

ИЗУЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ АДАПТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ НА ФОНЕ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОФИЛАКТИКИ СОЧЕТАННОГО ПРЕДУБОЙНОГО, ТЕПЛОВОГО И ТРАНСПОРТНОГО СТРЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПТИЦЕВОДСТВЕ

© 2024 г. **А. В. Мифтахутдинов**, доктор биологических наук, **Е. А. Ноговицина**, кандидат биологических наук, **М. П. Лазарева**, **Е. В. Акентьева**

Южно-Уральский государственный аграрный университет,
457100, Челябинская обл., Троицк, ул. Гагарина, 13
E-mail: nirugavm@mail.ru

Исследования проводили с целью изучения адаптационных механизмов у цыплят-бройлеров на фоне фармакологической профилактики сочетанного предубойного, теплового и транспортного стрессов в промышленном птицеводстве. Из клинически здоровых цыплят кросса Ross 308 по принципу аналогов в летний период было сформировано 3 группы по 95648 ± 931 голов в каждой. Птицы первой группы (контрольной) получали полнорационный комбикорм, второй (I опытная) – полнорационный комбикорм, включающий антистрессовую кормовую добавку Пик-антистресс в дозе 1270 г/т корма за 5 суток до убоя, третьей (II опытная) – комбикорм с Пик-антистресс с включением L-карнитина в дозе 1700 г/т корма за 5 суток до убоя. Убой цыплят-бройлеров проводили на 38 сутки. Исследования проводили в 3 основных периода – после голодной выдержки, после транспортировки к месту убоя и непосредственно перед убоем. Адаптационные процессы, развивающиеся в период убоя цыплят-бройлеров в летний период, характеризуются повышением уровня соотношения гетерофилов к лимфоцитам в крови в среднем в 2,8 раза. Применение фармакологических средств Пик-антистресс отдельно и в сочетании с L-карнитином позволяет снизить активность стресс-реализующих механизмов и повысить сохранность цыплят на 3,20 и 4,58 % соответственно, а Европейский индекс продуктивности – на 32 и 45 единиц. На фоне антистрессовой профилактики указанными средствами отмечено увеличение площади ядра надпочечников соответственно на 43,0 % и 36,0 % на фоне уменьшения площади цитоплазмы клеток кортикальных тяжей на 11,2 % и 22,8 %. Это указывает на стабилизацию метаболических процессов в клетке.

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

A. V. Miftakhutdinov, E. A. Nogovitsina, M. P. Lazareva, E. V. Akentyeva

South Ural State Agrarian University,
457100, Chelyabinskaya obl., Troitsk, ul. Gagarina, 13
E-mail: nirugavm@mail.ru

The study was conducted to investigate the adaptation mechanisms of broiler chickens against the background of pharmacological prevention which includes combined pre-slaughter, heat and transport stress in industrial poultry farming. In summer, from clinically healthy Ross 308 chickens three groups of 95648 ± 931 chickens were formed on the principle of analogy. The first group was a control group and it was fed with complete feed. The second group was the first experimental group and it was fed with complete feed which included the anti-stress supplementary feed PIK-antistress at a dose of 1270 g per 1 ton of feed 5 days before slaughter. The third group was the second experimental group and it was fed with the anti-stress supplementary feed PIK-antistress which included L-carnitine at a dose of 1700 g per 1 ton of feed 5 days before slaughter. 38 days later broiler chickens were slaughtered. 3 main periods were commonly studied: the period after fasting, the period after transporting the chickens to the slaughter site and the period just before slaughter. Adaptation processes were developing during the slaughter of broiler chickens in summer. The processes are characterized by increasing the level of the ratio of heterophils to blood lymphocytes on average 2.8 times. The use of the complex food additive PIK-antistress and PIK-antistress in combination with L-carnitine can reduce the activity of stress-implementing mechanisms and increase the survivability of chickens by 3.20 and 4.58 %, respectively and the European productivity index by 32 and 45 units. All the data obtained are consistent with the morphometric studies of the adrenal glands while against the background of the use of anti-stress prophylaxis an increase of core area was noted by 43.0 % and 36.0 % and respectively against the background of a decrease of the area of the cytoplasm of the cortical cords by 11.2 % and 22.8 %, respectively, which indicates stabilization of metabolic processes in the cell.

Ключевые слова: стресс, цыплята-бройлеры, надпочечники, лейкограммы, гетерофилы/лимфоциты, Пик-антистресс.

Keywords: stress, broiler chickens, adrenal glands, leukograms, heterophils/lymphocytes, PIK-antistress.

В условиях промышленного выращивания стресс оказывает достаточно разноплановое влияние на организм птицы: от изменения морфо-биохимического статуса крови, гормонального фона организма, гистоморфологических нарушений, снижения иммунной функции органов и антиоксидантного статуса организма до экспрессии генов, отвечающих за антиоксидантную защиту и воспалительные процессы [1].

Изучение механизмов развития стрессов и факторов, оказывающих влияние на их течение, остается актуальным вопросом сельскохозяйственной биологии и ветеринарии, решение которого дает возможность совершенствовать технологии содержания и кормления птиц, а также разрабатывать эффективные схемы лекарственной терапии в случае отклонения адаптационных процессов от физиологической нормы. Известно мно-

жество физиологических реакций на стрессы. В клиническом отношении их диагностику главным образом осуществляют путем изучения лейкограмм, ключевым показателем которых выступает отношение гетерофилов к лимфоцитам (Г/Л) [2, 3].

Отдельного внимания при диагностике стрессов заслуживают морфологические исследования органов и тканей птиц. Морфометрия и гистология могут отобразить патоморфологические процессы, на основании которых в дальнейшем можно своевременно планировать профилактические и лечебные мероприятия. При длительном воздействии стрессоров морфологические изменения происходят в органах аппарата пищеварения, иммунной защиты, желез внутренней секреции [4, 5].

