

Обзорная статья

УДК 636.085:636.22/.28:591.543

doi:10.33284/2658-3135-108-1-96

Последствия влияния теплового стресса в кормопроизводстве и животноводстве и пути их решения

**Шамиль Касымович Шакиров^{1,6}, Наталья Юрьевна Сафина², Альбина Ленаровна Аминова³,
Ирек Гадеевич Мустафин⁴, Вакиль Миргалиевич Шириев⁵**

^{1,2}Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

^{3,4,5,6}Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Уфа, Россия,

^{1,6}intechkorm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-0463>

²natysafina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1184-3188>

³albina_ufa@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2738-4692>

⁴oph_ufimskoe@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5532-450X>

⁵vakil2005@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8223-0961>

Аннотация. В АПК в условиях участвовавшего количества экстремально высоких летних засух объективно возникает потребность в структурно-значимых изменениях сырьевого конвейера кормопроизводства за счет интродукции нетрадиционных засухоустойчивых кормовых культур – суданской травы, сорго и сорго-суданковых гибридов, а также кормовых культур с коротким периодом вегетации для бесперебойного обеспечения животноводства кормами. В условиях теплового стресса важно использовать правильно подобранные высококачественные корма и специальные кормовые добавки, снижающие производство в организме метаболического тепла, а также скорректировать режимы кормления, следить за уровнем температурно-влажностного индекса, показатели которых позволят своевременно оценить потребность животных в охлаждении. Статья представляет сведения обзорного характера о состоянии кормопроизводства и животноводства в условиях экстремально высоких температур. Были рассмотрены работы российских и зарубежных авторов касательно различных практических стратегий смягчения последствий теплового стресса при содержании и кормлении коров, которые могут быть полезны специалистам в области молочного животноводства.

Ключевые слова: потепление климата, кормовые культуры, скотоводство, тепловой стресс, температурно-влажностный индекс, рацион, кормление, продуктивность, эмбриопродуктивность

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2022-2024 гг. Опытной станции «Уфимская» УФИЦ РАН (№ 224020600680-2).

Для цитирования: Последствия влияния теплового стресса в кормопроизводстве и животноводстве и пути их решения (обзор) / Ш.К. Шакиров, Н.Ю. Сафина, А.Л. Аминова, И.Г. Мустафин, В.М. Шириев // Животноводство и кормопроизводство. Т. 108. № 1. С. 96-114. [Shakirov ShK, Safina NYu, Aminova AL, Mustafin IG, Shiriev VM. Consequences of the heat stress in forage production and animal husbandry and ways to solve them (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(1):96-114. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-1-96>

Review article

**Consequences of the heat stress in forage production and animal husbandry
and ways to solve them**

Shamil K Shakirov^{1,6}, Natalia Yu Safina², Albina L Aminova³, Irek G Mustafin⁴, Vakil M Shiriev⁵

^{1,2}Tatar Research Institute of Agriculture - a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center "Kazan Research Center of the Russian Academy of Sciences", Kazan, Russia

^{3,4,5,6}Experimental station "Ufinskaya" - a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

^{1,6}intechkorm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3362-0463>

²natysafina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1184-3188>

³albina_ufa@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2738-4692>

⁴oph_ufinskoe@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5532-450X>

⁵vakil2005@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-8223-0961>

Abstract. In the agro-industrial complex, in the conditions of an increasing number of extremely high summer droughts, there is an objective need for structurally significant changes in the feed production feedstock conveyor by introducing non-traditional drought-resistant forage crops - Sudan grass, sorghum and sorghum-Sudan hybrids, as well as forage crops with a short growing season for an uninterrupted supply of livestock with feed. Under heat stress, it is important to use properly selected high-quality feed and special feed additives that reduce the production of metabolic heat in the body, as well as to adjust feeding regimes, monitor the level of the temperature-humidity index, the indicators of which will allow a timely assessment of the need for cooling of animals. The article presents overview information on the state of forage production and livestock farming in conditions of extremely high temperatures. The papers of Russian and foreign authors on various practical strategies for mitigating the effects of heat stress in the maintenance and feeding of cows, which may be useful to specialists in the field of dairy farming, were reviewed.

