуальные колебания и позволяет сравнивать данные между разными группами и экспериментами.

Снижение активности пищеварительных гидролаз в условиях стресса имеет прямые отрицательные последствия для продуктивности бройлеров. Уменьшение липолитической активности ведет к ухудшению переваривания и усвоения жиров, которые являются основным источником энергии в высокоэнергетических рационах современных кроссов [14, 15]. Амилазная недостаточность, в свою очередь, может снижать эффективность использования углеводов корма. В совокупности это приводит к увеличению затрат корма на единицу прироста живой массы, что подтверждается литературными данными о снижении эффективности использования корма при стрессе [3, 6, 17].

Особого внимания заслуживает тот факт, что наиболее чувствительным ферментом к стрессу оказалась липаза. Это согласуется с данными о том, что у бройлеров, особенно высокопродуктивных кроссов, липидный обмен крайне напряжен и любые нарушения в его регуляции быстро сказываются на продуктивных показателях [14].

Заключение. На основе результатов проведенных исследований нами установлено, что технологический стресс, вызванный повышенной плотностью посадки, оказывает негативное влияние на активность пищеварительных гидролаз у цыплят-бройлеров кросса Смена-9:

1. Повышенная плотность посадки (30 кг/м²) приводит к снижению активности липазы в химусе двенадцатиперстной и тощей кишок. В двенадцатиперстной кишке активность липазы снижалась на 21,6 % ($p < 0,05$), в тощей – на 17,4 % ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой с плотностью посадки 20 кг/м². Активность панкреатической амилазы в химусе проявляла тенденцию к снижению при стрессе, однако статистически значимых различий не обнаружено.

2. В сыворотке крови цыплят опытной группы зафиксировано также достоверное снижение активности липазы во

всех изученных отделах относительно контрольной группы. Активность панкреатической амилазы достоверно снижалась в сыворотке крови, оттекающей от двенадцатиперстной и подвздошной кишки.

3. Рассчитанный индекс гидролаз показал, что наиболее значительные изменения ферментативной активности под влиянием стресса происходят в двенадцатиперстной кишке. Индекс амилазы в этом отделе снизился на 52,0 % (с 5,63 до 2,93),

что свидетельствует о высокой чувствительности дуоденальной зоны к стрессорному воздействию.

4. Установлена синхронность изменений активности липазы в химусе и сыворотке крови, что позволяет использовать данный фермент и индекс липазы в качестве интегральных маркеров стресс-индуцированных нарушений экзокринной функции поджелудочной железы у бройлеров.

Список источников

1. Ablayeva E. A., Kavtarashvili A. Sh., Makhatov B. M., Bupabayeva L. K. Study of the effectiveness of the anti-stress preparation "hydro Rex vital" in broiler chicken production during the winter period // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университетінің. 2025. Vol. 75. No. 4. P. 109–118. doi: 10.52081/bkaku.2025.v75.i4.289. EDN KGPDPY.

2. Мурадян Е. А., Ревякин А. О. Влияние добавки аскорбиновой кислоты на статус антиоксидантной системы и продуктивные показатели цыплят-бройлеров кросса «Смена-9» в условиях стресса // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 1 (82). С. 147–153. doi: 10.34655/bgsha.2026.82.1.017. EDN JSPHJN.

3. Мурадян Е. А., Макаева В. И. Показатели стресс-устойчивости у цыплят-бройлеров при использовании стресс-протекторных препаратов // Тимирязевский биологический журнал. 2024. № 2. С. 86–90. doi: 10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90. EDN AEUYZT.

4. Кавтарашвили А. Ш., Колокольникова Т. Н. Физиология и продуктивность птицы при стрессе (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2010. Т. 45. № 4. С. 25–37. EDN MUKCUF.

5. Hirakawa R., Nurjanah S., Furukawa K., Murai A., Kikusato M., Nochi T. [et al.]. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens // Frontiers in Veterinary Science. 2020. Vol. 7. P. 46. doi: 10.3389/fvets.2020.00046.

6. Musa A. A., Mamat-Hamidi K., Idrus Z., Chung E. L. T., Samat N., Kassim N. A. Effects of heat stress on growth metrics, carcass characteristics, telomere length, and gene expression in chickens // Poultry Science. 2025. Vol. 104. No. 11. P. 105698. doi: 10.1016/j.psj.2025.105698.

7. Букаева Ю. Г., Мишурова М. Н. Механизм влияния стресса на продуктивность птицы // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука – производству : материалы нац. науч.-практ. конф. Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. С. 423–427. EDN OOIOMM.