Убой цыплят-бройлеров – один из недостаточно изученных процессов в промышленном птицеводстве с позиции развития неспецифических адаптационных реакций у птиц. Он представляет собой ряд технологических операций, включающих период голодной выдержки, транспортировку к месту убоя, оглушение и период непосредственно перед убоем. На всех этих этапах происходит воздействие на птицу, которое с позиции современных представлений в биологии сопровождается развитием неспецифических адаптационных реакций организма, связанных с физическим влиянием и возникновением страха, обусловленным неопределенностью среды [6, 7]. Наиболее сложным с точки зрения адаптации считают период транспортировки цыплят к месту убоя и, возможно, голодная выдержка.

Важнейшее влияние на развитие стрессов при убое и качество продукции оказывают период голодной выдержки и оглушение, включающее навешивание птицы на конвейер. Стрессорное воздействие процесса навешивания зависит от его продолжительности. Период от навешивания до оглушения продолжительностью более 60 с вызывает у цыплят серьезную стрессовую реакцию, которая существенно ухудшает качество мяса [8].

С точки зрения экономической эффективности, обеспечения здоровья и благополучия цыплят важное значение имеет фармакологическая профилактика стрессов. Общие принципы фармакологической коррекции стресса предполагают предупреждение или устранение патологических проявлений при чрезмерных нагрузках на организм и последующую мобилизацию защитно-приспособительных механизмов восстановления гомеостаза [9].

В условиях технологических стрессов применяют различные препараты. Среди применяемых сегодня средств 24,6 % имеют выраженные антиоксидантные свойства, 23 % широкого спектра действия, 14,8 % проявляя адаптогенные свойства, 4,9 % нормотимические, 4,9 % противомикробные, по 3,3 % обладают свойствами регуляции фосфорно-кальциевого обмена, стимуляции общего метаболизма, пробиотическими и противовоспалительными свойствами. Еще по 1,6 % добавок оказывают выраженное влияние на аппетит и процессы пищеварения, применяются как источники биологически активных веществ, пищевых волокон и метаболической энергии, предназначены для профилактики респираторных патологий, стимуляции обмена энергии, регуляции азотистого баланса, выступают в качестве гепатопротекторов и средств с сорбирующими свойствами [1, 6, 10].

Для повышения стрессоустойчивости, продуктивности и неспецифической резистентности птиц необходим целенаправленный контроль интенсивности и направленности метаболизма посредством поддержания сбалансированности функций нервной, иммунной, антиоксидантной и монооксигеназной систем организма [7].

Цель исследований – изучение адаптационных механизмов организма птиц на фоне фармакологической профилактики сочетанного предубойного, теплового и транспортного стрессов для поиска закономерностей, позволяющих повысить сохранность и продуктивность цыплят-бройлеров при промышленном выращивании.

Методика. Из клинически здоровых цыплят кросса Ross 308, по принципу аналогов в летний период было сформировано 3 группы по 95648 ± 931 голов в каждой. Птица первой группы (контрольная) получала полнорационный комбикорм, второй (I опытная) – полнорационный комбикорм, включающий антистрессовую кормовую добавку Пик-антистресс в дозе 1270 г/т корма за 5 суток до убоя, третьей (II опытная) – комбикорм с добавкой Пик-антистресс, в состав которой входит L-карнитин, в дозе 1700 г/т корма за 5 суток до убоя. Добавка Пик-антистресс разработана в Южно-Уральском государственном аграрном университете, в ее состав входят янтарная кислота, карбонат лития, аскорбиновая кислота и глюкоза [9, 10]. Она проходит широкую производственную апробацию с целью государственной регистрации.

На 38 сутки в летний период был проведен убой бройлеров на фоне температур в производственных помещениях на уровне 28...32 °С. В течение периода наблюдений учитывали продуктивность и сохранность цыплят. Европейский индекс продуктивности (ЕИП) рассчитывали по следующей формуле:

$$\text{ЕИП} = \frac{(\text{средняя масса тела цыплят, г} \times \text{сохранность поголовья, \%})}{(\text{конверсия корма, кг} \times \text{возраст, дн}) \times 100 \%}$$

Период непосредственно перед убоем включает время, прошедшее с разгрузки птицы до перерезки кровеносных сосудов в области головы и шеи. Продолжительность этого этапа может варьировать, в нашем исследовании она составила 28...41 мин. Для определения развития адаптационных реакций от 10 голов из каждой группы собирали кровь для приготовления мазков и подсчета лейкограмм. Мазки окрашивали по Романовскому–Гимзе, клетки крови подсчитывали с использованием иммерсионной микроскопии (микроскоп Микмед 6, «ЛМО», Россия), применяя трехпольный метод Филипченко,

Табл. 1. Лейкограммы цыплят в процессе убоя ($M \pm S_p$, $n=10$)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
После голодной выдержки			
Базофилы	1,60±0,54	1,60±0,55	1,60±0,89
Эозинофилы	5,60±2,70	3,60±1,82	6,60±0,89
Гетерофилы	27,80±2,77	28,80±6,61	29,60±4,04
Лимфоциты	57,40±4,56	59,80±5,89	55,00±2,74
Моноциты	7,60±1,51	6,20±1,92	7,20±2,68
Г/Л	0,49±0,07	0,49±0,16	0,54±0,09
После транспортировки			
Базофилы	1,60±0,89	2,00±1,00	1,80±0,84
Эозинофилы	7,80±1,48	6,60±0,89	6,20±1,58
Гетерофилы	32,80±3,42	26,00±5,10**	21,80±5,02***
Лимфоциты	49,40±1,81	57,20±6,69*	62,80±5,93***
Моноциты	8,40±1,14	8,20±1,30	7,80±1,48
Г/Л	0,67±0,09	0,47±0,15**	0,35±0,11***
Непосредственно перед убоем			
Базофилы	2,40±0,89	1,60±0,89	1,80±0,84
Эозинофилы	6,20±1,30	6,20±1,92	6,00±2,12
Гетерофилы	35,20±4,87	27,00±2,23***	25,20±1,92***
Лимфоциты	50,80±4,09	59,80±4,87***	61,20±4,55***
Моноциты	5,40±1,14	5,40±1,34	6,00±1,58
Г/Л	0,70±0,13	0,46±0,08***	0,41±0,06***

*различия с контрольной группой достоверны при $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

в каждом мазке идентифицировали 200 лейкоцитов. Подсчет количества эритроцитов и лейкоцитов проводили унифицированными методами в камере Горяева, концентрацию гемоглобина определяли колориметрическим методом по Сали. Исследования осуществляли в 3 основных периода – после голодной выдержки, после транспортировки цыплят к месту убоя и непосредственно перед убоем.