Keywords: global warming, forage crops, cattle breeding, heat stress, temperature-humidity index, diet, feeding, productivity, embryo productivity

Acknowledgments: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2022-2024 of the Experimental Station "Ufinskaya" of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (No. 224020600680-2).

For citation: Shakirov ShK, Safina NYu, Aminova AL, Mustafin IG, Shiriev VM. Consequences of the heat stress in forage production and animal husbandry and ways to solve them (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2025;108(1):96-114. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-1-96>

Введение.

В современных условиях одной из важнейших задач агропромышленного комплекса страны является бесперебойное обеспечение населения России продуктами питания необходимого ассортимента, высокого качества и по доступным ценам. Правильно и хорошо сбалансированное питание крупного рогатого скота является одним из важных условий повышения продуктивности и воспроизводительных качеств. При комплексном использовании биологически активных веществ в рационах получают более высокий эффект (Нуржанов Б.С. и др., 2019).

Успешное решение поставленной задачи возможно при дальнейшем развитии и интенсификации кормопроизводства и животноводства на основе широкого освоения инновационных технологий, способствующих росту продуктивности животных, финансовой успешности отрасли и, в конечном итоге, продовольственной безопасности страны.

С начала XXI века на территории Среднего Поволжья и Южного Урала участились аномальные природные явления: практически ежегодные засухи, небывалые ливни, град и внезапные резкие колебания температуры, которые наносят большой урон сельскому хозяйству. Это наглядно подтверждается последствиями экстремальных засух 2010 и 2021 гг., когда урожайность кормовых культур снижалась на 50 % и более, обеспеченность животноводства в объемистых кормах составила лишь 30-60 %. При этом объективно возникает потребность в структурно-значимых изменениях сырьевого конвейера кормопроизводства за счет интродукции нетрадиционных засухоустойчивых культур (сорго и сорго-суданковые гибриды) для бесперебойного обеспечения животноводства кормами в системах кормления и содержания животных (Дронов А.В. и др., 2016).

Тепловой стресс – большая проблема для молочного скотоводства, которая проявляется в жаркую погоду в результате дисбаланса между притоком тепла из окружающей среды и выделением тепла из организма (Буряков Н.П. и др., 2016). Это приводит к снижению потребления корма, нарушению метаболических процессов у лактирующих коров и, в конечном счете, к потере молочной продуктивности, снижению качества молока, ухудшению показателей воспроизводства, благополучия и здоровья животных в целом.

Цель исследования.

Представить сведения обзорного характера о состоянии кормопроизводства и животноводства в условиях экстремально высоких температур, а также изучить стратегию оптимизации содержания и кормления коров в условиях теплового стресса.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. В качестве материалов для обзора были использованы различные литературные источники, в которых были представлены данные исследований о динамике изменяющегося климата и состоянии кормопроизводства в условиях экстремально высоких температур в Среднем Поволжье и Южном Урале, а также о негативном влиянии теплового стресса и критериях его оценки для молочных коров. Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ – <https://www.elibrary.ru>, ScienceDirect – <https://www.sciencedirect.com>, PubMed – <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, Google Scholar (Google Академия) – <https://scholar.google.ru/> за период 2000-2024 гг.

В поисковых запросах были использованы следующие основные ключевые слова и комбинации: сырьевой конвейер, кормовые культуры, крупный рогатый скот, рацион, молочная продуктивность, воспроизводительная функция, heat stress, temperature-humidity index.

Результаты исследования и их обсуждение.

Динамика изменяющегося климата в Среднем Поволжье и Южном Урале. Поволжье и Урал издавна считаются зоной неустойчивого, рискованного земледелия. В период с 1870 по 1983 гг. на территории Республики Татарстан были 39 засушливых лет, в том числе сильно засушливых – 20 (с осадками за период май-июль менее 68 % от нормы), что составляет соответственно 35 и 18 % от общей суммы лет. Следовательно, засухи повторялись в среднем через каждые 3-4 года и половина из них были сильными. Потепление явственно проявилось во второй половине XIX в., а в конце XX в. стало ускоряться. Первоначальная скорость потепления на территории Татарстана составляла 0,9 °C за 100 лет, причем зима теплела быстрее (на 1,1 °C), чем теплый период года (на 0,7 °C). Темпы потепления постепенно увеличиваются, но в разных частях света по-своему. Так, на территории Республики Татарстан среднегодовая температура воздуха в начале XXI в. повышается в 2 раза быстрее, чем в целом на планете (Шакиров Ш.К. и др., 2023).