8. Ghaleghafi A., Khorshidi K. J., Jafari M. A. Nutritional and managerial interventions on growth performance, nutrient transport-related genes and behavioral responses in heat stressed broiler chickens // Veterinary and Animal Science. 2025. Vol. 31. P. 100561. doi: 10.1016/j.vas.2025.100561.

9. Sugiharto S. Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens – a comprehensive review // Archives Animal Breeding. 2022. Vol. 65. No. 1. P. 21–36. doi: 10.5194/aab-65-21-2022.

10. Мирзарахимова М. А., Кадилов Ш. К. Ферментный гомеостаз и секреция ферментов поджелудочной железы у крыс при сочетанном влиянии гипокинезии, высокой температуры и инсоляции // Молодой ученый. 2018. № 5 (191). С. 52–55. EDN YNTGPU.

11. Полякова Е. П., Макашова Т. А., Метревели Т. В., Ревякин А. О. Активность щелочной фосфатазы в пристеночной и полостной слизи разных отделов кишечника у мини свиней светлогорской породы // Биомедицина. 2014. № 4. С. 80–84. EDN TVVMQF.

12. Horiguchi M., Sunaga K. Effects of glucocorticoids, cold exposure and irregular feeding on hepatic and pancreatic enzyme activities in mice // *Journal of Japan Society of Nursing Research*. 1993. Vol. 16. No. 3. P. 3_11–3_21. doi: 10.15065/jjsnr.19930701001.
13. Вертипрахов В. Г., Фисинин В. И., Егоров И. А., Грозина А. А., Ленкова Т. Н., Манукян В. А. [и др.]. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе и плазме крови у исходных линий и гибридов мясных кур при использовании биологически активных добавок в рационе // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 6. С. 1226–1233. doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226rus. EDN YLSVFO.
14. Han M., Chen B., Dong Y., Miao Z., Su Y., Liu C. [et al.]. Evaluation of liquid organic acids on the performance, chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density // *Animals*. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 257. doi: 10.3390/ani13020257.
15. Akinyemi F., Adewole D. Effects of brown seaweed products on growth performance, plasma biochemistry, immune response, and antioxidant capacity of broiler chickens challenged with heat stress // *Poultry Science*. 2022. Vol. 101. No. 12. P. 102215. doi: 10.1016/j.psj.2022.102215.
16. Olayiwola S. F., Adedokun S. A. Heat stress in poultry: the role of nutritional supplements in alleviating heat stress and enhancing gut health in poultry // *Frontiers in Veterinary Science*. 2025. No. 12. P. 1691532. doi: 10.3389/fvets.2025.1691532.
17. Федорова А. О., Кухаренко Н. С., Труш Н. В., Гаврилов Ю. А., Гаврилова Г. А. Влияние транспортной болезни на клинический статус и некоторые продуктивные качества сельскохозяйственных животных // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2023. Т. 17. № 4. С. 111–121. doi: 10.22450/1999-6837-2023-17-4-111-121. EDN KDAYGR.

References

1. Ablayeva E. A., Kavtarashvili A. Sh., Makhatov B. M., Bupebayeva L. K. Study of the effectiveness of the anti-stress preparation "hydro Rex vital" in broiler chicken production during the winter period. *Korkyt Ata Kyzylorda State University*, 2025;75;4:109–118. doi: 10.52081/bkaku.2025.v75.i4.289. EDN KGPDYZ.
2. Muradyan E. A., Revyakin A. O. The effect of ascorbic acid supplementation on the antioxidant system status and productive performance of Smena 9 broiler chickens under stress conditions. *Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2026;1(82): 147–153. doi: 10.34655/bgsha.2026.82.1.017. EDN JSPHJN (in Russ.).
3. Muradyan E. A., Makaeva V. I. Indicators of stress resistance in broiler chickens using stress-protective drugs. *Timiryazevskii biologicheskii zhurnal*, 2024;2:86–90. doi: 10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90. EDN AEUYZT (in Russ.).
4. Kavtarashvili A. Sh., Kolokolnikova T. N. Physiology and productivity of poultry under stress (review). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2010;45;4:25–37. EDN MUKCUF (in Russ.).
5. Hirakawa R., Nurjanah S., Furukawa K., Murai A., Kikusato M., Nochi T. [et al.]. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 2020;7:46. doi: 10.3389/fvets.2020.00046.
6. Musa A. A., Mamat-Hamidi K., Idrus Z., Chung E. L. T., Samat N., Kassim N. A. Effects of heat stress on growth metrics, carcass characteristics, telomere length, and gene expression in chickens. *Poultry Science*, 2025;104;11:105698. doi: 10.1016/j.psj.2025.105698.
7. Bukaeva Yu. G., Mishurova M. N. The mechanism of the influence of stress on poultry productivity. *Proceedings from Priority scientific research and innovative technologies in the agro-industrial complex: science to production: Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 423–427), Volgograd, Volgogradskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2019 EDN OOIOMM (in Russ.).
8. Ghaleghafi A., Khorshidi K. J., Jafari M. A. Nutritional and managerial interventions on growth performance, nutrient transport-related genes and behavioral responses in heat

stressed broiler chickens. *Veterinary and Animal Science*, 2025;31:100561. doi: 10.1016/j.vas.2025.100561.