Материалом для морфометрических и гистологических исследований служили гистологические препараты надпочечников, для изготовления которых после убоя, в течение двух часов, у исследуемых групп цыплят-бройлеров препарировали надпочечники, фиксировали в 10 %-ном растворе формалина, уплотняли заливкой в парафин, на санном микротоме готовили гистологические срезы, окраску проводили основными и специальными красителями – гематоксилином и эозином. Анализ гистоструктур выполняли под микроскопом LEICA DMRXA, с цифровой видеокамерой LEICA DFC 290, связанной с персональным компьютером. Изображения с гистологических препаратов получали в формате графических файлов TIFF в цветовом пространстве RGB, как объект для морфометрических исследований. Морфометрические измерения осуществляли в программе изображений ImageScope M.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы Statistica 12. Данные представлены в виде средних (M) и стандартного отклонения (SD). Сравнительный межгрупповой анализ выполняли методом непараметрического анализа с использованием критерия Краскела–Уоллиса (KW-H Test) и теста Манна–Уитни (M-W U Test), расчет корреляций осуществляли с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Уровень значимости был принят равным $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Общая смертность цыплят за период выращивания в контрольной группе составила 10,85 %, в I опытной – 7,65 %, во II группе – 6,27 %, Европейский индекс продуктивности – соответственно 285, 317 и 330 единиц. Это указывает на высокую эффективность применяемых фармакологических средств.

С экономической и биологической точки зрения наиболее затратен убой, проводимый в летний период, так как помимо неопределённости 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 периоды голодной выдержки и транспортировки цыплят [11]. Птица очень плохо приспособлена к высоким температурам.

В норме в крови цыплят контрольной группы до введения препаратов и до начала процедуры убоя соотношение Г/Л находилось на уровне $0,31 \pm 0,04$ единиц. Это соответствует нормальному течению адаптационных процессов и указывает на отсутствие выраженной стрессовой реакции (табл. 1).

Период предубойной голодной выдержки составлял 6...8 ч, на предприятии используют схему с полным ограничением кормов, но обязательным поением водой. После его завершения количество всех клеток крови лейкоцитарного звена во всех группах находилось на одном уровне. Среднее соотношение Г/Л находилось на уровне $0,49...0,54$ единиц, что согласно классификации Gross and Siegel (1983) указывает на средний уровень развития стрессовой реакции. Ограниченное кормление цыплят-бройлеров, которые в течение всей жизни получали корм вволю и были целенаправленно

выведены с целью потребления и переваривания больших количеств концентрированных кормов, приводит к существенному росту соотношения Г/Л, а также уровня кортикостерона в крови, грелина, серотонина, дофамина и сывороточных белков острой фазы вместе с белком теплового шока головного мозга. При этом ограниченное кормление не оказало влияния на уровни кислого гликопротеина альфа-1 (орозомукоида), ово-трансферина и церулоплазмينا в сыворотке крови [11].

Отсутствие влияния фармакологических средств на соотношение Г/Л в период предубойной голодной выдержки на фоне высоких температур окружающей среды может быть обусловлено повышенным уровнем кортикостерона, связанным не только с развитием стрессовой реакции, но и непосредственно с включением катаболических механизмов, направленных на получение организмом энергетических субстратов без притока энергетических и пластических веществ из кормов. При этом фармакологические средства, включенные в состав кормовой добавки Пик-антистресс, обладают накопительным действием и для реализации их эффектов необходимо несколько дней [10, 11, 12].

По нашим наблюдениям, на предприятии, где проводили исследования, средняя смертность в процессе транспортировки цыплят к месту убоя в летний период составляет $0,540 \pm 0,319$ %, в зимний – $0,118 \pm 0,094$ %. В нашем исследовании транспортировка к месту убоя с учетом погрузки и разгрузки транспорта занимала от 40 до 95 мин., что соответствует минимальному периоду времени, необходимому для реализации этих технологических операций. При этом в отдельных предприятиях она может составлять более 3...4 ч.

После транспортировки в контрольной группе содержание базофилов, по сравнению с предыдущим периодом, не изменилось, эозинофилов – увеличилось на 28,2 % ($p = 0,0278$), гетерофилов – на 15,2 % ($p = 0,0013$), число лимфоцитов снизилось на 13,9 % ($p < 0,0001$), моноцитов – статистически не изменилось ($p = 0,1744$). Соотношение Г/Л достоверно увеличилось на 26,9 % ($p < 0,0001$). В I опытной группе количество базофилов не изменилось ($p = 0,2546$), эозинофилов – увеличилось на 45,5 % ($p < 0,0001$), гетерофилов и лимфоцитов – статистически не изменилось ($p = 0,2754$ и $p = 0,3407$ соответственно), моноцитов – увеличилось на 24,4 % ($p = 0,0098$). Соотношение Г/Л не изменилось ($p = 0,6987$). Во II опытной группе количество базофилов и эозинофилов статистически не изменилось ($p = 0,5906$), число гетерофилов уменьшилось на 26,3 % ($p = 0,0007$), а лимфоцитов – увеличилось на 12,4 % ($p = 0,0008$), моноцитов – статистически достоверно не изменилось ($p = 0,5198$). Соотношение Г/Л статистически достоверно уменьшилось на 34,6 % ($p = 0,0004$).

Сравнение показателей крови цыплят опытных групп с контрольной группой указывает на статистически выраженные различия между содержанием гетерофилов и лимфоцитов, а также их соотношениями. Под действием изучаемых фармакологических средств отмечается снижение величины последнего из упомянутых показателей в I опытной группе до 0,47, во II опытной группе – до 0,35, что в первой опытной группе соответствует среднему уровню развития стрессовой реакции, во второй – уровню, свойственному нормальному течению адаптационных процессов без развития стрессовых реакций.

