

Специализированные фармакологические препараты и кормовые добавки, применяемые в птицеводстве для профилактики технологических стрессов: тепловой стресс (обзор)

В. И. ФИСИНИН¹, Э. Р. САЙФУЛЬМУЛЮКОВ², А. В. МИФТАХУТДИНОВ²

¹Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства Российской академии наук, ул. Птицегоградская, 10, Сергиев Посад, Московская область, 141311, Российская Федерация

²Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, Челябинская область, 457103, Российская Федерация

Резюме. В обзоре рассмотрены вопросы фармакологической профилактики теплового стресса, который часто наблюдается не только в условиях жаркого климата, но и при превышении плотности размещения птиц. Стрессы – неотъемлемый элемент промышленной технологии содержания птиц. Тепловые стрессы относятся к наиболее сильным факторам воздействия на организм птиц, лимитирующим продуктивность, сохранность и экономическую эффективность отрасли. Они в меньшей степени поддаются профилактике, поэтому вопрос их фармакологической коррекции один из ключевых для современного промышленного производства. Широкий перечень существующих фитогенных средств свидетельствует об актуальности использования добавок природного происхождения для профилактики и коррекции теплового стресса, регулирования обменных процессов, показывающих свою эффективность и отличающихся отсутствием или незначительным проявлением побочных явлений. Отдельное направление профилактики тепловых стрессов – витаминно-минеральные добавки. Включение аминокислот в рацион птицы позволяет сохранить продуктивность, использование электролитов – избежать респираторного алкалоза, органических кислот – стимулировать метаболизм. С целью нормализации микробиоты кишечника и иммунных функций применяют добавки на основе препаратов бактериальной природы. Добавки включающие в состав различные виды водорослей компенсируют недостаток биологически активных веществ. Комплексные средства, включающие фармацевтические субстанции разнонаправленного действия, позволяют системно решать проблему тепловых стрессов путем широкого фармакологического воздействия на организм птиц: стимулируя метаболизм, восстановление микробиоты кишечника и активности иммунных функций, повышая антиоксидантный статус. Существует ряд уникальных по своему составу и действию средства отечественного производства, использование которых позволяют решать вопросы импортозамещения в современных условиях.

Ключевые слова: фармакологические препараты, кормовые добавки, промышленное птицеводство, технологические стрессы

Сведения об авторах: В. И. Фисинин, академик РАН, научный руководитель; Э. Р. Сайфульмулюков, кандидат ветеринарных наук, доцент; А. В. Мифтахутдинов, доктор биологических наук, профессор (e-mail: nirugavm@mail.ru)

Для цитирования: 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.

Specialised pharmacological preparations and feed additives used in poultry farming for the prevention of technological stresses: heat stress (review)

V. I. Fisinin¹, E. R. Saifulmulyukov², A. V. Miftakhutdinov²

¹Federal Scientific Center All-Russian Research Technological Institute of Poultry Breeding, Russian Academy of Sciences, ul. Ptitsegradskaya, 10, Sergiev Posad, Moskovskaya obl., 141311, Russian Federation

²South Ural State Agrarian University, ul. Gagarina, 13, Troitsk, Chelyabinskaya obl., 457100, Russian Federation

Abstract. The review deals with the issues of pharmacological prevention of heat stress, which is often observed not only in hot climates, but also when the bird density is exceeded. Stress is an integral element of the industrial technology of keeping birds. Thermal stresses are among the strongest factors affecting the bird organism, limiting the productivity, safety, and economic efficiency of the industry. They are less amenable to prevention, so the issue of their pharmacological correction is one of the key issues for modern industrial production. A wide list of existing phyto-genic agents indicates the relevance of using additives of natural origin for the prevention and correction of heat stress, regulation of metabolic processes, showing their effectiveness and characterised by the absence or slight manifestation of side effects. A separate area for the prevention of heat stress is vitamin and mineral supplements. The inclusion of amino acids in the diet of poultry allows you to maintain productivity, the use of electrolytes – to avoid respiratory alkalosis, organic acids – to stimulate metabolism. To normalise the intestinal microbiota and immune functions, additives based on bacterial preparations are used. Additives containing various types of algae compensate for the lack of biologically active substances. Complex agents, including pharmaceutical substances of multidirectional action, allow to systematically solve the problem of heat stress through a wide pharmacological effect on the body of birds: stimulating metabolism, restoring the intestinal microbiota and the activity of immune functions, increasing the antioxidant status. There are several unique in their composition and effect of domestic production, the use of which allows solving the issues of import substitution under current conditions.

Keywords: pharmacological preparations; feed additives; industrial poultry farming; technological stresses

Author Details: V. I. Fisinin¹, member of the RAS, scientific supervisor; E. R. Saifulmulyukov², Cand. Sc. (Vet.), assoc. prof.; A. V. Miftakhutdinov, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: nirugavm@mail.ru)

For citation: Fisinin V. I., Saifulmulyukov E. R., Miftakhutdinov A. V. [Specialized pharmacological preparations and feed additives used in poultry farming for the prevention of technological stresses: heat stress (review)]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023;37(4):31–47. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_4_31.

Эффективность промышленного птицеводства складывается из генетического потенциала птицы [1, 2], соблюдения условий содержания и кормления [3, 4],

своевременного ветеринарного обслуживания [5]. При этом благополучие птицы главная цель, стремление к которой обеспечивает формирование высокой продуктивности.

При отрицательном балансе между количеством тепловой энергии, поступающей из окружающей среды к птице и выделяемой ею, может наступить тепловой стресс [6]. Существуют следующие категории теплового стресса: острый – развивающийся при быстром, но кратковременном (несколько часов) повышении температуры окружающей среды и хронический – при длительном (несколько дней) воздействии высоких температур [7, 8, 9].

На силу теплового стресса и его проявление оказывают влияние внешние и внутренние факторы: состав рациона, качество и температура воды, система содержания, плотность посадки, влажность и скорость воздуха, вид, порода, физиологическое состояние, возраст птицы и др. [10]. Птица современных кроссов имеет высокую температуру тела, что связано с высокой продуктивностью, обусловленной интенсивностью обменных процессов в организме [11, 12].

В промышленном птицеводстве принято выделять 4 фазы перегрева птицы, которые развиваются на фоне продолжительного теплового воздействия: на 1-ом этапе организм адаптируется к влиянию высокой температуры; 2-ой этап характеризуется постепенным снижением адаптационных возможностей, которые обеспечивает испарение воды при дыхании; при недостаточной компенсации высокой температуры тела перегрев переходит на 3-ий этап и можно наблюдать рост смертности птицы; если тепловое воздействие на организм продолжается, то начинается 4-ый этап – стадия теплового коллапса, сопровождающаяся массовой гибелью [13]. Наиболее вероятной причиной смерти от теплового шока считают гибель кардиомиоцитов [14]. При тепловом стрессе возрастает проницаемость их мембран, в результате чего из клеток высвобождаются креатинкиназа-MB и лактатдегидрогеназа – маркеры повреждения миокарда [15].

Находясь в термонеutralной зоне, которая соответствует диапазону 13...24 °C, организм птицы не имеет предпосылок менять метаболизм. Идеальным же диапазоном считается 18...24 °C. Дальнейшее повышение температуры с 24 до 29 °C может привести к незначительному снижению потребления корма, отрицательно повлиять на размеры яиц и качество скорлупы. Значительное снижение потребления корма и среднесуточных приростов, яйценоскости, массы и качества скорлупы можно наблюдать при диапазоне температур 29...32 °C. Их рост до 35 °C создает предпосылки для теплового стресса и приводит к дальнейшему снижению потребления корма. В диапазоне температур от 35...38 °C помимо существенного снижения прироста и потребления корма птицей, значительно увеличивается потребление воды. При 36...37 °C температура тела кур возрастает до 42,6 °C, а через 60 мин – до 43,0 °C. Увеличение температуры окружающей среды выше 38 °C сопровождается тепловым коллапсом и летальным исходом. При достижении внутренней температуры тела критической отметки 47 °C, которая обозначается как верхняя летальная температура, птица погибает от теплового удара [6, 16].

Механизм, который приводит к гибели птицы при высоких температурах до конца не выяснен. Однако есть данные, что тепловой стресс подавляет иммунные факторы защиты организма [17], приводит к сильному окислительному стрессу, вызывая апоптоз, обусловленный активацией механизмов запрограммированной гибели клеток [18].

В ряде случаев для того, чтобы избежать термической нагрузки на организм птицы и развитие теплового стресса, а также связанных с этим негативных последствий, достаточно отрегулировать параметры микроклимата без использования специальных кормовых добавок и фармакологических средств, применение которых ведет к повышению себестоимости птицепродукции. Однако и при применяемых технологических стратегиях, в определенный момент времени, особенно в жаркий сезон года или в регионе, где температура окружающей среды достаточно высока на протяжении всего года, этого становится недостаточно [19].

Цель исследования – обобщение отечественного и зарубежного опыта использования в птицеводстве специализированных фармакологических препаратов и кормовых добавок для профилактики технологических стрессов вызванных высокой термонагрузкой.

При проведении исследований был проанализирован существующий спектр фармакологических средств и кормовых добавок, применяемых в птицеводстве при тепловых стрессах различной этиологии, с учетом данных ретроспективного анализа отечественного птицеводства и работ ведущих ученых в этой области [20, 21, 22].

В процессе работы над обзором использовали размещенные в открытом доступе отечественные и зарубежные источники из баз данных «eLIBRARY.RU», «PubMed®», а также научно-информационной социальной сети «ResearchGate». Кроме того, анализировали данные предоставленные российскими учеными занимающимися решением проблемы технологических стрессов в птицеводстве и результаты собственных исследований.

При выборе публикации для обзора руководство-вались следующими подходами:

эксперименты, описанные в материале статьи проведены на птице, лабораторных животных или клеточном биоматериале;

в публикации раскрывается решение проблемы теплового стресса путем применения специализированных фармакологических средств или кормовых добавок;

результаты исследований статистически обработаны, выводы обоснованы.

Фитогенные добавки. Для профилактики теплового стресса разработаны и применяются в птицеводстве большое количество средств и кормовых добавок на основе растительного сырья (табл. 1).

Например, применение генистеина (фитоэстроген, содержащийся в соевых бобах), влияет на продуктивность и антиоксидантный статус организма японских перепелов, а также перекисное окисление липидов и жирнокислотный состав мяса. В опытах, проведенных в 2004 г., его скармливание в дозах 200, 400, 800 мг/кг корма повышало концентрацию витаминов С в сыворотке крови на 9,4...18,8 %, Е – на 31,3...46,3 %, А – на 15,9...36,5 %, снижало уровень гомоцистеина на 19,0...24,6 %, малонового диальдегида в сыворотке на 10,6...18,9 %, в печени – на 9,5...20,7 % [23]. В опыте, проведенном в 2021 г., его применение в дозах 400 и 800 мг/кг корма повышало качество производимого мяса [24].

Использование фитогенной добавки, представляющей собой полифенол зеленого чая – галлат эпигаллокатехина японским перепелам в дозе 200 и 400 мг/кг корма повышало живую массу на 3,1...6,9 % и положительно сказывалось на состоянии антиоксидантного статуса

Таблица 1. Фитогенные средства и кормовые добавки

Средство	Действующее вещество, сырье, характеристика	Схема применения	Вид птицы	Влияние на организм	Ссылка
Генистеин	фитоэстроген, содержащийся в соевых бобах	200, 400, 800 мг/кг ОР	японские перепела	в сыворотке крови витамин С ↑9,4...18,8 %, Е ↑31,3...46,3 %, А ↑15,9...36,5 %, гомоцистеин ↓19,0...24,6 %, МДА сыворотки ↓10,6...18,9 %, МДА печени ↓9,5...20,7 %	[23]
Генистеин	фитоэстроген, содержащийся в соевых бобах	400 или 800 мг/кг ОР	японские перепела	↑качества мяса	[24]
Галлат эпигаллокатехина	полифенол зеленого чая	200, 400 мг/кг ОР	японские перепела	МДА сыворотки ↓23...29 %, МДА печени ↓10,2...20,8 %, ЖМ ↑3,1...6,9 %	[25]
Арабиногалактан	полисахарид из древесины лиственницы даурской	75 мг/кг ЖМ, 1...42-й день с водой	ЦБ	сохранность ↑4 %, ↓FCR, масса тушек ↑5,6 %	[26]
<i>Zingiber officinale</i> и <i>Zingiber zerumbet</i>	имбирь	2 % к ОР	ЦБ	экспрессия HSP70 ↓30,2 %	[28]
Эфирные масла <i>Satureja khuzistanica</i>	чабер горный	200, 300, 400 и 500 мг/л питьевой воды	ЦБ, кросс Arian	↑активность пищеварения, FCR ↓0,9...3,5 %, ↓смертность птицы	[29]
Куркума	корневище куркумы	с ОР	ЦБ	общее содержание антител ↑8,6...20,4 %	[30]
Яблочная кожура		50 или 100 г/кг корма	ЦБ	ЛПВП ↑4,2...40,0 %, ЛПНП ↓19,1...43,4 %, МДА сыворотки ↓30,9...35,3 %	[31]
Ликопин	антиоксидант	200, 400 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Ross 308	↓Keap1 в мышцах, ↑Nrf2 в мышцах	[32]
Сушеный томатный жмых	ликопин	3...5 % ОР	ЦБ	↑ГПО 20,5...23,4 %, ↓СОД 1,1...6,6 %, МДА 28,9...35,5 %	[33]
Ресвератрол	полифенол	400 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Cobb 500	АОС мышечной ткани ↑33,3 %, потери мясного сока ↓13,0 %	[34]
Ресвератрол	полифенол	400 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Arbor Acres	экспрессия Nrf2 в мышцах ↑40,9 %	[35]
<i>Artemisia annua</i>	полынь	ОР+0,005 % масла, 0,005 % масла+1 % порошок	ЦБ, кросс Cobb 500	количество энтеробактерий ↓0,7 %, эшерихий ↓0,9 %, стафилококков ↓1,2 %, лактобактерий ↑9,2 %	[36]
Phytocee™ (Индия)	<i>Ocimum Santum</i> , <i>Withania somnifera</i> и <i>Embllica officinalis</i>	100 г/т ОР	ЦБ, кросс Cobb 500	↓кортикостерона, Г/Л, ректальной температуры	[37]
NR-PHY-30 (Индия)	<i>Ocimum Santum</i> , <i>Withania somnifera</i> и <i>Embllica officinalis</i>	0,5, 1 кг/т корма	ЦБ, кросс Cobb 500	ЖМ ↑66...83 г, ↓FCR 5...10 баллов	[38]
Экстракт листьев <i>Eucommia ulmoides</i> , обогащенный хлорогеновой кислотой		500, 1000 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Ross 308	окислительная стабильность грудки ↑7,0...8,7 % полиненасыщенные жирные кислоты ↑9,1...10,9 %	[39]
Горец птичий		1...5 % муки к ОР	ЦБ	↑продуктивности, ЖМ	[40]
Эфирное масло <i>Syzygium flavorum</i> L.	гвоздика	250, 350, 450 ppm к ОР	ЦБ, кросс Ross 308	↑ЖМ, ССП, АОС	[41]
<i>Prunus domestica</i> L.	слива домашняя	2,5 % порошка к ОР	ЦБ, кросс Cobb 500	ЖМ ↑2,5, ↑ССП, ↓FCR	[42]
Минтов	эфирные масла эвкалипта, мяты перечной, шалфея, полыни горькой и ментол	200 мл/л³ воды, 3...4 дня	КН, РМ кросс Хай Лайн, ЦБ кросс Ross 308	сохранность ↑2...6 %; продуктивность ↑2,5...6,0 %, респираторных патологий ↓2,5...8,7 %	[43]
<i>Macleaya cordata</i>		1000 мг/кг ОР	желтоперые бройлеры	сохранность ↑3,2 %	[44]
Эфирные масла чеснока и лимона		200 мг/кг по отдельности и в смеси, 35 дней	ЦБ, кросс Ross 308	ЖМ ↑4,1...7,8 %, масса Фабрицевой сумки ↑23,9...43,4 %, ГПО ↑39,3...59,5 %, активность амилазы ↑35,8...105,0 %, трипсина ↑2,2...10,6 %, липазы ↑4,9...50,4 %, FCR ↓3,3...5,7 %, абдоминальный жир ↓4,7...21,0 %	[45]