В Башкортостане, расположенном на границе Русской равнины и Уральских гор, выделяют равнинное Башкирское Предуралье, Южный Урал (горная часть), холмистое Башкирское Зауралье. Изменение средней годовой температуры воздуха неодинаково в различных районах Урала, которая меняется в течение последних 100 лет, начиная от 2-3 °C для юга территории и Зауралья до 0,7-0,8 °C для Северного Урала (Камалова Р.Г. и др., 2023; Галимова Р.Г., 2020).

В связи с этим появилась необходимость адаптации хозяйственной деятельности, особенно в агропромышленном комплексе, к ожидаемым климатическим изменениям.

Состояние кормопроизводства в условиях экстремально высоких температур. Общая тенденция к потеплению чревата целым перечнем сопутствующих экстремальных климатических явлений, непосредственно отражающихся и на характер кормопроизводства как основополагающей отрасли сельского хозяйства, в связи с этим в последние годы на практике АПК сложилась тревожная ситуация. С ростом температуры окружающей среды значительно усилилась неравномерность выпадения осадков, как по сезонам года, так и по отдельным месяцам. В самые засушливые годы наблюдаются периоды без дождей продолжительностью до 70 дней, а в 2010 г. в большинстве районов Республики Татарстан не было дождей в течение 57 дней (Шайтанов О.Л. и Тагиров М.Ш., 2018). В таких участвовавших количествах рекордно высоких летних условиях засухи, привычные и традиционно возделываемые кормовые культуры и даже луговые травы (Шайтанов О.Л. и др., 2022) снижают свою урожайность или вообще не плодоносят, так как просто «выгорают», потому что по своей биологии они не способны переносить экстремально высокую температуру (Большаков А.З. и др., 2023).

Устоявшиеся и ставшие привычными агротехнологии возделывания кормовых культур в своем большинстве были разработаны с учетом условий достаточного увлажнения и новейшими достижениями научно-технического прогресса, и открытий уже давно прошедшего времени.

Кроме того, следует отметить тот факт, что традиционные кормовые культуры, технологии их возделывания, которые эффективно обеспечивали достижение высоких результатов в животноводстве, в настоящее время, в силу объективно сложившихся неблагоприятных природных явлений, уже не могут иметь прежнего потенциала, а потому не способны или утрачивают возможность обеспечить достаточное количество и качество кормов для животноводства.

В этих аномально неблагоприятных условиях, на примере 2010 и 2021 гг., урожайность многолетних и однолетних трав, и кормосмесей находилась на уровне 65,6-113,2 ц/га, или снижение их по сравнению с 2020 г. составило 52,4-56,7 %. Как следствие, это привело к недобору объемов заготовок: сена – на 42,3 %, сенажа – на 39,8 % и силоса – на 52,2 %. При этом уменьшение объемов производства кормов в расчете на 1 усл. гол. составило 47,6 % от потребности (Шакиров Ш.К. и др., 2022). По наблюдениям Шайтанова О.Л. и Тагирова М.Ш. (2018) установлено, что в среднем за 6 лет, предшествующих 2010 г., термические ресурсы вегетационного периода растений оценивались в 980 °С, а в последующих 6 лет после 2010 г. их средняя величина составила 1160 °С (против 1486 °С в 2010 г., как аномального, в расчет не брался).