9. Sugiharto S. Dietary strategies to alleviate high-stocking-density-induced stress in broiler chickens – a comprehensive review. *Archives Animal Breeding*, 2022;65;1:21–36. doi: 10.5194/aab-65-21-2022.

10. Mirzarakhimova M. A., Kadyrov Sh. K. Enzyme homeostasis and secretion of pancreatic enzymes in rats under the combined influence of hypokinesia, high temperature and insolation. *Molodoi uchenyi*, 2018,5(191):52–55. EDN YNTGPU (in Russ.).

11. Polyakova E. P., Makashova T. A., Metreveli T. V., Revyakin A. O. Alkaline phosphatase activity in the parietal and luminal mucus of different parts of the intestine in mini-pigs of the Svetlogorsk breed. *Biomeditsina*, 2014;4:80–84. EDN TVVMQF (in Russ.).

12. Horiguchi M., Sunaga K. Effects of glucocorticoids, cold exposure and irregular feeding on hepatic and pancreatic enzyme activities in mice. *Journal of Japan Society of Nursing Research*, 1993;16;3:3_11–3_21. doi: 10.15065/jjsnr.19930701001.

13. Vertiprakhov V. G., Fisinin V. I., Egorov I. A., Grozina A. A., Lenkova T. N., Manukyan V. A. [et al.]. Activity of digestive enzymes in duodenal chyme and blood plasma in original lines and hybrids of meat chickens when using biologically active additives in the diet. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2017;52;6:1226–1233. doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1226rus. EDN YLSVFO (in Russ.).

14. Han M., Chen B., Dong Y., Miao Z., Su Y., Liu C. [et al.]. Evaluation of liquid organic acids on the performance, chyme pH, nutrient utilization, and gut microbiota in broilers under high stocking density. *Animals*, 2023;13;2:257. doi: 10.3390/ani13020257.

15. Akinyemi F., Adewole D. Effects of brown seaweed products on growth performance, plasma biochemistry, immune response, and antioxidant capacity of broiler chickens challenged with heat stress. *Poultry Science*, 2022;101;12:102215. doi: 10.1016/j.psj.2022.102215.

16. Olayiwola S. F., Adedokun S. A. Heat stress in poultry: the role of nutritional supplements in alleviating heat stress and enhancing gut health in poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 2025;12:1691532. doi: 10.3389/fvets.2025.1691532.

17. Fedorova A. O., Kukharensko N. S., Trush N. V., Gavrilov Yu. A., Gavrilova G. A. The influence of transport disease on the clinical status and some productive qualities of farm animals. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2023;17;4:111–121. doi: 10.22450/1999-6837-2023-17-4-111-121. EDN KDAYGR (in Russ.).

© Мурадян Е. А., Ревякин А. О., Сычёва И. Н., 2026

Статья поступила в редакцию 20.07.2026; одобрена после рецензирования 08.09.2026; принята к публикации 09.09.2026.

The article was submitted 20.07.2026; approved after reviewing 08.09.2026; accepted for publication 09.09.2026.

Информация об авторах

Мурадян Екатерина Андреевна, аспирант, ассистент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID: 0009-0007-9287-9153, Author ID: 1173315, muradyan@rgau-msha.ru;

Ревякин Артем Олегович, кандидат биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID: 0000-0001-5042-6147, Author ID: 419908, ar.revyakin@rgau-msha.ru;

Сычёва Ирина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID: 0000-0003-3784-0508, Author ID: 766664, sycheva@rgau-msha.ru

Information about the authors

Ekaterina A. Muradyan, Postgraduate Student, Assistant, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ORCID: 0009-0007-9287-9153, Author ID: 1173315, muradyan@rgau-msha.ru;

Artem O. Revyakin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ORCID: 0000-0001-5042-6147, Author ID: 419908, ar.revyakin@rgau-msha.ru;

Irina N. Sycheva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ORCID: 0000-0003-3784-0508, Author ID: 766664, sycheva@rgau-msha.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.