Средство	Действующее вещество, сырье, характеристика	Схема применения	Вид птицы	Влияние на организм	Ссылка
Порошок семян кориандра		5, 10 г/кг ОР	петушки кросса Sasso T44, Koekoek	↑ качества мяса	[46]
Крапива двудомная		2 и 4 % к ОР	ЦБ, кросс Arbor Acres	кортизол ↓19,6...47,1 %, мочевиная кислота ↓6,4...20,7 %	[47]
Бетафин S1 (бетаин)	осмопротектор, донор метильных групп	1 кг/т корма	КН	яйценоскость ↑3,1 %, сохранность ↑2,3 %	[52]
Бетаин	осмопротектор, донор метильных групп	1000 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Arbor Acres	потери мясного сока ↓22,9 %, в мышечной ткани глутатион ↑2,7 раза, СОД ↑1,5 раза, ГПО ↑2,4 раза, МДА ↓1,4 раза	[53]

здесь и далее АОС – антиоксидантный статус; ГПО – глутатионпероксидаза; ЖМ – живая масса; К – куры; КД – кетодиены; КН – куры несушки; КЭО – коэффициент эффективности откорма; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; МДА – малоновый диальдегид; ОР – основной рацион; ПОЛ – перекисное окисление липидов; ПТЦ – птица; РМ – ремонтный молодняк; СОД – супероксиддисмутаза; ССП – среднесуточный прирост; ТГ – триглицериды; ЦБ – цыплята-бройлеры; ЦП – церулоплазмин; FCR – коэффициент конверсии корма; ↑ – повышение уровня; ↓ – понижение уровня

птицы, снижая содержание малонового диальдегида в сыворотке на 23...29 %, в печени – на 10,2...20,8 % [25].

При испытании арабиногалактана на цыплятах-бройлерах с 1 по 42-й день, с водой в дозе 75 мг/кг живой массы отмечено увеличение сохранности поголовья на 4,0 %, снижение затрат корма на 14,5 г/1 кг прироста и повышение массы тушек на 5,6 % [26]. Есть данные о применении арабиногалактана для увеличения термотолерантности лабораторных животных [27].

Кормовая добавка на основе имбиря *Zingiber officinale* и *Zingiber zerumbet* цыплятам-бройлерам, подвергшимся тепловому стрессу, в дозе 2 % к основному рациону оказала влияние на экспрессию белка теплового шока HSP 70, снижая ее на 30,2 % [28]. Применение фитогенной добавки на основе чабера горного (*Satureja khuzistanica*), а именно его эфирных масел с питьевой водой в дозах 200, 300, 400 и 500 мг/л бройлерам Ariap повышало активность пищеварения, снижая конверсию корма на 0,9...3,5 % и смертность птицы [29]. Скармливание цыплятам-бройлерам корневища куркумы облегчало течение хронического теплового стресса, улучшало стрессоустойчивость и эффективность иммунного ответа благодаря повышению общего содержания антител на 8,6...20,4 % [30]. Использование в качестве источника антиоксидантов кормовой добавки растительного происхождения в виде отходов яблочной кожуры в дозе 50...100 г/кг корма повышало уровень липопротеидов высокой плотности на 4,2...40,0 % и снижало содержание липопротеидов низкой плотности на 19,1...43,4 %, а также уровень малонового диальдегида в сыворотке крови цыплят-бройлеров на 30,9...35,3 % [31].

Изучение ликопина (натуральный антиоксидант, присутствующий в томатах) как одного из средств, облегчающих состояние птицы в условиях тепловой нагрузки в дозах 200, 400 мг/кг к основному рациону цыплят Ross 308 показало, что повышение его уровня в рационе подавляло экспрессию гена Keap1 в мышцах на 40 % и повышало экспрессию Nrf2 на 150 % [32]. Введение в качестве источника ликопина в рацион цыплят-бройлеров сушеного томатного жмыха в дозе 3...5 % повышало антиоксидантный статус организма путем увеличения содержания в сыворотке крови глутатионпероксидазы на 20,5...23,4 %, снижения супероксиддисмутазы на 1,1...6,6 % и малонового диальдегида на 28,9...35,5 % [33].

Применение фитогенной кормовой добавки рес-

вератрол в дозе 400 мг/кг корма оказало благотворное влияние добавки на организм цыплят-бройлеров кросса Cobb 500, которое благодаря улучшению антиоксидантного статуса мышечной ткани на 33,3 % отразилось на качестве мяса, снижая потери мясного сока на 13,0 % [34]. Кроме того, использование ресвератрола ослабляло вызванное тепловым стрессом ухудшение качества мяса у бройлеров Arbor Acres, регулируя сигнальный путь Nrf2, повышая уровень экспрессии генов на 40,9 % [35].

Использование в качестве кормовой добавки масла и порошка из полыни, по данным M. Sărcilă et al. (2018), улучшало состояние микробиоты кишечника у цыплят-бройлеров кросса Cobb 500, снижая содержание энтеробактерий на 0,7 %, эшерихий – на 0,9 %, стафилококков – на 1,2 %, повышая уровень лактобактерий на 9,2 % [36].

В Индии производят комплексные фитогенные кормовые добавки на основе *Ocimum Santum*, *Withania somnifera* и *Embllica officinalis* в виде коммерческих средств Phytocee™ и NR-PHY-30. Применение Phytocee™ цыплятам-бройлерам кросса Cobb 500 в дозе 100 г/т корма достоверно снижало уровень кортистерона, соотношение Г/Л и ректальную температуру на 52,3 %, 30,0 % и 0,3 % соответственно [37]. Скармливание NR-PHY-30 в дозе 0,5 и 1 кг/т корма увеличивало живую массу птицы на 66...83 г, уменьшая коэффициент конверсии корма на 5...10 единиц [38].

Применяемый в китайской медицине экстракт листьев *Eucommia ulmoides*, дополнительно обогащенный хлорогеновой кислотой в экспериментах на бройлерах кросса Ross 308 обеспечивал повышение окислительной стабильности мяса из грудной части тушки на 7,0...8,7 % и профиля жирных кислот грудки, благодаря росту содержания полиненасыщенных жирных кислот на 9,1...10,9 % [39]. Для восполнения витамина С и сохранения продуктивности на фоне тепловой нагрузки А. И. Алакаева с соавт. (2021) рекомендуют добавлять к рациону 1...5 % муки из горца птичьего [40]. Положительные результаты при использовании эфирного масла гвоздики (*Syzygium flavorum* L.) в дозах 250, 350, 450 мг/кг наблюдали на бройлерах кросса Ross 308: происходило повышение живой массы на 1,4...4,0 %, привесов – на 1,4...4,1 % и антиоксидантного статуса организма – в 0,38...1,16 раза [41].

В качестве нового средства для смягчения теплового стресса предложена и апробирована фитогенная добавка,

на основе сливы домашней (*Prunus domestica* L.), введение которой в количестве 2,5 % в форме порошка в основной рацион бройлеров Cobb 500 повышало живую массу и прирост на 11,1 % и 67,6 % соответственно, снижало конверсию корма на 5,6 % и улучшало гистоморфологическое состояние подвздошной кишки, увеличивая показатель отношения высоты ворсинок к глубине крипт на 8,3 %, одновременно повышая экспрессию генов теплового шока в 2...3 раза [42]. Применение кормовой добавки Минтов (Россия), в состав которой входят эфирные масла эвкалипта, мяты перечной, шалфея, полыни горькой и ментола, в течение 3...4 дней в водорастворимом виде, в дозе 200 мл/1000 л воды курам несушкам и ремонтному молодняку Хай Лайн, а также бройлерам Ross 308 повышало сохранность на 2...6 %, продуктивность – на 2,5...6,0 % и снижало уровень респираторных патологий на 2,5...8,7 % [43].

M. Wang, et al. (2022) в ходе эксперимента продемонстрировали влияние пищевого экстракта маклеи сердцевидной на показатели роста, биохимические параметры крови и микробиоту кишечника желтоперых бройлеров, подвергшихся хроническому тепловому стрессу. Скармливание фитогенной добавки в дозе 1000 мг/кг корма обеспечило сохранение продуктивности птицы, которая была на 3,2 % больше, чем в контроле [44]. Добавление эфирных масел чеснока и лимона в рацион бройлеров кросса Ross 308 в дозе 200 мг/кг корма по отдельности и в смеси в течение 35 дней повышало живую массу на 4,1...7,8 %, массу Фабрицевой сумки – на 23,9...43,4 %, антиоксидантный статус печени благодаря росту уровня глутатионпероксидазы – на 39,3...59,5 %, активность амилазы – на 35,8...105,0 %, трипсина – на 2,2...10,6 %, липазы – на 4,9...50,4 %, одновременно происходило снижение конверсии корма на 3,3...5,7 %, абдоминального жира в тушках – на 4,7...21,0 % [45].

При скармливании птице с основным рационом порошка из семян кориандра в дозах 5 и 10 г/кг корма W. Kiros et al. (2022) выявили улучшение качества мяса петушков Sasso T44 и Koekoek [46]. M. Mirsaidi Farahani et al. (2022) установили влияние крапивы двудомной (*Urtica dioica*) в дозах 2 и 4 % от рациона бройлеров Arbor Acres на уровень кортизола и мочевой кислоты, содержание которых снизилось в опытных группах на 19,6...47,1 % и 6,4...20,7 % соответственно [47].

Исследования на лабораторных животных показали повышение адаптационных возможностей организма к высоким температурам благодаря применению настоя звездчатки в дозе 5 мл/кг массы тела, в течение 6 дней [48]. В другой серии опытов на лабораторных животных испытана растительная смесь из корней зверобоя продырявленного и родиолы розовой взятых в соотношении 1:1, авторами доказано повышение термотолерантности при дозе 150...300 мг/кг корма [49].

Отдельно от других фитогенных добавок необходимо остановиться на бетаине, который обладает специфическими *осмопротекторными* свойствами [19, 50, 51]. Для коррекции развития теплового стресса предлагается натуральная растительная добавка Бетафин S1, действующим веществом которой служит бетаин. И. Егоров с соавт. (2007), применив добавку в дозе 1000 г/т корма курам-несушек, получили повышение яйценоскости на 3,1 %, сохранности – на 2,3 % [52]. В исследованиях C. Wen et al. (2019) доказано, что бетаин в дозе 1000 мг/кг корма снижает потери мясного сока на 22,9 %, повышает содержание глутатиона в мышеч-

ной ткани в 2,7 раза, супероксиддисмутазы – в 1,5 раза, глутатионпероксидазы – в 2,4 раза, уменьшает уровень малонового диальдегида в 1,4 раза [53].

Интересен тот факт, что основное направление в зарубежной практике борьбы со стрессами ориентировано на применении фитогенных добавок с кормом или питьевой водой, причем отслеживание регистрируемых изменений антиоксидантного статуса и уровня белков теплового шока под влиянием различных средств связаны с изучением интенсивности экспрессии соответствующих генов.

Минеральные добавки. Широкое применение в промышленном птицеводстве нашли добавки на основе микро- и макроэлементов, в неорганической и органической форме, а также их вариаций с витаминами (табл. 2). Например, Donoghue D.J. et al., (1990) отметили на фоне применения гидрохлорид аспартата магния снижение потерь живой массы кур на 40,8...45,6 % [54].

N. Sahin et al. (2005) в опытах на японских перепелах установили, что пиколинат хрома в дозе 400 мкг/кг корма способствует сохранению 4,9 % живой массы перепелов, подвергшихся тепловому стрессу, благодаря снижению уровня малонового диальдегида в сыворотке на 11,2 %, в печени – на 7,4 % [55]. F. Xiao et al. (2017) отмечали снижение уровня триглицеридов в сыворотке крови при скармливании бройлерам пиколината хрома в дозах 0,2, 0,4, 0,8 и 1,6 мг/кг корма на 4,8...40,5 %, липопротеидов низкой плотности – на 1,5...27,1 % [56].

Неорганическую и органическую форму цинка испытывали на японских перепелах в дозировках 30 и 60 мг/кг корма. Как сульфат, так и пиколинат цинка улучшали прирост живой массы на 1,8...4,2 % и снижали уровень малонового диальдегида в сыворотке на 11,3...20,7 %, в печени – на 5,0...18,9 % [57]. Аналогичные исследования проводили на курах родительского стада, где в качестве добавок использовали сульфат цинка и его хелатированную форму. Целью этой работы было определение влияния материнского теплового стресса в сочетании с добавками цинка на выводимость, эмбриональное развитие и показатели роста потомства. В результате было установлено повышение выводимости на 10,1...17,4 %, выживаемости потомства – на 1,3...1,6 % [58]. Высокую эффективность на цыплятах-бройлерах кросса Cobb 500 оказало применение наноразмерного цинка в дозах 40, 60 и 100 мг/кг корма. Отмечено снижение уровня малонового диальдегида в бедренных мышцах на 8,3...29,2 % [59], изменение экспрессии генов грелина, холецистокинина, HSP 70 и HSP 90 [60]. Оценивая препарат на основе цинка по показателям роста, качеству кожи и костей бройлеров, страдающих тепловым стрессом M. Zaghari et al. (2022) пришли к выводу, что скармливание бройлерам Ross 308 минеральной добавки HiZox® в дозах 75, 100 и 125 мг/кг корма способствовало снижению смертности от теплового шока на 2,5...3,2 % и повышению прочности кожи на 42,0...55,0 % [61]. T. Li et al. (2021) установили, что сульфат цинка в дозах 50, 100, 200 и 400 мкмоль/л при экспозиции 12, 24 и 48 ч в разной степени снижает влияние теплового стресса на первично культивируемые гепатоциты эмбрионов бройлеров благодаря усилению антиоксидантной способности и ослаблению реакции теплового шока, о чем свидетельствует повышение экспрессии генов металлотионеина в 1,6...4,0 раза и снижение экспрессии генов HSP 90 на 15,4...15,8 % [62].