Расчеты по сбору питательных веществ с урожая 2021 г. по сравнению со средними данными за 2018-2020 гг. свидетельствуют о том, что без учета покупных кормов и кормовых добавок в целом, он оставался дефицитным в сельхозпредприятиях с развитым молочным скотоводством по обменной энергии на 24,6-36,7 % и сырому протеину – на 28,6-40,3 %. При таком огромном недоборе питательных веществ объемистых кормов и зернофуража проблема сбалансированного кормления высокопродуктивных животных была решена только за счет дополнительных покупных энергопротеиновых кормов. Это привело к тому, что доля покупных кормов в структуре концентратов существенно возросла и составила в пределах 35,8-50,0 %. Эти данные приведены на основе анализа фактических производственно-экономических показателей 9 сельхозпредприятий Республики Татарстан, ранжированных в зависимости от уровня молочной продуктивности, систем содержания и кормления молочного скота (Шакиров Ш.К. и др., 2022).

К сожалению, до настоящего времени не приняты достаточные меры по смягчению воздействия новых засух. Сырьевой конвейер кормопроизводства продолжает оставаться в разбалансированном состоянии, снижаются из года в год посевные площади под многолетние культуры, однолетние кормосмеси и увеличиваются площади под маргинальные культуры – пшеницу, подсолнечник и др., что создает новые риски в обеспечении животноводства полноценными кормами в перспективе. Данные выводы явились следствием анализа фактической структуры посевных площадей кормовых, зернобобовых и технических культур Республики Татарстан (Шакиров Ш.К. и др., 2022).

В целом это означает, что активная динамика климатических процессов требует глубокого анализа и существенного пересмотра в приоритетности отдельных традиционных и интродукции нетрадиционных кормовых культур в сырьевом конвейере в направлении использования более засухоустойчивых видов, сортов и гибридов высокоурожайных кормовых растений с коротким периодом вегетации, а также совершенствования технологии их возделывания.

Негативное влияние теплового стресса и критерии его оценки для молочных коров. Температурно-влажностный индекс. В условиях глобального потепления климата тепловой стресс становится актуальной проблемой высокопродуктивного животноводства (Кузьминова Е.В. и др., 2020; Рудь Е.Н. и др., 2020). Уоррен Х. (2023) приводит информацию, что современные породы крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, например, голштино-фризская, выведены в северных странах, поэтому они более устойчивы к условиям холодного климата, но высокочувствительны к жаре, которая оказывает негативное влияние на организм высокопродуктивных и новотельных коров, а также на сухостойных животных и нетелей. Головань В.Т. и соавторы (2017) считают, что для животных оптимальная температура среды равна или близка к среднегодовой температуре региона выведения породы. В связи с этим Степанов Д.В. с коллегами (2015) предлагают в племенной работе с завезенным скотом европейских пород проводить отбор животных не только по продуктивным качествам, но и по приспособленности к высоким температурам окружающей среды. В то же время, по мнению Воронова Д. и соавторов (2024), до настоящего времени попытки влиять на устойчивость животных к жаре через генетику не привели к существенному успеху.

Однако тепловой стресс в отечественном молочном скотоводстве пока остается непризнанной проблемой, хотя является актуальной для всех европейских стран, где потери молочной продуктивности от его пагубного влияния доходят до 5,5 кг молока на корову в сутки (Пирон О. и Малинин И., 2015), или финансовые потери в среднем оцениваются в размере более 400 евро на корову в год. При этом 80 % потерь связаны со снижением молочной продуктивности, а 20 % – с ухудшением здоровья.

Исследованиями установлено, что даже в период краткосрочного действия высоких температур молочная продуктивность коров снижается на 10-35 %, при этом последствия однократного сильного теплового стресса могут продолжаться от шести (Муханина Е.Н. и др., 2024; Уоррен Х., 2023) до восьми недель (Буряков Н.П. и др., 2016), что обусловлено гормональным статусом коров. Однако максимальные изменения молочной продуктивности выявлены через 24-48 часов после перенесенного теплового стресса.

Для отечественных пород крупного рогатого скота зона комфорта находится в температурном диапазоне от +4 до +20 °С, для высокопродуктивных коров – от +9 до +16 °С (Кузьминова Е.В. и др., 2020; Полховская Н., 2016). За пределами оптимальной температуры организму животных требуется включение активных механизмов терморегуляции (Кузьминова Е.В. и др., 2020; Brown-Brandi ТМ, 2018), которые приводят к физиологическим и поведенческим изменениям (Полховская Н., 2016).