Гибель цыплят в процессе транспортировки зависит от многих факторов, наиболее важные из них – микроклимат в грузовом автомобиле, продолжительность перевозки более 2 ч, а также многочисленные факторы,

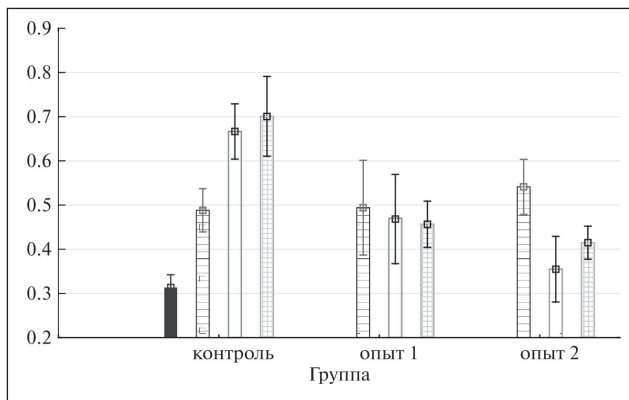


Рис. 1. Соотношение гетерофилов к лимфоцитам (Г/Л) в крови цыплят, ($M \pm 0,95CI$): ■ – Г/Л до убоя; ▨ – Г/Л после голодной выдержки; □ – Г/Л после транспортировки; ▩ – Г/Л перед убоем.

связанные с действиями персонала и технологическим оснащением оборудования для убоя [13, 14, 15]. Количество погибших в процессе убоя цыплят в странах Европейского Союза варьирует от 0,15 % до 0,67 %, в странах с более теплым или, наоборот, более суровым климатом в зимний период потери выше – от 0,7 до 1,4 % [16].

Распределение причин смертности выглядит следующим образом: 25 % – состояние здоровья цыплят перед убоем (в основном слабые или, наоборот, особи с самой большой массой тела); 35 % – от травм при ловле, погрузке и транспортировке; 40 % – от теплового или холодового стрессов [17]. Необходимо отметить, что хуже всего переносят тепловые и транспортировочные стрессы цыплята с самой большой массой тела, чаще всего они погибают первыми [18].

Воду и корм птице обычно не дают до и во время транспортировки, чтобы снизить риск загрязнения тушек пометом [19]. В период транспортировки происходит естественная потеря массы тела, которую называют «усадкой». Она обусловлена испарительным охлаждением птиц вследствие включения механизмов выделения тепла. Высокие температуры и стрессы способствуют увеличению потерь тепла, энергетических соединений, аминокислот, витаминов и других веществ, которые активно расходуются вследствие активации симпатoadrenalовой системы и процессов испарительного охлаждения. Все это способствует не только потерям

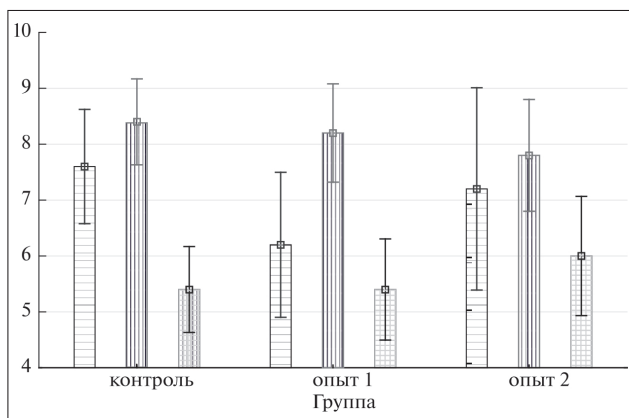


Рис. 2. Относительное содержание моноцитов в крови цыплят, % ($M \pm 0,95CI$): ▨ – моноциты после голодной выдержки; □ – моноциты после транспортировки; ▩ – моноциты перед убоем.

мясной продукции, но и ухудшению качества мяса [20]. В исследованиях L. Pan et al., описаны потери массы тела на 1,8 % у цыплят-бройлеров Arbor Acres в результате 3-х часовой транспортировки на фоне 8-часового периода голодания [21]. Другие авторы отмечают потерю массы тела на уровне 3,16 % на фоне 9-часовой голодной выдержки и 3-х часовой транспортировки, при этом только в результате голодной выдержки потери составили 1,79 % [22].

В нашем исследовании непосредственно перед убоем в контрольной группе произошло увеличение количества базофилов ($p = 0,048$), снижение эозинофилов ($p = 0,0141$) и моноцитов ($p < 0,001$), по сравнению с предыдущим этапом. Соотношение Г/Л находилось на высоком уровне 0,7 и статистически значимо не изменилось.

У цыплят I опытной группы в лейкограмме не произошло статистически значимых изменений, все показатели, включая соотношение Г/Л соответствовали предыдущему этапу, за исключением числа моноцитов, количество которых существенно снизилось на 34,1 % ($p = 0,0001$). У цыплят II опытной группы число гетерофилов возросло на 13,5 % ($p = 0,0480$), а моноцитов снизилось на 23,1 % ($p = 0,0122$). Соотношение Г/Л было стабильным и находилось на уровне 0,41 ($p = 0,1210$).

Табл. 2. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров ($M \pm S_p$, $n = 10$)

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Лейкоциты , тыс. $\times 10^9/\text{л}$	31,25 $\pm$ 1,81	35,33 $\pm$ 5,07	35,68 $\pm$ 2,19
KW-H Test		$p = 0,1728$	
(контроль – опыт 1 – опыт 2)			
M-W U Test		$p = 0,3913$	$p = 0,0304$
(контроль – опыт)			
M-W U Test		$p = 0,9025$	
(опыт 1 – опыт 2)			
Эритроциты , млн. $\times 10^{12}/\text{л}$	2,94 $\pm$ 0,26	3,03 $\pm$ 0,20	3,04 $\pm$ 0,18
KW-H Test		$p = 0,7341$	
(контроль – опыт 1 – опыт 2)			
M-W U Test		$p = 0,7133$	$p = 0,4705$
(контроль – опыт)			
M-W U Test		$p = 0,9025$	
(опыт 1 – опыт 2)			
Гемоглобин , г/л	109,7 $\pm$ 3,7	118,5 $\pm$ 4,8	125,3 $\pm$ 1,7
KW-H Test		$p = 0,0111$	
(контроль – опыт 1 – опыт 2)			
M-W U Test		$p = 0,0373$	$p = 0,0304$
(контроль – опыт)			
M-W U Test		$p = 0,0662$	
(опыт 1 – опыт 2)			

В сравнительном межгрупповом аспекте, характеризующем действие применяемых фармакологических средств, статистически выраженные различия с контрольной группой отмечены только для числа гетерофилов и лимфоцитов, а также их соотношения. В I опытной группе отношение Г/Л было ниже контроля на 34,3 % ($p < 0,0001$), во II опытной группе – на 41,4 % ($p < 0,0001$). Между первой и второй группами различия оказались статистически не значимыми ($p = 0,1041$).