В результате скармливания неорганической и орга-

Таблица 2. Минеральные и витаминно-минеральные добавки

Средство	Характеристика	Схема применения	Вид птицы/культуры клеток	Влияние на организм/культуру клеток	Ссылка
Гидрохлорид аспартата магния	источник магния	40, 80 мг/кг ЖМ	К	ЖМ ↑40,8...45,6 %	[54]
Пиколинат хрома	источник хрома	400 мкг/кг корма	японские перепела	ЖМ ↑4,9 %, МДА в сыворотке ↓11,2 %, в печени ↓7,4 %	[55]
Пиколинат хрома	источник хрома	0,2, 0,4, 0,8, 1,6 мг/кг ОР	ЦБ	триглицериды в сыворотке ↓4,8...40,5 %, ЛПНП ↓1,5...27,1 %	[56]
Сульфат цинка, пиколинат цинка	источник цинка	30, 60 мг/кг ОР	японские перепела	ЖМ ↑1,8...4,2 %, МДА в сыворотке ↓11,3...20,7 %, печени ↓5,0...18,9 %	[57]
Сульфат цинка, хелатированная форма цинка	источник цинка	110 мг/кг ОР	РС	выводимость ↑10,1...17,4 %, выживаемость ↑1,3...1,6 %	[58]
Наночастицы цинка	источник цинка	40, 60, 100 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Cobb 500	МДА ↓8,3...29,2 %, ↓кортикостерона	[59]
Наночастицы цинка	источник цинка	40, 60, 100 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Cobb 500	изменение экспрессии генов грелина, холецистокинина, HSP70, HSP90	[60]
HiZox® (Иран)	источник цинка	75, 100 и 125 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Ross 308	смертность от теплового шока ↓2,5...3,2 %, прочность кожи ↑42...55 %	[61]
Сульфат цинка	источник цинка	50, 100, 200, 400 мкмоль/л, экспозиция 12, 24, 48 ч	первичная культура клеток (гепатоциты)	экспрессия генов металлотиионаина ↑1,6...4,0 раза, HSP 90 ↓15,4...15,8 %	[62]
Селенит натрия и селенометионин	источники селена	0,15, 0, 30 мг/кг ОР	японские перепела	яйценоскость ↑1,9...5,2 %, качество яиц ↑0,1...4,5 %, МДА в сыворотке ↓0,6...15,3 %, печени ↓4,6...9,7 %	[63]
Протеинат и хлорид марганца	источник марганца	120 мг/кг ОР	ЦБ, кросс Arbor Acres	MnSOD в сердце ↑1,9 раза, в грудных мышцах ↑1,4 раза, HSP70 ↓33,6 %	[65]
Протеинат и хлорид марганца	источник марганца	1 ммоль/л	первичная культура клеток (кардиомиоциты)	↑экспрессии MnSOD	[66]
Аскорбиновая кислота	витамин	400 мг/л питьевой воды	ЦБ	ЖМ ↑0,3 %	[67]
Витамин С и Е	водо- и жирорастворимые витамины	250, 500 мг/кг ОР	японские перепела	яйценоскость ↑5...16 %, кортикостерон ↓13,4...45,9 %, ↓экспрессии HSP70	[68]
Селен-витаминно-содержащий препарат	витаминно-минеральная добавка	1 мг/л	РМ, кросс Шейвер Браун	ЖМ ↑4,4 %, сохранность ↑3,3 %	[70]
Стролитин	добавка на основе L-карнитина	1 мл/л воды, с 1 по 5 день	ЦБ, кросс Cobb	ЖМ ↑6,95 %, затраты корма ↓6,3 %	[71]
Нитамины ОР Актив	комплексный витаминсодержащий препарат (А, D ₃ , Е, С)	1,5 мл/л воды, 2-кратно и 4-кратно; 1,0 мл/л воды, 4-кратно	ЦБ	ЖМ ↑1,98...1,83 %, затраты корма ↓0,4 %, сохранность ↑0,8...1,6 %	[72]
Агрегативноустойчивый витаминно-минеральный комплекс	витаминно-минеральный комплекс на основе наноселена и витаминов	0,1 мл/л воды, с 15 по 20 день	ЦБ, кросс Cobb 500	активность каталазы ↑11,5 %, МДА ↓10 %	[73]

нической форм селена в виде селенита натрия и селенометионина в дозах 0,15 и 0,30 мг/кг корма японским перепелам N. Sahin et al. (2008) наблюдали повышение яйценоскости на 1,9...5,2 %, качества яиц – на 0,1...4,5 %, снижение содержания малонового альдегида в сыворотке на 0,6...15,3 %, печени – на 4,6...9,7 % [63]. В исследованиях, проведенных в 2015 г., также отмечена эффективность селенсодержащих препаратов при тепловом стрессе [64].

Y.W. Zhu et al. (2016) на фоне применения протеината и сульфата марганца бройлерам Arbor Acres в дозе 120 мг/кг корма, отмечали повышение активности MnSOD в сердце в 1,9 раза, в грудных мышцах – в 1,4 раза, а также снижение уровня мРНК HSP70 в

грудных мышцах на 33,6 % [65]. Позже S. Qin et al. (2023) в опытах на клеточной культуре из миокарда эмбриона бройлеров наблюдали повышение экспрессии MnSOD под влиянием экспозиции раствора, содержащего протеинат и хлорид марганца [66].

В целом применение органических форм микро- и макроэлементов оказывает лучшее воздействие и более эффективно, по сравнению с неорганическими солями минералов.

Витамины и витаминоподобные вещества. Помимо минеральных добавок в птицеводстве для снижения последствий теплового стресса применяют витамины и витаминно-минеральные комплексы. Так, в опытах по изучению обмена энергии в организме цыплят-бройле-

ров во время теплового стресса и в условиях прекращения кормления J.S. McKee et al. (1997) наблюдали повышение живой массы птицы под влиянием витамина С на 0,3 % [67]. В исследованиях N. Sahin et al. (2009) отражено положительное воздействие витаминов С и Е в рационе японских перепелов, повышавших яйценоскость на 5...16 %, одновременно снижая уровень кортикостерона на 13,4-45,9 % и интенсивность экспрессии HSP 70 [68]. В результате опытов по изучению влиянию коэнзима Q10 на культуру клеток миокарда цыплят-бройлеров были установлены процессы усиления аутофагии и подавление пути апоптоза PI3K/Akt/mTOR [69].

Витаминно-минеральные добавки. В результате применения селен-витаминсодержащего препарата в дозе 1 мг/л воды для нейтрализации воздействия теплового стресса при перевозке на ремонтный молодняк Шейвер Браун было отмечено увеличение живой массы на 4,4 %, сохранности – на 3,3 % [70].

В 2015 и 2016 гг. были апробированы отечественные добавки на основе L-карнитина – Стролитин и комплексный препарат, содержащий витамины А, D₃, Е и С, – Нитамин ОР Актив. Стролитин в дозе 1 мл/л воды с 1 по 5 день способствовал повышению живой массы птицы на 6,95 % и снижению затрат корма на 6,3 % [71]. Нитамин ОР Актив при добавлении в питьевую воду также способствовал увеличению привеса массы бройлеров на 1,98...1,83 %, сохранности – на 0,8...1,6 %, снижению затрат корма на 0,4 % [72].

Известен способ, базирующийся на применении агрегативно устойчивого витаминно-минерального комплекса на основе селена с размером частиц 20...60 нм. Его использование в смоделированных условиях тепловой нагрузки в дозе 0,1 мл/л воды, с 15 по 20 сутки откорма бройлеров Кобб-500 позволило стимулировать развитие адаптационных механизмов. Регистрировали повышение активности каталазы на 11,5 %, а также более интенсивное снижение уровня МДА на 10 % [73].

Аминокислоты. В рамках исследований по изучению эффективности влияния на стрессируемый организм некоторых аминокислот X. He et al. (2019) испытывали на бройлерах Arbor Acres в качестве кормовой добавки в условиях хронического теплового стресса таурин в дозе 5 г/кг основного рациона (табл. 3). Авторами установлено повышение среднесуточного прироста на 11,3 %, высоты ворсинок – на 5,3 % экспрессии холицистокинина и соматостатина в двенадцатиперстной и подвздошной кишке – соответственно на 2,3 % и 4,5 %, 32,1 % и 15,6 % [74]. Z. Lu et al. установили повышение благополучия бройлеров при введении в рацион таурина, что привело к улучшению характеристик их тушек – повышению массы грудной мышцы на 9,8 %, подавлению деградации белка в грудных мышцах на 73,5 % и снижению жирности на 9,8 % [75]. Еще одна аминокислота, использовавшаяся в качестве кормовой добавки в условиях высокой температурной нагрузки, – глютамин. Его применение в дозе 0,5, 1,0 и 1,5 % к основному рациону бройлеров Arbor Acres привело к росту антиоксидантного статуса организма на 38,4...79,8 %, а также к индукции экспрессии Nrf2-Keap1 [76].

Электролиты. Интересное и перспективное направление смягчения последствий теплового стресса в птицеводстве – применение электролитов. Показана эффективность использования бикарбоната натрия, карбоната натрия и сульфат натрия в рационе цыплят-

бройлеров для нормализации баланса электролитов в крови и повышения продуктивности птицы. При использовании добавок отмечено уменьшение смертности на 6,1...9,1 % и увеличение убойного выхода на 21,0...33,0 % [77].

Органические кислоты. Для профилактики стрессов различной этиологии, с упором на высокую термонагрузку, возможно использование комплексного средства «Климтермо», которое применяют в водорастворимой форме или в виде кормовой добавки. Исследования на цыплятах-бройлерах Авиян 48 при дозах 1 кг/т комбикорма или 1 л/1000 л питьевой воды продемонстрировали повышение живой массы птицы на 2,92...3,52 % и снижение конверсии корма на 2,20...3,13 % [78]. Сохранность и привесы цыплят-бройлеров стимулировало выпаживание препарата Эмидонол (производные янтарной кислоты) с 15 по 20 день и 27 по 33 день в дозе 0,25 мл/л воды. Падеж при этом снизился на 1,04 %, среднесуточный прирост вырос на 7,7 % [79].

В работе Н.В. Явникова (2020) в качестве одной из стратегий для борьбы с тепловым стрессом предложено применение препарата Комплисид, который в дозе 200...500 мл/л воды, задаваемой в течение 3...5 дней, улучшал клиническое состояние птицы [80]. Однокомпонентный препарат содержащий фумаровую кислоту в дозах 5, 10 и 15 г/кг массы тела цыплятам бройлерам кросса Ross 308 повышал живую массу на 8,2...8,8 %, коэффициент эффективности откорма – на 29,7...46,7 % [81].

Препараты бактериальной природы. Так как, при высокой тепловой нагрузке происходят изменения в кишечнике птицы, актуальным становится применение препаратов бактериального происхождения – пробиотиков, синбиотиков и постбиотиков. По данным M. Faseleh Jahromi et al. (2016), добавление в рацион (0,1 %) бройлеров Cobb 500 смеси штаммов *Lactobacillus* – *Lactobacillus pentosus* ITA23 и *Lactobacillus acidophilus* ITA44 повышало среднесуточный прирост на 10,9 %, снизив конверсию корма на 5,3 %, и улучшало жирнокислотный профиль мяса увеличивая соотношения ненасыщенных кислот к насыщенным на 5,3 %, полиненасыщенных к ненасыщенным – на 29,3 % [82].

Для повышения термотолерантности и снижения противовоспалительных процессов применяют пробиотический препарат на основе сенной палочки, введение которого в рацион цыплят-бройлеров на уровне 1×10^6 КОЕ/г смягчало последствия теплового стресса. При этом масса их тела на завершающем этапе откорма была выше контроля на 13,3 %, среднесуточный прирост – на 14,5 %, конверсия корма ниже на 7 %. В группе с использованием кормовой добавки у птицы преобладали поведенческие паттерны, связанные с кормлением. Кроме того, концентрация печеночного IL-6 была ниже на 26,2 %, HSP 70 – на 24,3 % [83].

Применение оригинального постбиотика Diamond V Original XPC™ для повышения стрессоустойчивости бройлеров в дозе 1,25 кг/т корма снизило уровень кортикостерона и соотношение Г/Л в крови бройлеров Ross 708 на 39,2 и 23,5 % соответственно [84].

Применение синбиотика PoultryStar® бройлерам кросса Ross 708 в дозах 0,5 и 1,0 г/кг корма достоверно повышало живую массу на 4,3...8,4 %, снижало уровень HSP 70 в печени – на 65,3...68,4 %, в гипоталамусе – на 53,5...77,4 % [85, 86].