В жару, при сильном тепловом стрессе, из-за своих физиологических особенностей коровы едят меньше, и, в первую очередь, сокращается потребление объемистой части рациона. Это негативно сказывается на состоянии рубца и приводит к уменьшению потребления сухого вещества на 10-30 %, что приводит к недополучению энергии и снижению суточного удоя (Буряков Н.П. и др., 2016). А выборочное поедание концентратов, с меньшей теплопродукцией провоцирует развитие ацидозов, которые усиливают недостаток энергии, необходимой для производства молока (Пирон О. и Малинин И., 2015). В закисленном рубце хуже перерабатываются питательные вещества даже на рационах богатых клетчаткой, что приводит к сокращению синтеза молочного жира.

Как известно, тепловой стресс возникает в результате дисбаланса между выделением тепла организмом и притоком тепла из окружающей среды (Буряков Н.П. и др., 2016). Установлено, что корова с продуктивностью 45-50 кг молока в сутки производит вдвое больше тепла, чем с

продуктивностью 18-20 кг (Абилов А. и др., 2018). Коровы испытывают тепловой стресс не только от высокой температуры воздуха, но и в совокупности с высокой или низкой влажностью, а также определенными особенностями технологии производства молока (Буряков Н.П. и др., 2016).

Температурно-влажностный индекс (ТВИ или THI – temperature-humidity index) является показателем технологии содержания коров (Второй В.Ф. и др., 2016; Полховская Н., 2016). Li G с соавторами (2020) предложили модель, включающую температуру окружающей среды, относительную влажность, скорость ветра, надой, временные блоки, ректальную температуру и частоту дыхания, и заявили, что модель лучше подавляет ошибку прогноза и имеет лучшую чувствительность и точность в распознавании теплового стресса.

В настоящее время степень проявления и тяжести теплового стресса у коров оценивают по классификации Zimbelman RB and Collier RJ (2011) (Кузьминова Е.В. и др., 2020), согласно которой ТВИ на уровне 68-71 соответствует слабому стрессу, 72-79 – умеренному, 80-89 – сильному и 90-99 – жесткому стрессу. ТВИ так же коррелирует с ректальной температурой и демонстрирует пороговые значения, выше которых животные будут страдать от теплового стресса (Шакиров Ш.К. и др., 2023). Однако уровень дискомфорта для коровы начинает негативно влиять на продуктивность по-разному. Так, Vernabucci U с коллегами (2014) в своих исследованиях установили, что у высокопродуктивных коров уже при ТВИ, равном 65-68 (а это, к примеру, всего при температуре +22 °С и влажности воздуха 40 %), возникают факторы воздействия на организм и здоровье животного. Не стоит забывать, что у животных, которые находятся в условиях ТВИ на уровне 65-75 единиц, уже включаются механизмы адаптации.

У крупного рогатого скота тепловой стресс пагубно влияет на физиологические функции, включая репродуктивные процессы. Воздействие на молочных коров высокой температуры окружающей среды приводит к уменьшению продолжительности и интенсивности течки за счет нарушения функции яичников, а также к снижению частоты наступления стельности после искусственного осеменения. ТВИ отрицательно коррелировал с длиной 16-дневного эмбриона, показывая, что оптимальная температура и относительная влажность являются наиболее важными факторами, необходимыми для успешного раннего эмбрионального развития. Несмотря на то, что уязвимость эмбриона крупного рогатого скота к тепловому стрессу после 7-го дня развития неясна, есть утверждение, что выживание эмбриона не зависит от теплового стресса матери. Тем не менее, сообщили, что тепловой стресс с 8-го по 16-й день эмбрионального развития снизил качество эмбриональных клеток мясного скота. Некоторые исследования показали, что воздействие на коров острого теплового стресса не было связано со снижением концентрации прогестерона (Kasimanickam R и Kasimanickam V, 2021). Повышенная концентрация прогестерона, наблюдаемая в этих случаях, была связана с секрецией прогестерона надпочечниками при остром тепловом стрессе. Интересно, что значительное снижение прогестерона обычно наблюдалось, когда коровы подвергались хроническому сезонному тепловому стрессу. Это можно приписать нарушению образования и функции желтого тела после аномального развития преовуляторных фолликулов у коров, подвергшихся тепловому стрессу. В исследовании Kasimanickam R и Kasimanickam V (2021) снижение концентрации прогестерона было замечено у коров, подвергшихся тепловому стрессу, и это снижение было связано со снижением выхода эмбрионов отличного качества и длины эмбриональной клетки при двухнедельном развитии. Следует отметить, что наблюдалось увеличение концентрации прогестерона и более крупные эмбрионы на 13-й и 16-й день развития после добавления прогестерона с 3-го дня эмбрионального развития и далее, подтверждая важность концентраций прогестерона.