После голодной выдержки произошло повышение уровня Г/Л во всех группах, однако, степень этих изменений в группах существенно отличается (рис. 1). При сравнении отношения Г/Л в период после голодной выдержки со значением до убоя: в контрольной группе величина этого показателя возросла в 2,3 раза ($p < 0,0001$); в I опытной – на 31,1 % ($p < 0,0001$); во II опытной – на 24,4 % ($p = 0,0001$). Несмотря на то, что во всех опытных группах происходит повышение соотношения Г/Л перед убоем, можно констатировать, что при использовании изучаемых фармакологических средств процессы адаптации прохо-

дят на менее высоком уровне активации, что указывает на эффективность их скормливания цыплятам-бройлерам в предубойный период.

Другим показателем, отражающим четкую динамику изменений, считают содержание моноцитов (рис. 2) и здесь обращает на себя внимание факт статистически достоверного снижения их числа во всех группах к заключительному этапу предубойного периода вне зависимости от применения фармакологических средств. На сегодняшний день функции моноцитов у птиц не до конца изучены, имеются отдельные сведения об их взаимосвязи с уровнем гетерофилов и лимфоцитов, однако убедительных данных в этом отношении в доступной литературе не найдено [23]. Количество моноцитов у цыплят в контрольной группе непосредственно перед убоем, после транспортировки и после голодной выдержки имеет тесную корреляционную связь только с уровнем эозинофилов ($r = 0,92$; $r = 0,80$; $r = 0,67$). Altan Ö. указывает на то, что тепловой стресс оказывает угнетающее влияние на уровень моноцитов в крови цыплят, при этом уровень эозинофилов остается неизменным, тогда как в период голодной выдержки отмечали только незначительное снижение уровня моноцитов и эозинофилов [24]. Эти данные частично согласуются с нашими результатами, однако не позволяют сделать какое-либо достоверное заключение, оставляя вопрос открытым и требующим дальнейших целенаправленных исследований.

Общее количество лейкоцитов и эритроцитов в крови цыплят опытных групп непосредственно перед убоем не отличается от значений величин этих показателей у птиц контрольной группы, в отличие от содержания гемоглобина, концентрация которого в I опытной группе была выше на 7,6 %, во II опытной группе – на 12,5 % (табл. 2). При этом статистически выраженных различий между первой и второй опытными группами не зафиксировано, но можно отметить, что имеется статистическая тенденция повышения показателя во II опытной группе на 5,4 % ($p = 0,0662$).

Bedaňova et al., утверждают, что стрессоры влияют на разные параметры крови, в том числе на концентрацию гемоглобина [6]. Известны результаты наблюдений, доказывающие, что концентрация циркулирующего гемоглобина в крови снижается из-за подвешивания птиц на технологическую линию для убоя или вследствие иммобилизационного стресса. Даже кратковременные стрессовые воздействия способствуют существенному падению уровня гемоглобина в крови [25].

Адаптационные реакции организма птиц напрямую связаны с функционированием надпочечников. Кортикостероиды, синтезируемые надпочечниками, играют определяющую роль в поддержании гомеостаза, развитии стрессовых реакций, функционировании сердечной и скелетных мышц, мозговой деятельности, регулировании электролитов и водно-солевого баланса [26, 27].

Надпочечник цыплят-бройлеров опытных групп располагались в грудобрюшной полости на уровне первых поясничных позвонков, по бокам от аорты на медиоventральной поверхности передней доли почек, имели неправильную треугольную форму, серовато-желтый цвет или цвет охры, у самок левый надпочечник прикрывал яичник. Снаружи надпочечники были покрыты капсулой из соединительной ткани, паренхима их четко не разделялась на корковое и мозговое вещество. Клетки коркового и мозгового вещества образовывали переплетающиеся между собой кортикальные и медуллярные тяжи, преобладали клетки кортикальных тяжей [28, 29]. Последние, в основном имели многогранную форму, формировали по два, три ряда, чаще на периферии органа (рис. 3).