Дрожжи. Особое место в средствах бактериальной происхождения занимают добавки, полученные из

Таблица 3. Средства и кормовые добавки на основе аминокислот, электролитов, органических кислот, водорослей и препаратов бактериальной природы

Средство	Характеристика	Схема применения	Вид птицы	Влияние на организм	Ссылка
Таурин	аминокислота	5 г/кг ОП	ЦБ, кросс Arbor Acres	ССП ↑11,3 %, высота ворсинок ↑5,3 %, экспрессия холицистокинина и соматостатина ↑2,3 % и 4,5 % в двенадцатиперстной кишке, ↑15,6 и 32,1 % в подвздошной кишке	[74]
Таурин	аминокислота	5 г/кг ОП	ЦБ, кросс Arbor Acres	масса грудной мышцы ↑9,8 %, жирность грудки ↑9,8 %, ↓деградации белка в грудных мышцах	[75]
Глютамин	аминокислота	0,5, 1,0, 1,5 % ОП	ЦБ, кросс Arbor Acres	АОС ↑38,4-79,8 %, индукция экспрессии Nrf2-Keap1	[76]
Бикарбонат натрия, карбонат натрия, сульфат натрия	электролиты	NaHCO ₃ (15,15 %), Na ₂ CO ₃ (13,64 %) и Na ₂ SO ₄ (15,15 %)	ЦБ	смертность ↓6,1-9,1 %, убойный выход ↑21,0...33,0 %	[77]
Климтермо	комплекс органических кислот и витамина b6	1 кг/т корма; 1 л/л ³ питьевой воды	ЦБ, кросс Авиан 48	ЖМ ↑2,92...3,52 %, FCR ↓2,20...3,13 %	[78]
Эмидонол	антиоксидант, антигипоксант, производное янтарной кислоты	0,25 мл/л воды, с 15...20 день и 27...33 день	ЦБ	сохранность ↑1,04 %, ССП ↑7,7 %	[79]
Комплисид	комплекс органических кислот	200...500 мл/л воды, 3...5 дней	ПТЦ	улучшение клинического состояния	[80]
Фумаровая кислота	органическая кислота	5, 10, 15 г/кг ЖМ	ЦБ, кросс Ross 308	ЖМ ↑8,2...8,8 %, КЭО ↑29,7...46,7 %	[81]
<i>Lactobacillus pentosus</i> ITA23 и <i>Lactobacillus acidophilus</i> ITA44	пробиотик	0,1 % ОП	ЦБ, кросс Cobb 500	ССП ↑10,9 %, FCR ↓5,3 %, улучшение жирнокислотного профиля мяса	[82]
<i>Bacillus subtilis</i>	пробиотик	OP+1×10 ⁶ КОЕ/г	ЦБ	ЖМ ↑13,3 %, ССП ↑14,5 %, FCR ↓7 %, печеночный IL-6 ↓26,2 %, HSP70 ↓24,3 %	[83]
Diamond V Original XPC™ (CША)	постбиотик	1,25 кг/т ОП	ЦБ, кросс Ross 708	кортикостерон ↓39,2 %, Г/Л ↓23,5 %	[84]
PoultryStar® (CША)	синбиотик	0,5, 1,0 г/кг ОП	ЦБ, кросс Ross 708	ЖМ ↑4,3...8,4 %	[85]
PoultryStar® (CША)	синбиотик	0,5, 1,0 г/кг ОП	ЦБ, кросс Ross 708	HSP70 в печени ↓65,3...68,4 %, HSP70 в гипоталамусе ↓53,5...77,4 %	[86]
Маннанолигосахариды	компонент клеточной стенки дрожжей	1 г/кг ОП	ЦБ, кросс Arbor Acres	ЖМ ↑12,6 %, потери сока ↓6,4 %, МДА ↓24,8, ГПО грудки ↑62,2 %	[87]
β-1,3/1,6-глюкан	компонент клеточной стенки дрожжей	100 г/т и 200 г/т ОП	ЦБ, кросс Ross 308	ЖМ ↑0,9...1,9 %, FCR ↓0,5...1,7 %, потери при варке мяса ↓7,4...14,8 %, уровень фактора некроза опухоли ↓11,5...15,8 %, эшерихии ↓1,4...2,6 %	[88]
Органические дрожжи, обогащенные селеном	кормовая добавка на основе дрожжей	0,4 мг/кг ОП	КН, кросс Хай-Лайн Браун	кортикостерон в плазме ↓35,4 %, ПОЛ ↓45,5 %, интерлейкин-1β ↓39,8 %, фактор некроза опухоли-α ↓19,3 %	[89]
Астаксантин	каротиноид, на основе микроводорослей	10, 20, 40 и 80 мг/кг ОП, 6 недель	Кросс Cornish male, White Leghorn Shavers	изменение экспрессии печеночных генов и производства белка	[90]
<i>Spirulina platensis</i>	сине-зеленые водоросли	0,5, 1, 1,5 % порочка к ОП	ЦБ, кросс Cobb 500	ПОЛ ↓11,4...22,9 %, ЖМ ↑15,6...18,8 %, КЭО ↑30,8...68,4 %	[91]
<i>Spirulina platensis</i>	сине-зеленые водоросли	1...2 г/кг ОП; 1...2 мл/л питьевой воды	ЦБ, кросс Ross 308	ЖМ ↑1,3...3,8 %, МДА ↓2,7...27,9 %, IgM ↑2,0...2,8 раза, IgG ↑11,5...49,6 %	[92]
<i>Spirulina platensis</i>	сине-зеленые водоросли	5, 10, 15, 20 г/л питьевой воды	ЦБ, кросс Caribrovishal	↑клеточного и гуморального иммунитета	[93]
<i>Ascophyllum nodosum</i>	бурые водоросли	1, 2 мл с питьевой водой, 2 % муки с кормом	ЦБ, кросс Ross 308	ЖМ ↑8,3...9,0 %	[94]

дрожжей. По данным Y. Cheng et al. (2018), кормовой маннанолигосахарид в дозе 1 г/кг корма в условиях циклического теплового стресса улучшал показатели роста, окислительный статус мышц и качество мяса бройлеров Arbor Acres. Отмечено увеличение массы

тела на 12,6 %, снижение уровня МДА на 24,8 % и повышение глутатионпероксидазы в грудных мышцах на 62,2 %, а также уменьшение потерь мясного сока на 6,4 % [87]. Под влиянием β-1,3/1,6-глюкана в дозах 100 г/т и 200 г/т корма установлено повышение живой

массы бройлеров Ross 308 на 0,9...1,9 %, снижение конверсии корма на 0,5...1,7 %, потерь при варке мяса – на 7,4...14,8 %, уровня фактора некроза опухоли – на 11,5...15,8 %, улучшение микробиоты кишечника в результате снижения количества эшерихий на 1,4...2,6 % [88].

Влияние дрожжей, обогащенных селеном, на сохранение продуктивности кур-несушек Хай-Лайн Браун и иммунной функции организма доказали в своих экспериментах А.О. Abbas et al. (2022). Кормовая добавка в дозе 0,4 мг/кг корма снижала уровень кортикостерона в плазме на 35,4 %, перекисного окисления липидов – на 45,5 %, интерлейкина-1 β – на 39,8 % и фактора некроза опухоли- α – на 19,3 % [89].

Водоросли. К числу средств природного происхождения, на основе которых готовят кормовые добавки, используемые в птицеводстве при высокой температуре окружающей среды, относят сине-зеленые и бурые водоросли. Скармливание астаксантина – кормовой добавки из микроводорослей – птице Cornish male и White Leghorn Shavers в дозах 10, 20, 40 и 80 мг/кг корма в течение 6 недель привело к изменению экспрессии печеночных генов и производства белка, связанного с окислительно-восстановительным статусом, воспалением и метаболизмом липидов [90].

Сине-зеленые водоросли (*Spirulina platensis*) в работе E.S. Moustafa et al. (2021) смягчали негативное влияние теплового стресса на продуктивность бройлеров и окислительно-восстановительный статус организма. Применение порошка из водорослей в дозах 0,5, 1,0 и 1,5 % к основному рациону бройлеров Cobb 500 снижало интенсивность перекисного окисления липидов на 11,4...22,9 % и повышало продуктивность птицы, в частности конечную живую массу, на 15,6...18,8 %, эффективность окорма – на 30,8-68,4 % [91]. А.М. El-baz et al. (2022) изучили потенциальную роль *Spirulina platensis* в регулировании циклического теплового стресса у цыплят-бройлеров Ross 308. Они установили повышение массы тела опытной птицы под действием кормовой добавки на 1,3...3,8 %, выхода тушек – на 2,7 %. В сыворотке крови отмечали улучшение липидного профиля вследствие снижения холестерина на 5,9...17,7 %, уменьшение МДА на 2,7...27,9 %, повышение IgM в 2,0...2,8 раза и IgG – на 11,5...49,6 % [92]. Выпаивание спирулины с питьевой водой в дозе 5, 10, 15 и 20 г/л бройлерам Caribrovishal повышало их клеточный и гуморальный иммунитет [93]. Применение с питьевой водой и кормом бройлерам кросса Ross 308 бурых водорослей (*Ascomyllum nodosum*) стимулировало прирост живой массы на 8,3...9,0 % [94].

Многокомпонентные средства комплексного действия. Комплексное средство для решения проблемы теплового стресса Провигард, в состав которого входят антиоксиданты, биологически активные вещества, микроэлементы, сахара и буферные смеси, предлагается в работе Ю. Маркина с соавт. (2011). Его введении в рацион цыплят-бройлеров СК Русь в дозе 6...5 кг/т корма увеличивало сохранность стада на 7,4 % (табл. 4) [95]. Ведущие ученые П. Сурай и В. И. Фисинин (2012) разработали концепции инновационного подхода к решению проблемы стрессов в птицеводстве, направленную на активацию генетического потенциала организации птицы. В рамках ее реализации предложен препарат Меджик Антистресс Микс, в состав которого входят бетаин, витамины, карнитин, микроэлементы, минералы, осмогены, применение которого обеспечивает повышение продуктивности, сохранности и

клинического состояния птицы [50]. Его использование с питьевой водой на ремонтном молодняке и курах несушках Хай-Лайн Браун позволило повысить массу тела на 2,17...5,15 %, конверсию корма – на 3,87 %, рентабельность производства инкубационного яйца – на 4,18...9,67 % [96].

За 7 дней применения препарата Либекрин, в состав которого входит лизин, метионин, цинк, лимонная кислота, хлориды, бетаин, фумаровая, янтарная кислоты, сорбит, пропиленгликоль, с водой в дозе 0,5 мл/л отмечено повышение яичной продуктивности птицы на 1,0 % [97]. В 2022 г. в серии опытов с комплексным средством СПАО-HS, которое содержит цитрат лития, аскорбиновую и янтарную кислоты, бутафосфан, L-карнитин, глюкозу, метионин, хлорид калия, бетаин, ацетилсалициловую кислоту, экстракт эвкалипта и пропиленгликоль, на бройлерах кросса Ross 308 масса цыплят выросла на 4,64 %, сохранность – на 5,63 %, валовой привес – на 9,44 %, среднесуточный привес – на 10,13 %, индекс продуктивности – на 16,95 %, выход мяса – на 1,23 %, выход мяса 1 сорта – на 22,27 %, конверсия корма снизилась на 2,6 % [98].

Средства и кормовые добавки из разных групп по действию. Иммуномодулирующие свойства интерферона были успешно реализованы на цыплятах-бройлерах R.W. Fulton et al. (1993). Ежедневное выпаивание человеческого альфа-интерферона птице в дозах 0,01, 0,1, 1,0 МЕ/мл питьевой воды обеспечивало выживание цыплят, а также улучшение соотношения привеса и потребления корма [99]. При высокой тепловой нагрузке в птицеводстве возможно применение глюкозы как источника дополнительной энергии для метаболизма, позволяющего повысить выводимость цыплят, рост и сохранность птицы [100].

Добавление гуанидиноуксусной кислоты в дозе 0,6 и 1,2 г/кг корма бройлерам кросса Ross 308 улучшало конверсию корма, повышало сохранность поголовья. Гуанидиноуксусная кислота снижала соотношение корма к приросту, по сравнению с контролем, на 2,2 %, смертность – до 5,0 %, повышала уровень аргинина в плазме на 18,3...30,8 % [101]. В другом эксперименте ее добавление в дозе 0,6 г/кг корма смягчало гистоморфологические изменения в тонком кишечнике и дисфункцию слизистой оболочки тощей кишки [102].

Введение в питьевую воду бройлерам кросса Cobb добавки отечественного производства Бутафан ОР, действующими веществами которого служат бутафосфан и цианокобаламин, в дозе 2 мл/л воды стимулировало прирост живой массы на 5,02 % и снижало затраты корма на 5,2 % [71]. По данным Н.В. Явникова (2020), водорастворимое средство Бутацифол, в составе которого присутствуют бутафосфан, цианокобаламин и фолиевая кислота, выпаиваемое птице в течение 4...5 дней в дозе 0,5...3,0 л/1000 л воды, стимулировало регенеративные процессы и увеличение продуктивности [80].

Олигосахарид хитозан показал себя эффективным и перспективным средством для поддержания показателей роста и повышения качества мяса у желтоперых бройлеров в условиях теплового стресса. Использование этого природного щелочного полимера глюкозамином в дозе 200 мг/кг корма повышало привес на 13,7 % и снижало потери при варке мяса на 4,2 % [103].

Введение в рацион японских перепелов полиненасыщенных жирных кислот в дозе 15 и 45 % от общего содержания жира в рационе улучшало качество мяса [24]. На фоне применения альфа-липовой кислоты

Таблица 4. **Фармакологические средства и кормовые добавки комплексного действия и из разных групп**

Средство	Характеристика	Схема применения	Вид птицы	Влияние на организм	Ссылка
Провигард	многокомпонентное средство комплексного действия	5 кг/т ОР	ЦБ, кросс СК-Русь 6	сохранность ↑7,4 %	[95]
Меджик Антистресс Микс	многокомпонентное средство комплексного действия	100 г/100 л воды	РМ, КН кросс Хай-Лайн Браун	ЖМ ↑2,17...5,15 %, FCR ↓3,87 %, рентабельность производства инкубационного яйца ↑4,18...9,67 %	[96]
Либекрин	многокомпонентное средство комплексного действия	0,5 мл/л воды, 7 дней	КН	яичная продуктивность ↑1 %	[97]
СПАО-НС	многокомпонентное средство комплексного действия	многоступенчатое применение водорастворимого фармакологического комплекса, коррекции рациона и введение фитобиотиков	ЦБ, кросс Ross 308	ЖМ ↑4,64 %, сохранность ↑5,63 %, валовый привес ↑9,44 %, ССП ↑10,13 %, КЭО ↑16,95 %, выход мяса ↑1,23 %, выход мяса 1 сорта ↑22,27 %, FCR ↓2,6 %	[98]
Человеческий альфа-интерферон	иммуномодулятор	0,01, 0,1, 1,0 МЕ/мл питьевой воды, ежедневно	ЦБ	выживаемость птиц ↑5,0 %, аргинин в плазме ↑18,3...30,8 %	[99]
Гуанидинуксусная кислота	эндогенное вещество для синтеза креатина	0,6, 1,2 г/кг ОР	ЦБ, кросс Ross 308	↓FCR, ↑сохранности, сохранение аргинина	[101]
Гуанидинуксусная кислота	эндогенное вещество для синтеза креатина	0,6 г/кг ОР	ЦБ	смягчение гистоморфологических изменений тонкой кишки и дисфункции слизистой оболочки тощей кишки	[102]
Бутофан ОР	комплексная добавка для стимуляции метаболизма	2 мл/л воды, 7...11 день	ЦБ, кросс Cobb	ЖМ ↑5,02 %, затраты корма ↓5,2 %	[71]
Бутацифол	комплексная добавка для стимуляции метаболизма	0,5...3,0 л/1000 л воды, 4...5 дней	ПТЦ	↑продуктивности	[80]
Олигосахарид хитозана	природный щелочной полимер глюкозамина	200 мг/кг ОР	желтоперые бройлеры	ССП ↑13,7 %, потери при варке мяса ↓4,2 %	[100]
Полиненасыщенные жирные кислоты	поддержка метаболизма	15, 45 % от общего содержания жира в рационе	японские перепела	↑качества мяса	[103]
Альфа-липоевая кислота	кофермент в метаболизме глюкозы, антиоксидант	500 мг/кг корма	ЦБ, кросс Cobb 500	улучшение экспрессии генов теплового шока, плотных контактов эпителия кишечника, антиоксидантов и генов, связанных с иммунной системой	[104]
ПРОАКТИВ ПОУЛТРИ, (Франция)	комплекс эфирных масел и органических кислот	1 кг/т корма, 2 недели	КН, кросс Ломанн Браун	уровень загрязненности яиц ↓4,3...16,1 %, ↑продуктивности	[105]
ПАРАТЕРМ	ацетилсалициловая кислота	70 мг/кг ЖМ, 5 суток до убоя	ЦБ	сохранность ↑1,6 %, падеж при транспортировке ↓6,6 раз	[106]

– кофермента в метаболизме глюкозы и антиоксиданта – в дозе 500 мг/кг корма отмечали улучшение экспрессии генов теплового шока, плотных контактов эпителия кишечника, антиоксидантов и генов, связанных с иммунной системой, у бройлеров Cobb 500 [104].