У коров, подвергшихся тепловому стрессу, наблюдается повышенный уровень кортизола, который снижает синтез молочного белка и ингибирует выделение окситоцина. Все это приводит к тому, что у коров растет риск возникновения мастита и снижается содержание молочного жира в молоке (Карпач О.Е., 2023). Кроме этого, повышенный уровень кортизола вызывает нарушение полового цикла, вследствие чего происходит задержка овуляции и подавление иммунитета (Рудь Е.Н. и др., 2020).

Экстремально высокие температуры увеличивают вероятность аборт, а смертность животных может достигать до 5 % (Кузьмина Е.В. и др., 2022).

Биомаркер окислительного стресса изопростан-8 имел более высокую концентрацию у коров, подвергшихся кратковременному острому тепловому стрессу, и оказывал негативное влияние на выход эмбрионов, пригодных для пересадки (Kasimanickam R and Kasimanickam V, 2021). Хотя тепловой стресс не увеличивает перекисное окисление липидов и не снижает концентрации липидорастворимых антиоксидантов в крови. Повышенные уровни изопростана-8 у коров, подвергшихся тепловому стрессу, и коров с субклиническим эндометритом, вероятно, могут быть связаны с повышенными активными формами кислорода (АФК). Изопростаны непосредственно влияют на функциональные последствия окислительного стресса (например, через активацию простаноидного рецептора), влияя на функцию и регенерацию эндотелиальных клеток, тонус сосудов, гемостаз и ишемию. У коров, подвергшихся тепловому стрессу, внутриутробная среда была нарушена из-за снижения кровотока к матке.

Повышенные концентрации простагландина в матке отрицательно связаны с качеством эмбрионов и частотой наступления стельности и оказывают токсическое действие на развитие эмбрионов коров *in vitro* (Kasimanickam R and Kasimanickam V, 2021).

Влияние теплового стресса на зачатие и качество эмбриона после однократного осеменения отрицательно сказалось на производстве эмбрионов после суперовуляции, и эмбриональное развитие было нарушено в жаркие сезоны. Тепловой стресс может повышать уровень гормона стресса и потенциально нарушать раннее эмбриональное развитие (Kasimanickam R and Kasimanickam V, 2021). Было показано, что тепловой стресс увеличивает уровни окислительных маркеров, таких как TBARS, супероксиддисмутаза и каталаза в плазме и эритроцитах у коров.

Таким образом, в результате теплового стресса у лактирующих коров повышается уровень кортизола, пролактина, простагландина в крови, которые в свою очередь приводят к нарушению фолликулогенеза, качества ооцитов и функции желтого тела и в результате снижается уровень прогестерона и увеличивается концентрация изопростана-8, простагландина, что приводит к снижению качества эмбрионов после суперовуляции.

Статистически хорошо документированы сезонные эффекты теплового стресса на частоту двоен. Проанализировав более 8000 отелов, установлено, что при зачатии в жаркие месяцы двойни рождались в 6,9 % случаев, в прохладное время – в 3,9 % случаев (Куделич В., 2024).