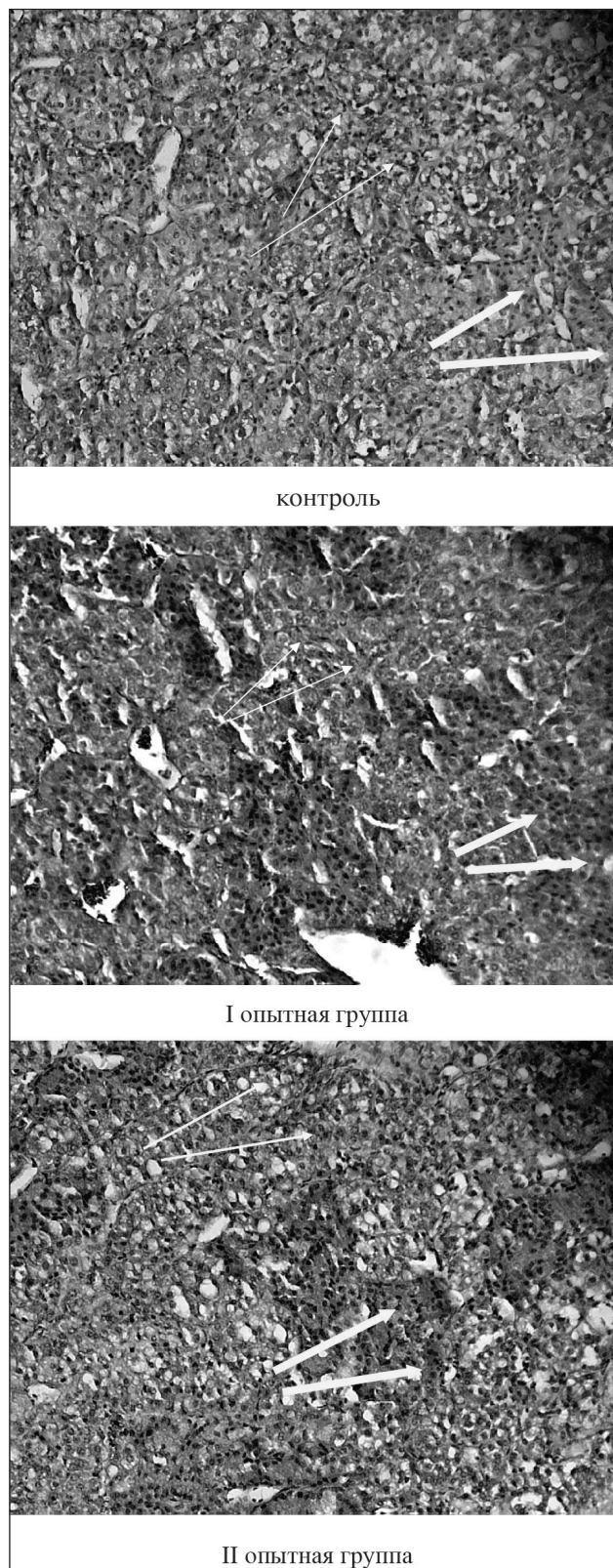


Рис. 3. Надпочечники цыплят-бройлеров, гематоксилин-эозин (ув. 200х): —→ — клетки кортикальных тяжей; —→ — клетки медуллярных тяжей.

Площадь клетки кортикальных тяжей надпочечников достигает максимальных в опыте значений у цыплят контрольной группы и составляет 154,5 мкм², что на 2,3 % выше, чем в I опытной, и на 14,6 %, по сравнению

Табл. 3. Морфометрические показатели клеток кортикальных тяжей надпочечников исследуемых групп птицы, мкм²

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Площадь клетки, мкм ²	154,50±40,14	151,00±25,91	132,00±18,25
Площадь цитоплазмы, мкм ²	118,42±15,16	105,24±20,40	91,31±17,99**
Площадь ядра, мкм ²	26,08±4,02	45,76±5,82***	40,69±5,18***
Ядерно-цитоплазматическое отношение	22,28±4,15	44,04±3,85***	46,50±12,66***

*различия с контрольной группой достоверны при $p \leq 0,05$,

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

со II опытной группой. Площадь цитоплазмы клетки в контроле достигает $118,42 \pm 15,16$ мкм² и превышает величину этого показателя в I и II опытных групп соответственно на 11,2 % и 22,8 % ($p \leq 0,01$). Площадь ядра клеток кортикальных тяжей у птиц контрольной группы имела минимальные в эксперименте значения – $26,08 \pm 4,02$ мкм², в опытных группах она была статистически достоверно ($p \leq 0,001$) выше соответственно на 43,0 % и 36,0 %. Ядерно-цитоплазматическое отношение у исследуемых групп птицы коррелировало с площадью цитоплазмы и ядра, в опытных группах оно статистически достоверно ($p \leq 0,001$) превышало величину этого показателя в контроле соответственно на 49,4 % и 52,1 % (табл. 3).

Даже при кратковременном воздействии стрессоров на организм цыплят-бройлеров происходят изменения морфометрии клеток надпочечников. Так, в опытных группах в клетках кортикальных тяжей надпочечников достоверно увеличивается площадь ядра, что, возможно, связано как со степенью активности синтетических процессов определенных участков хромосом, так и с влиянием антистрессовой кормовой добавки, обладающей антиоксидантными, выраженными метаболическими и стресспротекторными свойствами. Достоверное уменьшение площади цитоплазмы клеток кортикальных тяжей во второй опытной группе может указывать на стабилизацию метаболических процессов в клетке. Деятельность надпочечников регулируют нервная и эндокринные системы, роль гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси и симпатической нервной системы в формировании организмом генерализованного ответа на действие любого стрессора (агента или явления) общепризнана [30].

Представленные данные убедительно демонстрируют стресс-протективные свойства Пик-антистресс и сочетанного его применения с L-карнитином. Одно из действующих веществ Пик-антистресс – карбонат лития. Соли лития влияя на психическую активность животного, не затрагивая нейрорецепторный аппарат мозга, и включаются в регуляцию нейросинаптической активности благодаря ингибированию ферментов, ответственных за главный метаболический путь деградации гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК). Есть основания считать такой способ повышения стрессоустойчивости не только более эффективным, но и более физиологичным [7]. Кормовые добавки, содержащие ГАМК, используют в качестве антистрессовых. При развитии тепловых стрессов они способствуют снижению температуры тела цыплят и увеличению их массы тела. Прием ГАМК значительно повышает уровень гормона трийодтиронина и уровень гемоглобина, снижает соотношение Г/Л, индуцирует более высокую активность фермента печеночной глутатионпероксидазы и снижает содержание малонового диальдегида [31]. Ионы лития, поступающие с кормом и водой, способствуют поддержанию

нормальной возбудимости ЦНС и тонуса кровеносных сосудов благодаря снижению избыточной концентрации норадреналина в ЦНС и нормализации уровня ионов натрия в нервных и мышечных клетках [7, 32].

Другие компоненты кормовой добавки Пик-антистресс так же обладают антистрессовой и антиоксидантной активностью. В птицеводстве хорошо изучено действие аскорбиновой кислоты. Применение ее в дозе 200 мг/кг массы тела увеличивает среднесуточные приросты, уровень гормонов щитовидной железы, инсулиноподобного фактора роста, гемоглобина, общего белка, альбуминов, глобулинов, белков теплового шока, общую антиоксидантную активность, активность каталазы, супероксиддисмутазы, титр антител против вируса болезни Ньюкасла и снижает соотношение Г/Л в крови [33, 34]. Необходимо отметить, что синтез витамина С возможен в организме кур, однако в условиях развития стресса эндогенного уровня L-аскорбиновой кислоты чаще всего недостаточно.