Применение добавки «ПРОАКТИВ ПОУЛТРИ» (Франция), в состав которой входят масло орегано, фумаровая, сорбиновая, DL-яблочная и лимонная кислоты, 1 кг/т корма курам-несушкам Ломанн Браун, в течение 2 недель способствовало снижению загрязненности яиц на 4,3...16,1 % и повышению сохранности поголовья на 17,6 % [105]. Применение препарата ПАРАТЕРМ на основе ацетилсалициловой кислоты цыплятам-бройлерам в условиях теплового стресса в дозе 70 мг/кг массы тела в течение 5 суток до убоя повышало сохранность поголовья на 1,6 % и снижала падеж при транспортировке в 6,6 раз [106].

Выводы. В отечественной и зарубежной практике для профилактики теплового стресса в птицеводстве

широко применяют кормовые добавки и препараты разных фармакологических групп. Значительная часть из них приходится на фитогенные биологически активные вещества, введение которых в рацион оправдано натуральным происхождением и достаточно мягким действием на организм. Нарушение обменных процессов в организме можно скорректировать различными витаминно-минеральными комплексами, аминокислотами и специализированными препаратами. Изменение микробиоты и снижение иммунных функций корректируется введением пробиотиков, синбиотиков, постбиотиков и иммуномодуляторов. Оксидативный стресс, развивающийся на фоне термонагрузки купируют фармацевтические средства, обладающие антиоксидантным действием. Для снижения респираторных патологий, активации дыхательного и сосудодвигательного центров продолговатого мозга применяют эфирные масла.

Многие комплексные средства применяемые для

профилактики развития тепловых стрессов в птицеводстве представлены зарубежными производителями, применение которых в условиях санкционного давления должно быть снижено до минимальных значений. Поэтому отечественным фармацевтическим компаниям необходимо взять курс на разработку и

использование кормовых добавок и фармакологических средств, созданных из отечественного сырья и на российском оборудовании, что в свою очередь снизит как затраты на производство препаратов и добавок, так и в конечном итоге себестоимость продукции птицеводства.

Литература

1. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы яичного направления продуктивности (обзор) / В. С. Буряков, Я. С. Ройтер, А. Ш. Кавтарашвили и др. // Вестник аграрной науки. 2019. № 4 (79). С. 46–55. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.4.46.
2. Бурдашкина В. Н., Дарьин А. И. Продуктивность цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» в условиях промышленной технологии // Нива Поволжья. 2018. № 3 (48). С. 90–96.
3. Буряков В. С. Эффективность современных технологий производства мяса бройлеров // Биология в сельском хозяйстве. 2020. № 1 (26). С. 15–21.
4. Морфофункциональное состояние надпочечников цыплят-бройлеров при различных способах содержания / С. В. Козлова, К. А. Сидорова, Н. А. Татарникова и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 134. С. 1106–1116. doi: 10.21515/1990-4665-134-090.
5. Фисинин В. И., Журавель Н. А., Мифтахутдинов А. В. Методология определения эффективности внедрения новых ветеринарных методов и средств в птицеводстве // Ветеринария. 2018. № 6. С. 14–20.
6. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение I. Опасность, физиологические изменения в организме, признаки и проявления // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 162–171. doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.162rus.
7. Growth performance, duodenal morphology and the caecal microbial population in female broiler chickens fed glycine-fortified low protein diets under heat stress conditions / E. A. Awad, Z. Idrus, A. Soleimani Farjam, et al. // Br Poult Sci. 2018. Vol. 59. No. 3. P. 340–348. doi: 10.1080/00071668.2018.1440377.
8. Farag M. R., Alagawany M. Physiological alterations of poultry to the high environmental temperature // J. Therm. Biol. 2018. Vol. 76. P. 101–106. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.07.012.
9. Quantitative histo-morphometric analysis of heat-stress-related damage in the small intestines of broiler chickens / R. R. Santos, A. Awati, P. J. Roubos-van den Hil, et al. // Avian Pathol. 2015. Vol. 44. No. 1. P. 19–22. doi: 10.1080/03079457.2014.988122.
10. Surai P. F., Fotina T. I. Physiological mechanisms of stress development in poultry industry // Animal Breeding Today. 2013. Vol. 6. P. 54–60.
11. Assessing and mitigating the impact of heat stress in poultry / S. S. Pawar, S. Basavaraj, L. V. Dhansing, et al. // Adv. Anim. Vet. Sci. 2016. Vol. 4. P. 332–341.
12. Особенности морфофункционального состояния систем организма продуктивных птиц в условиях Северного Зауралья / К. А. Сидорова, Е. П. Краснолобова, С. А. Веремеева и др. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2022. 178 с.
13. Тепловой стресс: теория и практика / Ю. В. Маркин, Д. Н. Спиридонов, В. К. Зевакова и др. // Комбикорма. 2011. № 4. С. 59–60.
14. Localization and expression of Hsp27 and α B-crystallin in rat primary myocardial cells during heat stress in vitro / S. Tang, R. Buriro, Z. Liu, et al. // PLoS One. 2013. Vol. 8. No. 7. Article e69066. doi: 10.1371/journal.pone.0069066.
15. Effect of HEMADO on level of CK-MB and LDH enzymes after ischemia/reperfusion injury in isolated rat heart / M. Amani, S. Jeddi, N. Ahmadiasl, et al. // Bioimpacts. 2013. Vol. 3. No. 2. P. 101–104. doi: 10.5681/bi.2013.003.
16. Сарсадских А. А., Ровира К. М. Стратегия кормления при борьбе с тепловым стрессом // Птицеводство. 2015. № 8. С. 37–39.
17. iTRAQ-based quantitative proteomics analysis of the spleen reveals innate immunity and cell death pathways associated with heat stress in broilers (*Gallus gallus*) / D. Ma, Q. Liu, M. Zhang, et al. // J Proteomics. 2019. Vol. 196. P. 11–21. doi: 10.1016/j.jprot.2019.01.012.
18. Protective effect of manganese on apoptosis and mitochondrial function of heat-stressed primary chick embryonic myocardial cells / R. Wang, Z. Shi, J. Li, et al. // Biol Trace Elem Res. 2022. Vol. 200. No. 10. P. 4419–4429. doi: 10.1007/s12011-021-03016-2.
19. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 4. С. 431–443. doi: 10.15389/agrobiology.2015.4.431rus.
20. Фисинин В. И. История птицеводства российского. М.: Хлебпродинформ, 2014. Т. 1. 348 с.
21. Фисинин В. И. История птицеводства российского. М.: Хлебпродинформ, 2016. Т. 2. 541 с.
22. Фисинин В. И. Всемирная научная ассоциация по птицеводству. Участие ученых СССР и России в ее деятельности: монография. М.: Лука, 2022. 751 с.
23. The effect of genistein supplementation on performance and antioxidant status of Japanese quail under heat stress / M. Onderci, K. Sahin, N. Sahin, et al. // Arch Anim Nutr. 2004. Vol. 58. No. 6. P. 463–471. doi: 10.1080/00039420400020017.
24. Influence of dietary genistein and polyunsaturated fatty acids on lipid peroxidation and fatty acid composition of meat in quail exposed to heat stress / C. Orhan, N. Sahin, K. Sahin, et al. // Trop Anim Health Prod. 2021. Vol. 53. Article 494. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-021-02933-7> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1007/s11250-021-02933-7.
25. Epigallocatechin-3-gallate supplementation can improve antioxidant status in stressed quail / M. Tuzcu, N. Sahin, M. Karatepe, et al. // Br Poult Sci. 2008. Vol. 49. No. 5. P. 643–648. doi: 10.1080/00071660802298336.
26. Торшков А. А. Влияние арабиногалактана на продуктивные качества цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 3 (27). С. 203–205.
27. Способ коррекции процессов перекисидации в условиях теплового стресса / В. А. Доровских, Н. В. Симонова, О. Н. Лу и др. // Патент РФ № 2612012, 01.03.2017.
28. Dietary supplementation of *Zingiber officinale* and *Zingiber zerumbet* to heat-stressed broiler chickens and its effect on heat shock protein 70 expression, blood parameters and body temperature / S. R. Hasheimi, I. Zulkifli, M. N. Somchit, et al. // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2013. Vol. 97. No. 4. P. 632–638. doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01302.x.
29. Khosravinia H. Effects of *Satureja khuzistanica* essential oils in drinking water on mortality, production performance, water intake, and organ weights in broiler chickens reared under heat stress condition // Int J Biometeorol. 2015. Vol. 59. No. 11. P. 1711–1719. doi: 10.1007/s00484-015-0979-9.
30. Akhavan-Salamat H., Ghasemi H. A. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: Dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status // Trop Anim Health Prod. 2016. Vol. 48. No. 1. P. 181–188. doi: 10.1007/s11250-015-0941-1.

31. Apple peel waste as a natural antioxidant for heat-stressed broiler chickens / Z. Heidarifar, G. Sadeghi, A. Karimi, et al. // *Trop Anim Health Prod.* 2016. Vol. 48. No. 4. P. 831–835. doi: 10.1007/s11250-016-1001-1.
32. Lycopene activates antioxidant enzymes and nuclear transcription factor systems in heat-stressed broilers / K. Sahin, C. Orhan, M. Tuzcu, et al. // *Poult. Sci.* 2016. Vol. 95. P. 1088–1095.
33. Hosseini-Vashan S. J., Golian A., Yaghobfar A. Growth, immune, antioxidant, and bone responses of heat stress-exposed broilers fed diets supplemented with tomato pomace // *Int J Biometeorol.* 2016. Vol. 60. No. 8. P. 1183–1192. doi: 10.1007/s00484-015-1112-9.
34. Resveratrol beneficially affects meat quality of heat-stressed broilers which is associated with changes in muscle antioxidant status / C. Zhang, X. Zhao, L. Wang, et al. // *Anim Sci J.* 2017. Vol. 88. No. 10. P. 1569–1574. doi: 10.1111/asj.12812.
35. Resveratrol attenuates heat stress-induced impairment of meat quality in broilers by regulating the Nrf2 signaling pathway / Y. Zhao, Z. Li, X. Wang, et al. // *Animals (Basel).* 2022. Vol. 12. No. 15. Article 1889. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/15/1889> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.3390/ani12151889.
36. *Artemisia annua* as phytochemical feed additive in the diet of broilers (14–35 days) reared under heat stress (32 °C) / M. Saracila, R. Criste, T. Panaite, et al. // *Brazilian Journal of Poultry Science.* 2018. Vol. 20. P. 825–832. doi: 0.1590/1806-9061-2018-0772.
37. Alleviation of heat stress by a polyherbal formulation, Phytocee™: Impact on zootechnical parameters, cloacal temperature, and stress markers / R. Selvam, S. Suresh, M. Saravanakumar, et al. // *Pharmacognosy Res.* 2018. Vol. 10. No. 1. P. 1–8. URL: <https://www.phcogres.com/article/2018/10/1/104103prpr13817> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.4103/pr.pr_138_17.
38. Effects of herbal adaptogen feed-additive on growth performance, carcass parameters, and muscle amino acid profile in heat-stressed modern broilers / E. S. Greene, C. Maynard, C. M. Owens, et al. // *Front Physiol.* 2021. Vol. 12. P. 784952–784964. doi: 10.3389/fphys.2021.784952.
39. Zhao J. S., Deng W., Liu H. W. Effects of chlorogenic acid-enriched extract from *Eucommia ulmoides* leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers // *Poult Sci.* 2019. Vol. 98. No. 7. P. 3040–3049. doi: 10.3382/ps/pez081.
40. Горец птичий как источник витамина С в рационе цыплят-бройлеров при тепловом стрессе / А. И. Алакаева, Р. Р. Ахмедханова, С. С. Мусакаева и др. // *Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Махачкала, 18 февраля 2021 года. Махачкала: Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, 2021. С. 99–103.*
41. Mohammadi F. Effect of different levels of clove (*Syzygium aromaticum* L.) essential oil on growth performance and oxidative/nitrosative stress biomarkers in broilers under heat stress // *Trop Anim Health Prod.* 2021. Vol. 53. Article 84. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-020-02517-x> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1007/s11250-020-02517-x.
42. Dietary supplementation of dried plum: a novel strategy to mitigate heat stress in broiler chickens / S. Wasti, N. Sah, A. Singh, et al. // *J Animal Sci Biotechnol.* 2021. Vol. 12. Article 58. URL: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-021-00571-5> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1186/s40104-021-00571-5.
43. Кашковская Л. М., Новикова С. В., Зубарев В. Н. Кормовая добавка Минтов для стимуляции метаболизма и повышения резистентности у сельскохозяйственной птицы // *Ветеринария.* 2021. № 5. С. 60–64. doi: 10.30896/0042-4846.2021.24.5.60-64.
44. Effects of dietary *Macleaya cordata* extract on growth performance, biochemical indices, and intestinal microbiota of yellow-feathered broilers subjected to chronic heat stress / M. Wang, J. Zhang, X. Huang, et al. // *Animals (Basel).* 2022. Vol. 12. No. 17. Article 2197. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/17/2197> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.3390/ani12172197.
45. Effects of garlic and lemon essential oils on performance, digestibility, plasma metabolite, and intestinal health in broilers under environmental heat stress / A. M. Elbaz, E. S. Ashmawy, A. A. Salama, et al. // *BMC Vet Res.* 2022. Vol. 18. Article 430. URL: <https://bmcbvres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-022-03530-y> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1186/s12917-022-03530-y.
46. Meat quality of Sasso T44 and Koekoek cockerels exposed to temperature variation with supplementary coriander seed powder / W. Kiros, A. Negassi, D. Solomon, et al. // *Trop Anim Health Prod.* 2022. Vol. 54. No. 6. Article 402. URL: <https://europepmc.org/article/med/36434364> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1007/s11250-022-03404-3.
47. Mirsaidi F. M., Hosseini S. A. Effects of dietary stinging nettle (*Urtica dioica*) on hormone stress and selected serum biochemical parameters of broilers subjected to chronic heat stress // *Vet Med Sci.* 2022. Vol. 8. No. 2. P. 660–667. doi: 10.1002/vms3.721.
48. Способ коррекции антиоксидантного статуса в условиях теплового воздействия на организм / Н. В. Симонова, В. А. Доровских, Е. Ю. Юртаева и др. // *Патент РФ № 2661601, 17.07.2018.*
49. Литовченко Е. А., Коршунова Н. В. Способ коррекции организма крыс к холодному и тепловому воздействию // *Патент РФ № 2646635, 06.03.2018.*
50. Сурай П., Фисунин В. И. Современные методы борьбы со стрессами в птицеводстве: от антиоксидантов к витагенам // *Сельскохозяйственная биология.* 2012. Т. 47. № 4. С. 3–13.
51. Сидорова К. А., Козлова С. В. Основы формирования пищевой ценности печени куриной // *Агропродовольственная политика России.* 2015. № 8. С. 70–72.
52. Егоров И., Демидова О. Природная добавка в рационах кур-несушек // *Комбикорма.* 2007. № 8. С. 77–79.
53. Dietary betaine improves meat quality and oxidative status of broilers under heat stress / C. Wen, Y. Chen, Z. Leng, et al. // *J Sci Food Agric.* 2019. Vol. 99. No. 2. P. 620–623. doi: 10.1002/jsfa.9223.
54. Magnesium-aspartate-hydrochloride reduces weight loss in heat-stressed laying hens / D. J. Donoghue, W. F. Krueger, A. M. Donoghue, et al. // *Poult Sci.* 1990. Vol. 69. No. 11. P. 1862–1868. doi: 10.3382/ps.0691862.
55. Chromium picolinate, rather than biotin, alleviates performance and metabolic parameters in heat-stressed quail / N. Sahin, K. Sahin, M. Onderci, et al. // *Br Poult Sci.* 2005. Vol. 46. No. 4. P. 457–463. doi: 10.1080/00071660500190918.
56. Effects of supplemental chromium propionate on serum lipids, carcass traits, and meat quality of heat-stressed broilers / F. Xiao, D. Ao, B. Zhou, et al. // *Biol Trace Elem Res.* 2017. Vol. 176. No. 2. P. 401–406. doi: 10.1007/s12011-016-0852-7.
57. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail / K. Sahin, M. O. Smith, M. Onderci, et al. // *Poult Sci.* 2005. Vol. 84. No. 6. P. 882–887. doi: 10.1093/ps/84.6.882.
58. Impact of maternal heat stress in conjunction with dietary zinc supplementation on hatchability, embryonic development, and growth performance in offspring broilers / Y. W. Zhu, W. X. Li, L. Lu, et al. // *Poult Sci.* 2017. Vol. 96. No. 7. P. 2351–2359. doi: 10.3382/ps/pew481.
59. Effects of zinc oxide nanoparticles on growth performance and concentrations of malondialdehyde, zinc in tissues, and corticosterone in broiler chickens under heat stress conditions / S. K. Ramiah, E. A. Awad, S. Mookiah, et al. // *Poult Sci.* 2019. Vol. 98. No. 9. P. 3828–3838. doi: 10.3382/ps/pez093.
60. Effects of zinc oxide nanoparticles on regulatory appetite and heat stress protein genes in broiler chickens subjected to

- heat stress / S. K. Ramiah, E. Atta Awad, N. I. M. Hemly, et al. // *J Anim Sci.* 2020. Vol. 98. No. 10. Article skaa 300. URL: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/10/skaa300/5906578?redirectedFrom=fulltext> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1093/jas/skaa300.
61. Evaluation of an innovative Zn source on feed efficiency, growth performance, skin and bone quality of broilers suffering heat stress / M. Zaghari, H. Mehrvarz, H. Hajati, et al. // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 12. No. 23. Article 3272. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/23/3272> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.3390/ani12233272.
62. Zinc alleviates the heat stress of primary cultured hepatocytes of broiler embryos via enhancing the antioxidant ability and attenuating the heat shock responses / T. Li, W. He, X. Liao, et al. // *Anim Nutr.* 2021. Vol. 7. No. 3. P. 621–630. doi: 10.1016/j.aninu.2021.01.003.
63. Supplementation with organic or inorganic selenium in heat-distressed quail / N. Sahin, M. Onderci, K. Sahin, et al. // *Biol Trace Elem Res.* 2008. Vol. 122. No. 3. P. 229–237. doi: 10.1007/s12011-007-8075-6.
64. Selenium as a feed supplement for heat-stressed poultry: A review // M. Habibian, G. Sadeghi, S. Ghazi, et al. // *Biol Trace Elem Res.* 2015. Vol. 165. No. 2. P. 183–193. doi: 10.1007/s12011-015-0275-x.
65. Effect of dietary manganese on antioxidant status and expressions of heat shock proteins and factors in tissues of laying broiler breeders under normal and high environmental temperatures / Y. W. Zhu, L. Lu, W. X. Li, et al. // *Br J Nutr.* 2016. Vol. 116. No. 11. P. 1851–1860. doi: 10.1017/S0007114516003822.
66. Manganese alleviates heat stress of primary cultured chick embryonic myocardial cells via enhancing manganese superoxide dismutase expression and attenuating heat shock response / S. Qin, L. Huang, L. Lu, et al. // *J Therm Biol.* 2023. Vol. 112. Article 103440. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456522002546> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103440.
67. McKee J. S., Harrison P. C., Riskowski G. L. Effects of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal // *Poult Sci.* 1997. Vol. 76. No. 9. P. 1278–1286. doi: 10.1093/ps/76.9.1278.
68. The effects of vitamin C and E supplementation on heat shock protein 70 response of ovary and brain in heat-stressed quail / N. Sahin, M. Tuzcu, C. Orhan, et al. // *Br Poult Sci.* 2009. Vol. 50. No. 2. P. 259–265. doi: 10.1080/00071660902758981.
69. Co-enzyme Q10 protects primary chicken myocardial cells from heat stress by upregulating autophagy and suppressing the PI3K/AKT/mTOR pathway / J. Xu, B. Huang, S. Tang, et al. // *Cell Stress Chaperones.* 2019. Vol. 24. No. 6. P. 1067–1078. doi: 10.1007/s12192-019-01029-4.
70. Михайлов М. В., Абилов Б. Т., Серов А. В. Способ коррекции естественной резистентности и повышения продуктивности при стрессе у птицы // Патент РФ № 2569560, 27.11.2015.
71. Повышение продуктивности и сохранности бройлеров при использовании препаратов Стролитин и Бутофан OR / Т. М. Околелова, Р. Ш. Мансуров, Л. В. Кривопишина и др. // *Птицеводство.* 2015. № 2. С. 21–24.
72. Околелова Т. М. Российский препарат подтвердил эффективность в Бразилии // *Птицеводство.* 2016. № 1. С. 25–28.
73. Морфологический и биохимический состав крови цыплят-бройлеров при введении в рацион разработанного агрегативноустойчивого витаминно-минерального комплекса на основе селена в условиях смоделированного теплового стресса / В. А. Оробец, Е. А. Соколова, Е. С. Кастарнова и др. // *Ветеринария Кубани.* 2020. № 2. С. 24–26. doi: 10.33861/2071-8020-2020-2-24-26.
74. Effects of dietary taurine supplementation on growth performance, jejunal morphology, appetite-related hormones, and genes expression in broilers subjected to chronic heat stress / X. He, Z. Lu, B. Ma, et al. // *Poult Sci.* 2019. Vol. 98. No. 7. P. 2719–2728. doi: 10.3382/ps/pez054.
75. The alleviative effects and related mechanisms of taurine supplementation on growth performance and carcass characteristics in broilers exposed to chronic heat stress / Z. Lu, X. F. He, B. B. Ma, et al. // *Poult Sci.* 2019. Vol. 98. No. 2. P. 878–886. doi: 10.3382/ps/pey433.
76. Glutamine improves heat stress-induced oxidative damage in the broiler thigh muscle by activating the nuclear factor erythroid 2-related 2/Kelch-like ECH-associated protein 1 signaling pathway / H. Hu, S. Dai, J. Li, et al. // *Poult Sci.* 2020. Vol. 99. No. 3. P. 1454–1461. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.001.
77. Effect of different non-chloride sodium sources on the performance of heat-stressed broiler chickens / T. Ahmad, T. Mushtaq, Mahr-Un-Nisa, et al. // *Br Poult Sci.* 2006. Vol. 47. No. 3. P. 249–256. doi: 10.1080/00071660600753342.
78. Андрианова Е. Н. Профилактика стрессов различной этиологии в кормлении птицы // *Птицеводство.* 2016. № 9. С. 36–39.
79. Способ купирования теплового стресса кур / С. В. Енгашев, С. Б. Германов, В. И. Мельниченко и др. // Патент РФ № 2602199, 10.11.2016.
80. Явников Н. В. Стратегия борьбы с тепловым стрессом в птицеводстве. *Аграрная наука.* 2020. № 6. С. 25–28. doi: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-25-28.
81. Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance, blood hematological and biochemical profile of broiler chickens exposed to chronic heat stress / J. Ding, S. He, Y. Xiong, et al. // *Brazilian Journal of Poultry Science.* 2020. Vol. 22. No. 1. doi: 10.1590/1806-9061-2019-1147.
82. Dietary supplementation of a mixture of Lactobacillus strains enhances performance of broiler chickens raised under heat stress conditions / M. Faseleh Jahromi, Y. Wesam Altaher, P. Shokryazdan, et al. // *Int J Biometeorol.* 2016. Vol. 60. No. 7. P. 1099–1100. doi: 10.1007/s00484-015-1103-x.
83. Supplementation of Bacillus subtilis-based probiotic reduces heat stress-related behaviors and inflammatory response in broiler chickens / W. C. Wang, F. F. Yan, J. Y. Hu, et al. // *J Anim Sci.* 2018. Vol. 96. No. 5. P. 1654–1666. doi: 10.1093/jas/sky092.
84. Utilizing original XPC™ in feed to reduce stress susceptibility of broilers / P. T. Price, J. A. Byrd, C. Z. Alvarado, et al. // *Poult Sci.* 2018. Vol. 97. No. 3. P. 855–859. doi: 10.3382/ps/pex386.
85. Effect of dietary symbiotic supplement on behavioral patterns and growth performance of broiler chickens reared under heat stress / A. A. Mohammed, J. A. Jacobs, G. R. Murugesan, et al. // *Poult Sci.* 2018. Vol. 97. No. 4. P. 1101–1108. doi: 10.3382/ps/pex421.
86. Effect of symbiotics on thyroid hormones, intestinal histomorphology, and heat shock protein 70 expression in broiler chickens reared under cyclic heat stress / S. Jiang, A. A. Mohammed, J. A. Jacobs, et al. // *Poult Sci.* 2020. Vol. 99. No. 1. P. 142–150. doi: 10.3382/ps/pez571.
87. Dietary mannan oligosaccharide improves growth performance, muscle oxidative status, and meat quality in broilers under cyclic heat stress / Y. Cheng, M. Du, Q. Xu, et al. // *J Therm Biol.* 2018. Vol. 75. P. 106–111. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.06.002.
88. Effect of dietary β -1,3-glucan supplementation and heat stress on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, organ weight, ileum microbiota, and immunity in broilers / S. Zhang, J. Ou, Z. Luo, et al. // *Poult Sci.* 2020. Vol. 99. No. 10. P. 4969–4977. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.036.
89. Effect of organic selenium-enriched yeast on relieving the deterioration of layer performance, immune function, and physi-

ological indicators induced by heat stress / A. O. Abbas, A. A. Alaql, G. M. K. Mehaisen, et al. // *Front Vet Sci.* 2022. Vol. 9. Article 880790. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2022.880790/full> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.3389/fvets.2022.880790.

90. Dietary supplemental microalgal astaxanthin modulates molecular profiles of stress, inflammation, and lipid metabolism in broiler chickens and laying hens under high ambient temperatures / S. A. Tolba, A. D. Magnuson, T. Sun, et al. // *Poult Sci.* 2020. Vol. 99. No. 10. P. 4853–4860. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.022.

91. Blue-green algae (*Spirulina platensis*) alleviates the negative impact of heat stress on broiler production performance and redox status / E. S. Moustafa, W. F. Alsanie, A. Gaber, et al. // *Animals (Basel)*. 2021. Vol. 11. No. 5. Article 1243. doi: 10.3390/ani11051243.

92. Potential ameliorative role of *Spirulina platensis* in powdered or extract forms against cyclic heat stress in broiler chickens / A. M. Elbaz, A. M. H. Ahmed, A. Abdel-Maqoud, et al. // *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022. Vol. 30. P. 45578–45588. doi: 10.1007/s11356-022-19115-z.

93. Effects of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a drinking water supplement during cyclical chronic heat stress on broiler chickens: Assessing algal composition, production, stress, health and immune-biochemical indices / G. Kolluri, G. Marappan, A. S. Yadav, et al. // *J Therm Biol.* 2022. Vol. 103. Article 103100. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456521002680> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.103100.

94. 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 // *Poult Sci.* 2022. Vol. 101. No. 12. Article 102215. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122005119> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1016/j.psj.2022.102215.

95. Тепловой стресс: теория и практика / Ю. Маркин, Д. Спиридонов, В. Зевакова и др. // *Комбикорма*. 2011. № 4. С. 59–60.

96. Латыпова Е. Н., Шацких Е. В. Воспроизводительные качества птицы родительского стада яичного кросса при применении «Витаминоацета» и «Меджик Антистресс Микса» // *Главный зоотехник*. 2014. № 4. С. 36–40.

97. Мелихов С. В., Мелихова М. С., Позднякова Т. Н. Лечебно-профилактическое средство для сельскохозяйственных животных и птиц «Либекрин» // *Патент РФ № 2513557*, 20.04.2014.

98. Способ повышения эффективности промышленного выращивания цыплят-бройлеров / А. В. Мифтахутдинов, Э. Р. Сайфулмулюков, Е. А. Ноговицина и др. // *Патент РФ № 2785659*, 12.12.2022.

99. The use of interferon modulates the negative effects of heat stress on poultry production / R. W. Fulton, R. G. Teeter, J. M. Cummins, et al. // *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*. 1993. Vol. 41. No. 3–4. P. 209–212.

100. Impact of glucose to mitigate the heat stress in broiler chickens / Q. Ali, U. Farooq, P. Akhtar, et al. // *PSM Biol. Res.* 2019. Vol. 4. No. 4. P. 144–153.

101. Guanidinoacetic acid supplementation improves feed conversion in broilers subjected to heat stress associated with muscle creatine loading and arginine sparing / M. Majeduddin, U. Braun, A. Lemme, et al. // *Poult Sci.* 2020. Vol. 99. No. 9. P. 4442–4453. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.023.