Биологическая роль L-карнитина заключается в выполнении двух важных функций в метаболизме энергии. Он способствует выходу длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии в процессе генерирования энергии и удалению из митохондрий короткоцепочечных и среднецепочечных жирных кислот, которые накапливаются в результате нормального и аномального метаболизма. При этом карнитин считают обязательным звеном транспорта длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии [35].

Доказана антиоксидантная активность L-карнитина. При высокой плотности посадки птицы он увеличивает активность супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионпероксидазы в эритроцитах, снижает уровень малонового диальдегида и оксида азота (II) NO [36]. Применение петухам приводит к повышению уровня тестостерона и простагландина E2 в плазме крови, значительно увеличивает подвижность сперматозоидов, концентрацию, жизнеспособность, качество спермы, концентрацию семенного малонового диальдегида, активность каталазы и глутатионпероксидазы [37].

Результаты наших предыдущих исследований по изучению комплексных фармакологических средств для промышленного птицеводства, включающих L-карнитин, показали его эффективность и возможность использования в качестве антистрессовых средств при проведении дебикирования ремонтного молодняка в возрасте 3...5 суток, для коррекции теплового стресса при транспортировке птицы в предубойный период [8], при экспериментальном тепловом стрессе в сочетании с ацетилсалициловой кислотой и органическими кислотами [1, 38].

Выводы. Адаптационные процессы, развивающиеся в период убоя цыплят-бройлеров в летний период, характеризуются повышением уровня соотношения Г/Л крови в среднем в 2,8 раз. Применение фармакологического средства Пик-антистресс отдельно и в сочетании с L-карнитином позволяет снизить активность стресс-реализующих механизмов и повысить сохранность цыплят соответственно на 3,20 и 4,58 %, а ЕИП – на 32 и 45 единиц. На фоне антистрессовой профилактики отмечено увеличение площади ядра клеток кортикальных тяжей надпочечников соответственно на 43,0 % и 36,0 % на фоне уменьшения площади их цитоплазмы на 11,2 % и 22,8 %, что указывает на стабилизацию метаболических процессов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

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

project/24-26-20039 в 2024 году: «Изучение отдельных адаптационных морфологических закономерностей, влияющих на продуктивность кур и цыплят при развитии стрессов в промышленной среде».

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все исследования на птицах, включая убой и отбор проб крови, проведены в процессе их промышленного выращивания в рамках существующего технологического цикла.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Фисинин В. И., Сайфульмулюков 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. Т. 37. № 11. С. 75–90. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_75.
2. Scanes C. G. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio // *Poultry Science*. 2016. Vol. 95. No. 9. P. 2208–2215. doi:10.3382/ps/pew137.
3. 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. Т. 37. № 4. С. 31–47. doi:10.53859/02352451_2023_37_4_31.
4. Фисинин В. И., Коноплева А. П. О физиологических и морфологических процессах в организме птицы при естественной и принудительной линьке // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. № 6. С. 719–728.
5. Дроздова, Л. И., Кундрюкова У. И. Печень птицы – живая лаборатория оценки качества кормления и содержания // *Аграрный вестник Урала*. 2010. № 5. С. 68–71.
6. Органические соли лития – эффективные антистрессовые препараты нового поколения / К. С. Остренко, В. П. Галочкина, Е. М. Колоскова и др. // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2017. № 2. С. 5–28.
7. Miftahutdinova E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Development of lithium-containing feed additive and its use for fortification of chicken broilers meat and by-products // *Theory and Practice of Meat Processing*. 2020. Vol. 5. No. 1. P. 27–31. doi: 10.21323/2414-438X-2020-5-1-27-31.
8. Stress in Broilers Resulting from Shackling / I. Bedanova, E. Voslarova, P. Chloupek, et al. // *Poultry Science*. 2007. Vol. 86. No. 6. P. 1065–1069. doi:10.1093/ps/86.6.1065.
9. Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В., Журавель В. В. Экономическая оценка профилактики стресса у цыплят-бройлеров в предубойный период // *Аграрная наука*. 2018. № 3. С. 39–42.
10. Качество и безопасность мяса цыплят-бройлеров при коррекции предубойного стресса / А. В. Мифтахутдинов, Э. Р. Сайфульмулюков, Е. А. Ноговицина и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 3. С. 71–74. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10314.
11. The effect of different degrees of feed restriction on heat shock protein 70, acute phase proteins, and other blood parameters in female broiler breeders / P. Najafi I. Zulkifli, A. F. Soleimani, et al. // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. No. 10. P. 2322–2329. doi:10.3382/ps/pev246.
12. Negative Trends in Transport-related Mortality Rates in Broiler Chickens / V. Vecerek, E. Voslarova, F. Conte, et al. // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2016. Vol. 29. No. 12. P. 1796–1804. doi: 10.5713/ajas.15.0996.
13. Wurtz K. E., Herskin M. S., Ribier A. B. Water deprivation in poultry in connection with transport to slaughter-a review // *Poultry Science*. 2024. Vol. 103. No. 5. P. 103419. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579123009392?via%3Dihub> (дата обращения: 16.06.2024). doi:10.1016/j.psj.2023.103419.
14. Jacobs L., Tuytens F. Improving welfare in catching and transport of chickens. *Understanding the Behaviour and Improving the Welfare of Chickens*. London, 2020. P. 417–458. doi: 10.19103/AS.2020.0078.
15. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review / K. Schwartzkopf-Genswein, L. Faucitano, S. Dadgar, et al. // *Meat science*. 2012. Vol. 92. No. 3. P. 227–243. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.010.
16. Temperature gradients in trailers and changes in broiler rectal and core body temperature during winter transportation in Saskatchewan / T. D. Knezacek, A. A. Olkowski, P. J. Kettlewell, et al. // *Canadian Journal of Animal Science*. 2010. Vol. 90. No. 3. P. 321–330. doi: 10.4141/CJAS09083.
17. Ritz C., Webster A., Czarick M. Evaluation of hot weather thermal environment and incidence of mortality associated with broiler live haul // *Journal of Applied Poultry Research*. 2005. Vol. 14. No 3. P. 594–602. doi:10.1093/japr/14.3.594.
18. Impact of heat stress on broilers with varying body weights: Elucidating their interactive role through physiological signatures / S. Gogoi, G. Kolluri, J. S. Tyagi, et al. // *Journal of Thermal Biology*. 2021. Vol. 97. P. 102840 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456521000073?via%3Dihub>. (дата обращения: 16.06.2024). doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.102840.
19. Campylobacter contamination of broilers: the role of transport and slaughterhouse / G. Rasschaert, L. De Zutter, L. Herman // *International Journal of Food Microbiology*. 2020. Vol. 322. P. 108564. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160520300581?via%3Dihub> (дата обращения: 16.06.2024). doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108564.
20. Health E.P.O.A., Welfare. Scientific Opinion concerning the welfare of animals during transport / A. Botner, D. Broom, M. Doherr, et al. // *EFSA Journal*. 2011. Vol. 9. No. 1. P. 1966. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1966> (дата обращения: 16.06.2024). doi: 10.2903/j.efsa.2011.1966.
21. Zhao Forsythia suspensa extract attenuates breast muscle oxidative injury induced by transport stress in broilers / L. Pan, X. K. Ma, P. F., et al. // *Poult Sci*. 2018. Vol. 97. No. 5. P. 1554–1563. doi: 10.3382/ps/pey012.
22. L-theanine attenuates transport stress-induced impairment of meat quality of broilers through improving muscle antioxidant status / C. Zhang, Z. Y. Geng, K. K. Chen, et al. // *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. No. 10. P. 4648–4655. doi: 10.3382/ps/pez164.
23. *Sturkie's Avian Physiology*. 6th Ed. By Colin Scanes (editor). Elsevier Inc., Waltham, Massachusetts. 2015. 1056 pp. ISBN 978-0-12-0407160-5 doi:10.1016/C2012-0-02488-X.
24. Effects of Heat Stress on Some Blood Parameters in Broilers / Ö. Altan, A. Altan, M. Cabuk, et al. // *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2000. Vol. 24. P. 145–148. URL: <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol24/iss2/8> (дата обращения: 16.06.2024).