102. Guanidinoacetic acid supplementation improves intestinal morphology, mucosal barrier function of broilers subjected to chronic heat stress / X. Y. Peng, T. Xing, J. L. Li, et al. // *J Anim Sci.* 2023. Vol. 101. Article skac355. doi: 10.1093/jas/skac355.

103. Chang Q., Lu Y., Lan R. Chitosan oligosaccharide as an effective feed additive to maintain growth performance, meat quality, muscle glycolytic metabolism, and oxidative status in yellow-feather broilers under heat stress // *Poult Sci.* 2020. Vol. 99. No. 10. P. 4824–4831. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.071.

104. Dietary supplementation of alpha-lipoic acid mitigates the negative effects of heat stress in broilers / S. Wasti, N. Sah, C. Lee, et al. // *PLoS One*. 2021. Vol. 16. No. 7. Article e0254936. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0254936> (дата обращения: 10.03.2023). doi: 10.1371/journal.pone.0254936.

105. Повышение производственных показателей несушек промышленного стада с помощью натуральной кормовой добавки / О. В. Молоканова, С. Г. Дорофеева, Т. В. Полуночкина и др. // *Птицеводство*. 2022. № 4. С. 17–20. doi: 10.33845/0033-3239-2022-71-4-17-20.

106. Коррекция развития теплового стресса у цыплят-бройлеров в комплексе ветеринарно-санитарных мероприятий, применяемых на птицефабрике промышленного типа / А. В. Мифтахутдинов, Э. Р. Сайфулмулюков, С. Г. Дорофеева и др. // *Аграрная наука*. 2022. № 7-8. С. 49–54. doi: 10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-44-54.

References

- Buyarov VS, Roiter YaS, Kavtarashvili AS, et al. [Evaluation of the breeding qualities of poultry in the egg direction of productivity (review)]. *Vestnik agrarnoi nauki*. 2019;(4):46-55. Russian. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.4.46.
- Burdashkina VN, Dar'in AI. [Productivity of broiler chickens of Ross-308 cross in conditions of industrial technology]. *Niva Povolzh'ya*. 2018;(3):90-6. Russian.
- Buyarov VS. [Efficiency of modern technologies for the production of broiler meat]. *Biologiya v sel'skom khozyaistve*. 2020;(1):15-21. Russian.
- Kozlova SV, Sidorova KA, Tatarnikova NA, et al. [Morphofunctional state of the adrenal glands of broiler chickens in various ways of keeping]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017;(134):1106-16. Russian. doi: 10.21515/1990-4665-134-090.
- Fisinin VI, Zhuravel' NA, Miftakhutdinov AV. [Methodology for determining the effectiveness of the introduction of new veterinary methods and means in poultry farming]. *Veterinariya*. 2018;(6):14-20. Russian.
- Fisinin VI, Kavtarashvili AS. [Heat stress in birds. Message I. Danger, physiological changes in the body, signs and manifestations]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2015;50(2):162-71. Russian. doi: 10.15389/agrobiol.2015.2.162rus.
- Awad EA, Idrus Z, Soleimani Farjam A, et al. Growth performance, duodenal morphology and the caecal microbial population in female broiler chickens fed glycine-fortified low protein diets under heat stress conditions. *Br Poult Sci*. 2018;59(3):340-8. doi: 10.1080/00071668.2018.1440377.
- Farag MR, Alagawany M. Physiological alterations of poultry to the high environmental temperature. *J. Therm. Biol.* 2018;76:101-6. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.07.012.
- Santos RR, Awati A, Roubos-van den Hil PJ, et al. Quantitative histo-morphometric analysis of heat-stress-related damage in the small intestines of broiler chickens. *Avian Pathol.* 2015;44(1):19-22. doi: 10.1080/03079457.2014.988122.
- Surai PF, Fotina TI. Physiological mechanisms of stress development in poultry industry. *Animal Breeding Today*. 2013;6:54-60.
- Pawar SS, Basavaraj S, Dhansing LV, et al. Assessing and mitigating the impact of heat stress in poultry. *Adv. Anim. Vet. Sci.* 2016;4:332-41.
- Sidorova KA, Krasnolobova EP, Veremeeva SA, et al. Osobennosti morfofunktsional'nogo sostoyaniya sistem organizma produktivnykh ptits v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Features of the morphofunctional state of the body systems of productive birds in the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Tyumen' (Russia): Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya*;

2022. 178 p. Russian.

13. Markin Yu V, Spiridonov DN, Zevakova VK, et al. [Heat stress: Theory and practice]. *Kombikorma*. 2011;(4):59-60. Russian.
14. Tang S, Burro R, Liu Z, et al. Localization and expression of Hsp27 and α B-crystallin in rat primary myocardial cells during heat stress in vitro. *PLoS One*. 2013;8(7): Article e69066. doi: 10.1371/journal.pone.0069066.
15. Amani M, Jeddi S, Ahmadiasl N, et al. Effect of HEMADO on level of CK-MB and LDH enzymes after ischemia/reperfusion injury in isolated rat heart. *Bioimpacts*. 2013;3(2):101-4. doi: 10.5681/bi.2013.003.
16. Sarsadskikh AA, Rovira KM. [Feeding strategies for dealing with heat stress]. *Ptitsevodstvo*. 2015;(8):37-9. Russian.
17. Ma D, Liu Q, Zhang M, et al. iTRAQ-based quantitative proteomics analysis of the spleen reveals innate immunity and cell death pathways associated with heat stress in broilers (*Gallus gallus*). *J Proteomics*. 2019;196:11-21. doi: 10.1016/j.jprot.2019.01.012.
18. Wang R, Shi Z, Li J, et al. Protective effect of manganese on apoptosis and mitochondrial function of heat-stressed primary chick embryonic myocardial cells. *Biol Trace Elem Res*. 2022;200(10):4419-29. doi: 10.1007/s12011-021-03016-2.
19. Fisnin VI, Kavtarashvili ASH. [Heat stress in birds. Message II. Methods and means of prevention and mitigation]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2015;50(4):431-43. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2015.4.431rus.
20. Fisnin VI. *Istoriya ptitsevodstva rossiiskogo* [The history of Russian poultry breeding]. Moscow: Khlebproinform; 2014. vol. 1. 348 p. Russian.
21. Fisnin VI. *Istoriya ptitsevodstva rossiiskogo* [The history of Russian poultry breeding]. Moscow: Khlebproinform; 2016. vol. 2. 541 p. Russian.
22. Fisnin VI. *Vsemirnaya nauchnaya assotsiatsiya po ptitsevodstvu. Uchastie uchenykh SSSR i Rossii v ee deyatelnosti: monografiya* [World poultry science association. Participation of scientists of the USSR and Russia in its activities: Monograph]. Moscow: Lika; 2022. 751 p. Russian.
23. Onderci M, Sahin K, Sahin N, et al. The effect of genistein supplementation on performance and antioxidant status of Japanese quail under heat stress. *Arch Anim Nutr*. 2004;58(6):463-71. doi: 10.1080/00039420400020017.
24. Orhan C, Sahin N, Sahin K, et al. Influence of dietary genistein and polyunsaturated fatty acids on lipid peroxidation and fatty acid composition of meat in quail exposed to heat stress. *Trop Anim Health Prod* [Internet]. 2021 [cited 2023 Mar 10];53: Article 494. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-021-02933-7>. doi: 10.1007/s11250-021-02933-7.
25. Tuzcu M, Sahin N, Karatepe M, et al. Epigallocatechin-3-gallate supplementation can improve antioxidant status in stressed quail. *Br Poult Sci*. 2008;49(5):643-8. doi: 10.1080/00071660802298336.
26. Torshkov AA. [Influence of arabinogalactan on the productive qualities of broiler chickens]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010;(3):203-5. Russian.
27. Dorovskikh VA, Simonova NV, Li ON, et al. *Sposob korrektsii protsessov peroksidatsii v usloviyakh teplovogo stressa* [Method for correcting peroxidation processes under conditions of heat stress]. Russian Federation patent RU 2612012, 2017 Mar 1. Russian.
28. Hasheimi SR, Zulkifli I, Somchit MN, et al. Dietary supplementation of Zingiber officinale and Zingiber zerumbet to heat-stressed broiler chickens and its effect on heat shock protein 70 expression, blood parameters and body temperature. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2013;97(4):632-8. doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01302.x.
29. Khosravinia H. Effects of Satureja khuzistanica essential oils in drinking water on mortality, production performance, water intake, and organ weights in broiler chickens reared under heat stress condition. *Int J Biometeorol*. 2015;59(11):1711-9. doi: 10.1007/s00484-015-0979-9.
30. Akhavan-Salamat H, Ghasemi HA. Alleviation of chronic heat stress in broilers by dietary supplementation of betaine and turmeric rhizome powder: Dynamics of performance, leukocyte profile, humoral immunity, and antioxidant status. *Trop Anim Health Prod*. 2016;48(1):181-8. doi: 10.1007/s11250-015-0941-1.
31. Heidarifar Z, Sadeghi G, Karimi A, et al. Apple peel waste as a natural antioxidant for heat-stressed broiler chickens. *Trop Anim Health Prod*. 2016;48(4):831-5. doi: 10.1007/s11250-016-1001-1.
32. Sahin K, Orhan C, Tuzcu M, et al. Lycopene activates antioxidant enzymes and nuclear transcription factor systems in heat-stressed broilers. *Poult. Sci*. 2016;95:1088-95.
33. Hosseini-Vashan SJ, Golian A, Yaghobfar A. Growth, immune, antioxidant, and bone responses of heat stress-exposed broilers fed diets supplemented with tomato pomace. *Int J Biometeorol*. 2016;60(8):1183-92. doi: 10.1007/s00484-015-1112-9.
34. Zhang C, Zhao X, Wang L, et al. Resveratrol beneficially affects meat quality of heat-stressed broilers which is associated with changes in muscle antioxidant status. *Anim Sci J*. 2017;88(10):1569-74. doi: 10.1111/asj.12812.
35. Zhao Y, Li Z, Wang X, et al. Resveratrol attenuates heat stress-induced impairment of meat quality in broilers by regulating the Nrf2 signaling pathway. *Animals (Basel)* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];12(15): Article 1889. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/15/1889>. doi: 10.3390/ani12151889.
36. Saracila M, Criste R, Panaite T, et al. *Artemisia annua* as phyto-genic feed additive in the diet of broilers (14-35 days) reared under heat stress (32 °C). *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2018;20:825-32. doi: 0.1590/1806-9061-2018-0772.
37. Selvam R, Suresh S, Saravanakumar M, et al. Alleviation of heat stress by a polyherbal formulation, Phytocee: Impact on zootechnical parameters, cloacal temperature, and stress markers. *Pharmacognosy Res* [Internet]. 2018 [cited 2023 Mar 10];10(1):1-8. Available from: <https://www.phcogres.com/article/2018/10/1/104103prpr13817>. doi: 10.4103/pr.pr_138_17.
38. Greene ES, Maynard C, Owens CM, et al. Effects of herbal adaptogen feed-additive on growth performance, carcass parameters, and muscle amino acid profile in heat-stressed modern broilers. *Front Physiol*. 2021;12:784952-64. doi: 10.3389/fphys.2021.784952.
39. Zhao JS, Deng W, Liu HW. Effects of chlorogenic acid-enriched extract from *Eucommia ulmoides* leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers. *Poult Sci*. 2019;98(7):3040-9. doi: 10.3382/ps/pez081.
40. Alakaeva AI, Akhmedkhanova RR, Musakaeva SS, et al. [Knotweed as a source of vitamin C in the diet of broiler chickens under heat stress]. In: *Innovatsionnye tekhnologii v proizvodstve i pererabotke sel'skokhozyaistvennoi produktsii* [Innovative technologies in the production and processing of agricultural products]. Makhachkala (Russia): Dagestanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. M.M. Dzhambulatova; 2021. p. 99-103. Russian.
41. Mohammadi F. Effect of different levels of clove (*Syzygium aromaticum* L.) essential oil on growth performance and oxidative/nitrosative stress biomarkers in broilers under heat stress. *Trop Anim Health Prod* [Internet]. 2021 [cited 2023 Mar 10];53: Article 84. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-020-02517-x>. doi: 10.1007/s11250-020-02517-x.
42. Wasti S, Sah N, Singh A, et al. Dietary supplementation of dried plum: a novel strategy to mitigate heat stress in broiler chickens. *J Animal Sci Biotechnol* [Internet]. 2021 [cited 2023 Mar 10];12: Article 58. Available from: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-021-00571-5>. doi: 10.1186/s40104-021-00571-5.
43. Kashkovskaya LM, Novikova SV, Zubarev VN. [Feed additive Mintov for metabolism stimulation and resistance increase in poultry]. *Veterinariya*. 2021;(5):60-4. Russian. doi: 10.30896/0042-4846.2021.24.5.60-64.
44. Wang M, Zhang J, Huang X, et al. Effects of dietary *Macleaya cordata* extract on growth performance, biochemical indices, and intestinal microbiota of yellow-feathered broilers subjected to chronic heat stress. *Animals (Basel)* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];12(17): Article 2197. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/17/2197>. doi: 10.3390/ani12172197.

45. Elbaz AM, Ashmawy ES, Salama AA, et al. Effects of garlic and lemon essential oils on performance, digestibility, plasma metabolite, and intestinal health in broilers under environmental heat stress. *BMC Vet Res* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];18: Article 430. Available from: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-022-03530-y>. doi: 10.1186/s12917-022-03530-y.
46. Kiros W, Negassi A, Solomon D, et al. Meat quality of Sasso T44 and Koekoek cockerels exposed to temperature variation with supplementary coriander seed powder. *Trop Anim Health Prod* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];54(6): Article 402. Available from: <https://europepmc.org/article/med/36434364>. doi: 10.1007/s11250-022-03404-3.
47. Mirsaiidi FM, Hosseini SA. Effects of dietary stinging nettle (*Urtica dioica*) on hormone stress and selected serum biochemical parameters of broilers subjected to chronic heat stress. *Vet Med Sci*. 2022;8(2):660-7. doi: 10.1002/vms3.721.
48. Simonova NV, Dorovskikh VA, Yurtaeva EYu, et al. Sposob korrektsii antioksidantnogo statusa v usloviyakh teplovogo vozdeistviya na organism [A method for correcting the antioxidant status under conditions of thermal exposure to the body]. Russian Federation patent RU 2661601. 2018 Jul 17. Russian.
49. Litovchenko EA, Korshunova NV. Sposob korrektsii organizma krysa k kholodovomu i teplovomu vozdeistviyu [Method for correcting the body of rats to cold and heat effects]. Russian Federation patent RU 2646635. 2018 Mar 6. Russian.
50. Surai P, Fisinin VI. [Modern methods of dealing with stress in poultry farming: From antioxidants to vitamins]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2012;47(4):3-13. Russian.
51. Sidorova KA, Kozlova SV. [Fundamentals of the formation of the nutritional value of chicken liver]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii*. 2015;(8):70-2. Russian.
52. Egorov I, Demidova O. [Natural supplement in the diets of laying hens]. *Kombikorma*. 2007;(8):77-9. Russian.
53. Wen C, Chen Y, Leng Z, et al. Dietary betaine improves meat quality and oxidative status of broilers under heat stress. *J Sci Food Agric*. 2019;99(2):620-3. doi: 10.1002/jsfa.9223.
54. Donoghue DJ, Krueger WF, Donoghue AM, et al. Magnesium-aspartate-hydrochloride reduces weight loss in heat-stressed laying hens. *Poult Sci*. 1990;69(11):1862-8. doi: 10.3382/ps.0691862.
55. Sahin N, Sahin K, Onderci M, et al. Chromium picolinate, rather than biotin, alleviates performance and metabolic parameters in heat-stressed quail. *Br Poult Sci*. 2005;46(4):457-63. doi: 10.1080/00071660500190918.
56. Xiao F, Ao D, Zhou B, et al. Effects of supplemental chromium propionate on serum lipids, carcass traits, and meat quality of heat-stressed broilers. *Biol Trace Elem Res*. 2017;176(2):401-6. doi: 10.1007/s12011-016-0852-7.
57. Sahin K, Smith MO, Onderci M, et al. Supplementation of zinc from organic or inorganic source improves performance and antioxidant status of heat-distressed quail. *Poult Sci*. 2005;84(6):882-7. doi: 10.1093/ps/84.6.882.
58. Zhu YW, Li WX, Lu L, et al. Impact of maternal heat stress in conjunction with dietary zinc supplementation on hatchability, embryonic development, and growth performance in offspring broilers. *Poult Sci*. 2017;96(7):2351-9. doi: 10.3382/ps/pew481.
59. Ramiah SK, Awad EA, Mookiah S, et al. Effects of zinc oxide nanoparticles on growth performance and concentrations of malondialdehyde, zinc in tissues, and corticosterone in broiler chickens under heat stress conditions. *Poult Sci*. 2019;98(9):3828-38. doi: 10.3382/ps/pez093.
60. Ramiah SK, Atta Awad E, Hemly NIM, et al. Effects of zinc oxide nanoparticles on regulatory appetite and heat stress protein genes in broiler chickens subjected to heat stress. *J Anim Sci* [Internet]. 2020 [cited 2023 Mar 10];98(10): Article skaa 300. Available from: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/98/10/skaa300/5906578?redirectedFrom=fulltext>. doi: 10.1093/jas/skaa300.
61. Zaghari M, Mehrvarz H, Hajati H, et al. Evaluation of an innovative Zn source on feed efficiency, growth performance, skin and bone quality of broilers suffering heat stress. *Animals (Basel)* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];12(23): Article 3272. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/23/3272>. doi: 10.3390/ani12233272.
62. Li T, He W, Liao X, et al. Zinc alleviates the heat stress of primary cultured hepatocytes of broiler embryos via enhancing the antioxidant ability and attenuating the heat shock responses. *Anim Nutr*. 2021;7(3):621-30. doi: 10.1016/j.aninu.2021.01.003.
63. Sahin N, Onderci M, Sahin K, et al. Supplementation with organic or inorganic selenium in heat-distressed quail. *Biol Trace Elem Res*. 2008;122(3):229-37. doi: 10.1007/s12011-007-8075-6.
64. Habibiyan M, Sadeghi G, Ghazi S, et al. Selenium as a feed supplement for heat-stressed poultry: A review. *Biol Trace Elem Res*. 2015;165(2):183-93. doi: 10.1007/s12011-015-0275-x.
65. Zhu YW, Lu L, Li WX, et al. Effect of dietary manganese on antioxidant status and expressions of heat shock proteins and factors in tissues of laying broiler breeders under normal and high environmental temperatures. *Br J Nutr*. 2016;116(11):1851-60. doi: 10.1017/S0007114516003822.
66. Qin S, Huang L, Lu L, et al. Manganese alleviates heat stress of primary cultured chick embryonic myocardial cells via enhancing manganese superoxide dismutase expression and attenuating heat shock response. *J Therm Biol* [Internet]. 2023 [cited 2023 Mar 10];112: Article 103440. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456522002546>. doi: 10.1016/j.jtherbio.2022.103440.
67. McKee JS, Harrison PC, Riskowski GL. Effects of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal. *Poult Sci*. 1997;76(9):1278-86. doi: 10.1093/ps/76.9.1278.
68. Sahin N, Tuzcu M, Orhan C, et al. The effects of vitamin C and E supplementation on heat shock protein 70 response of ovary and brain in heat-stressed quail. *Br Poult Sci*. 2009;50(2):259-65. doi: 10.1080/00071660902758981.
69. Xu J, Huang B, Tang S, et al. Co-enzyme Q10 protects primary chicken myocardial cells from heat stress by upregulating autophagy and suppressing the PI3K/AKT/mTOR pathway. *Cell Stress Chaperones*. 2019;24(6):1067-78. doi: 10.1007/s12192-019-01029-4.
70. Mikhailov MV, Abilov BT, Serov AV. Sposob korrektsii estestvennoi rezistentnosti i povysheniya produktivnosti pri stresse u ptitsy [A method for correcting natural resistance and increasing productivity under stress in poultry]. Russian Federation patent RU 2569560. 2015 Nov 27. Russian.
71. Okolelova TM, Mansurov RSh, Krivopishina LV, et al. [Increasing the productivity and safety of broilers when using preparations Strolitin and Butofan OR]. *Ptitsevodstvo*. 2015;(2):21-4. Russian.
72. Okolelova TM. [Russian preparation confirmed its effectiveness in Brazil]. *Ptitsevodstvo*. 2016;(1):25-8. Russian.
73. Orobets VA, Sokolova EA, Kastarnova ES, et al. [Morphological and biochemical composition of the blood of broiler chickens when an aggregation-resistant vitamin-mineral complex based on selenium is introduced into the diet under conditions of simulated heat stress]. *Veterinariya Kubani*. 2020;(2):24-6. Russian. doi: 10.33861/2071-8020-2020-2-24-26.
74. He X, Lu Z, Ma B, 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. *Poult Sci*. 2019;98(7):2719-28. doi: 10.3382/ps/pez054.
75. Lu Z, He XF, Ma BB, et al. The alleviative effects and related mechanisms of taurine supplementation on growth performance and carcass characteristics in broilers exposed to chronic heat stress. *Poult Sci*. 2019;98(2):878-86. doi: 10.3382/ps/pey433.
76. Hu H, Dai S, Li J, et al. Glutamine improves heat stress-induced oxidative damage in the broiler thigh muscle by activating the nuclear factor erythroid 2-related 2/Kelch-like ECH-associated protein 1 signaling pathway. *Poult Sci*. 2020;99(3):1454-61. doi: 10.1016/j.psj.2019.11.001.

77. Ahmad T, Mushtaq T, Mahr-Un-Nisa, et al. Effect of different non-chloride sodium sources on the performance of heat-stressed broiler chickens. *Br Poult Sci.* 2006;47(3):249-56. doi: 10.1080/00071660600753342.
78. Andrianova EN. [Prevention of stresses of various etiologies in poultry feeding]. *Ptisevodstvo.* 2016;(9):36-9. Russian.
79. Engashev SV, Germanov SB, Mel'nichenko VI, et al. Sposob kupirovaniya teplovogo stressa kur [A method of stopping heat stress in chickens]. Russian Federation patent RU 2602199. 2016 Nov 10. Russian.
80. Yavnikov NV. [Strategy to combat heat stress in the poultry industry]. *Agrarnaya nauka.* 2020;(6):25-8. Russian. doi: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-25-28.
81. Ding J, He S, Xiong Y, et al. Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance, blood hematological and biochemical profile of broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Brazilian Journal of Poultry Science.* 2020;22(1). doi: 10.1590/1806-9061-2019-1147.
82. Faseleh Jahromi M, Wesam Altaher Y, Shokryazdan P, et al. Dietary supplementation of a mixture of *Lactobacillus* strains enhances performance of broiler chickens raised under heat stress conditions. *Int J Biometeorol.* 2016;60(7):1099-100. doi: 10.1007/s00484-015-1103-x.
83. Wang WC, Yan FF, Hu JY, et al. Supplementation of *Bacillus subtilis*-based probiotic reduces heat stress-related behaviors and inflammatory response in broiler chickens. *J Anim Sci.* 2018;96(5):1654-66. doi: 10.1093/jas/sky092.
84. Price PT, Byrd JA, Alvarado CZ, et al. Utilizing original XPC in feed to reduce stress susceptibility of broilers. *Poult Sci.* 2018;97(3):855-9. doi: 10.3382/ps/pex386.
85. Mohammed AA, Jacobs JA, Murugesan GR, et al. Effect of dietary symbiotic supplement on behavioral patterns and growth performance of broiler chickens reared under heat stress. *Poult Sci.* 2018;97(4):1101-8. doi: 10.3382/ps/pex421.
86. Jiang S, Mohammed AA, Jacobs JA, et al. Effect of symbiotics on thyroid hormones, intestinal histomorphology, and heat shock protein 70 expression in broiler chickens reared under cyclic heat stress. *Poult Sci.* 2020;99(1):142-50. doi: 10.3382/ps/pez571.
87. Cheng Y, Du M, Xu Q, et al. Dietary mannan oligosaccharide improves growth performance, muscle oxidative status, and meat quality in broilers under cyclic heat stress. *J Therm Biol.* 2018;75:106-11. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.06.002.
88. Zhang S, Ou J, Luo Z, et al. Effect of dietary β -1,3-glucan supplementation and heat stress on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, organ weight, ileum microbiota, and immunity in broilers. *Poult Sci.* 2020;99(10):4969-77. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.036.
89. Abbas AO, Alaql AA, Mehaisen GMK, et al. Effect of organic selenium-enriched yeast on relieving the deterioration of layer performance, immune function, and physiological indicators induced by heat stress. *Front Vet Sci* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];9: Article 880790. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2022.880790/full>. doi: 10.3389/fvets.2022.880790.
90. Tolba SA, Magnuson AD, Sun T, et al. Dietary supplemental microalgal astaxanthin modulates molecular profiles of stress, inflammation, and lipid metabolism in broiler chickens and laying hens under high ambient temperatures. *Poult Sci.* 2020;99(10):4853-60. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.022.
91. Moustafa ES, Alsanie WF, Gaber A, et al. Blue-green algae (*Spirulina platensis*) alleviates the negative impact of heat stress on broiler production performance and redox status. *Animals (Basel).* 2021;11(5): Article 1243. doi: 10.3390/ani11051243.
92. Elbaz AM, Ahmed AMH, Abdel-Maqsood A, et al. Potential ameliorative role of *Spirulina platensis* in powdered or extract forms against cyclic heat stress in broiler chickens. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022;30:45578-88. doi: 10.1007/s11356-022-19115-z.
93. Kolluri G, Marappan G, Yadav AS, et al. Effects of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a drinking water supplement during cyclical chronic heat stress on broiler chickens: Assessing algal composition, production, stress, health and immune-biochemical indices. *J Therm Biol* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];103: Article 103100. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306456521002680>. doi: 10.1016/j.jtherbio.2021.103100.
94. 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. *Poult Sci* [Internet]. 2022 [cited 2023 Mar 10];101(12): Article 102215. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579122005119>. doi: 10.1016/j.psj.2022.102215.
95. Markin Yu, Spiridonov D, Zevakova V, et al. [Heat stress: Theory and practice]. *Kombikorma.* 2011;(4):59-60. Russian.
96. Latypova EN, Shatskikh EV. [Reproductive qualities of birds of the parent flock of egg cross when using "Vitaminsacid" and "Magic Antistress Mix"]. *Glavnyi zootekhnika.* 2014;(4):36-40. Russian.
97. Melikhov SV, Melikhova MS, Pozdnyakova TN. Lechebno-profilakticheskoe sredstvo dlya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i ptits «Libekrin» [Therapeutic and prophylactic agent "Libekrin" for farm animals and birds]. Russian Federation patent RU 2513557. 2014 Apr 20. Russian.
98. Miftakhutdinov AV, Saiful'mulyukov ER, Nogovitsina EA, et al. Sposob povysheniya effektivnosti promyshlennogo vyrashchivaniya tsyplyat-broilerov [Method for increasing the efficiency of industrial cultivation of broiler chickens]. Russian Federation patent RU 2785659. 2022 Dec 12. Russian.
99. Fulton RW, Teeter RG, Cummins JM, et al. The use of interferon modulates the negative effects of heat stress on poultry production. *Arch Immunol Ther Exp (Warsz).* 1993;41(3-4):209-12.
100. Ali Q, Farooq U, Akhtar P, et al. Impact of glucose to mitigate the heat stress in broiler chickens. *PSM Biol. Res.* 2019;4(4):144-53.
101. Majdeddin M, Braun U, Lemme A, et al. Guanidinoacetic acid supplementation improves feed conversion in broilers subjected to heat stress associated with muscle creatine loading and arginine sparing. *Poult Sci.* 2020;99(9):4442-53. doi: 10.1016/j.psj.2020.05.023.
102. Peng X Y, Xing T, Li J L, et al. Guanidinoacetic acid supplementation improves intestinal morphology, mucosal barrier function of broilers subjected to chronic heat stress. *J Anim Sci.* 2023;101: Article skac355. doi: 10.1093/jas/skac355.
103. Chang Q, Lu Y, Lan R. Chitosan oligosaccharide as an effective feed additive to maintain growth performance, meat quality, muscle glycolytic metabolism, and oxidative status in yellow-feather broilers under heat stress. *Poult Sci.* 2020;99(10):4824-31. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.071.
104. Wasti S, Sah N, Lee C, et al. Dietary supplementation of alpha-lipoic acid mitigates the negative effects of heat stress in broilers. *PLoS One* [Internet]. 2021 [cited 2023 Mar 10];16(7): Article e0254936. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0254936>. doi: 10.1371/journal.pone.0254936.
105. Molokanova OV, Dorofeeva SG, Polunochkina TV, et al. [Increasing the performance of laying hens of an industrial herd with a natural feed additive]. *Ptisevodstvo.* 2022;(4):17-20. Russian. doi: 10.33845/0033-3239-2022-71-4-17-20.
106. Miftakhutdinov AV, Saiful'mulyukov ER, Dorofeeva SG, et al. [Correction of the development of heat stress in broiler chickens in the complex of veterinary and sanitary measures used in an industrial-type poultry farm]. *Agrarnaya nauka.* 2022;(7-8):49-54. Russian. doi: 10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-44-54.