25. Diffuse reflectance spectroscopy reveals heat stress-induced changes in hemoglobin concentration in chicken breast / S. Dadgar, E. Greene, A. Dhamad, et al. // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. No. 1. P. 3649. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-83293-y> (дата обращения: 16.06.2024). doi: 10.1038/s41598-021-83293-y.
26. de Matos R. Adrenal steroid metabolism in birds: anatomy, physiology, and clinical considerations // *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*. 2008. Vol. 11. No. 1. P. 35–57. doi: 10.1016/j.cvex.2007.09.006.
27. Impact of Housing Environment on the Immune System in Chickens: A Review / T. Hofmann, S. S. Schmucker, W. Bessei, et al. // *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10. No. 7. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/7/1138> (дата обращения: 16.06.2024). doi: 10.3390/ani10071138.
28. Морфофункциональное состояние надпочечников цыплят-бройлеров при различных способах содержания / С. В. Козлова, К. А. Сидорова, Н. А. Татарникова и др. // *Научный журнал КубГАУ*. 2017. № 134 (10). С. 1–11. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/10/pdf/90.pdf> (дата обращения: 16.06.2024).
29. Chronic welfare restrictions and adrenal gland morphology in broiler chickens B. R. Müller, Hisly Any S. Medeiros, R. S. de Sousa, et al. // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. No. 4. P. 574–578. doi: 10.3382/ps/pev026.
30. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных (обзор) / В. А. Галочкин, К. С. Остренко, В. П. Галочкина и др. // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 4. С. 673–686. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.673rus.
31. Alleviation by gamma amino butyric acid supplementation of chronic heat stress-induced degenerative changes in jejunum in commercial broiler chickens R. A. Al Wakeel, M. Shukry, A. Abdel Azeez, et al. // *Stress*. 2017. Vol. 20. No. 6. P. 562–572. doi: 10.1080/10253890.2017.1377177.
32. Chronic lithium chloride administration attenuates brain NMDA receptor-initiated signaling via arachidonic acid in unanesthetized rats / M. Basselin, L. Chang, J. M. Bell, et al. // *Neuropsychopharmacol.* 2006. Vol. 31. No. 8. P. 1659–1674. doi: 10.1038/sj.npp.1300920.
33. Effect of dietary supplemental ascorbic acid and folic acid on the growth performance, redox status, and immune status of broiler chickens under heat stress / A. Gouda, S. A. Amer, S. Gabr, et al. // *Tropical Animal Health and Production*. 2020. Vol. 52. No. 6. P. 2987–2996. doi: 10.1007/s11250-020-02316-4.
34. Production performance, hematological parameters, serum biochemistry, and expression of HSP-70 in broiler chickens fed dietary ascorbic acid during heat stress / A. Biswas, C. Deo, D. Sharma, et al. // *International Journal of Biometeorology*. 2024. Vol. 68. No. 1. P. 33–43. doi: 10.1007/s00484-023-02568-3.
35. L-карнитин: применение в животноводстве (обзор литературы) / Л. И. Сабирзянова, А. М. Лунегов, Г. В. Коновалова и др. // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2023. № 1 (57). С. 25–31. doi: 10.24412/2074-5036-2023-1-25-31.
36. Çetin E., Güçlü B. K. Effect of dietary L-carnitine supplementation and energy level on oxidant/antioxidant balance in laying hens subjected to high stocking density // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*. 2020. Vol. 104. No. 1. P. 136–143. doi: 10.1111/jpn.13210.
37. The capability of L-carnitine-mediated antioxidant on cock during aging: evidence for the improved semen quality and enhanced testicular expressions of GnRH1, GnRHR, and melatonin receptors MT 1/2 / A. A. Elokil, A. A. Bhuiyan, H. Z. Liu, et al. // *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. No. 9. P. 4172–4181. doi: 10.3382/ps/pez201.
38. Сохранение производственных показателей у цыплят-бройлеров в условиях теплового стресса / Г. Ю. Бабин, Т. В. Полуночкина, С. Г. Дорофеева и др. // *Аграрная наука*. 2022. № 1. С. 19–23. doi: 10.32634/0869-8155-2022-355-1-19-23.

Поступила в редакцию 09.07.2024
После доработки 29.07.2024
Принята к публикации 13.08.2024