Стратегия оптимизации содержания и кормления коров в условиях теплового стресса. Высокая температура воздуха – стресс, характерный для летнего периода. С целью реализации генетического потенциала необходимо минимизировать отрицательное влияние теплового стресса на организм животных (Бокзонади А., 2021; Фабер В. и др., 2020а). Для этого имеются следующие методы профилактики и борьбы с последствиями теплового стресса (Пирон О. и Малинин И., 2015; Буряков Н.П. и др., 2016): усовершенствование технологии содержания; кормления; выведение новых пород и типов, устойчивых к тепловому стрессу (Буряков Н.П. и др., 2016).

Для снижения теплового риска необходима установка в коровниках систем вентиляции, которые окупаются за счет снижения потерь молока из-за теплового стресса. Существуют системы принудительной вентиляции. В условиях нашего изменяющегося климата можно устанавливать циркуляционные вентиляторы, которые обеспечивают движение воздуха вдоль коровника (Муханина Е.Н. и др., 2024; Шакиров Ш.К. и др., 2023).

Более сложный метод – охлаждение животных путем распыления мелкодисперсного тумана или сильных струй воды. Важно сочетать применение вентиляции и систем орошения (Воронов Д. и др., 2024). Уменьшение количества животных в группе, достаточный фронт поения также являются одними из методов, используемых на практике (Уоррен Х., 2023). При этом потребность в воде при тепловом стрессе увеличивается на 50 %. Необходимо следить за влажностью кормосмеси и при сортировке добавлять в нее воду (Пирон О. и Малинин И., 2015). Оптимальная влажность кормосмеси должна составлять 55-60 %.

Для нормального функционирования рубцового пищеварения кормосмесь должна быть прохладной, без признаков разогрева и дрожжевой активности. Чтобы добиться такого эффекта, следует использовать консервированные корма с высокой аэробной стабильностью, так же правильно организовать их ежедневную выемку, обеспечивая равномерный забор по всему срезу траншеи на глубину не менее 20-30 см (Пирон О. и Малинин И., 2015).

Во время теплового стресса из-за снижения потребления корма рекомендуется изменить время и число кормлений животных. Известно, что 2/3 суточного количества корма коровы поедают в ночное время, ежедневная порция рациона тоже должна рассчитываться из этого соотношения. С учетом этого целесообразно изменить время кормления животных и скармливать 30-40 % суточного рациона рано утром в 5 часов и 60-70 % – вечером, примерно с 20 до 22 часов, предоставив возможность свободного доступа к свежему корму (Буряков Н.П. и др., 2016; Бокзонади А., 2021). Также следует учитывать то, что при однократном кормлении возникает риск аэробной ферментации кормосмеси, вследствие чего происходит ее нагревание, потеря энергии и питательных веществ. А это снова ведет к снижению поедаемости (Шакиров Ш.К. и др., 2021).

В рационах необходимо увеличить энергонасыщенность сухого вещества. Во избежание развития ацидоза лучше всего использовать корма богатые энергией за счет высокого содержания жира, а не крахмалосодержащих веществ. Допускается вводить в рацион до 5 % в сухом веществе незащищенного жира или 5-7 % защищенного. Переваривание защищенных жиров сопровождается небольшим выделением тепла (Буряков Н.П. и др., 2016).

Одним из важных компонентов рациона является протеин (Лебедев С.В. и др., 2018б). Избыток протеина в рационе, особенно быстро расщепляемый в рубце, может усиливать теплообразование, увеличив потребность коровы в энергии, что нежелательно, когда потребность сухого вещества снижена. Кроме того, избыток протеина повышает уровень азота и мочевины в крови, что, как известно, негативно влияет на эффективность использования протеина рациона и на молочную продуктивность коров (Уоррен Х., 2023). Поэтому его концентрация в рационе не должна превышать 18 % в сухом веществе (Полховская Н., 2016). Лучше в жаркие дни уделить внимание источникам транзитного протеина. Его доля в общем количестве сырого протеина должна составлять не менее 40 % (Карпач О.Е., 2023).

В обычных климатических условиях организм самостоятельно регулирует уровень pH рубца, благодаря слюне, но из-за воздействия жары организм с потом и мочой теряет большое количество минералов, особенно буферных элементов – гидрокарбоната или бикарбоната натрия, тем самым нарушается баланс электролитов. Возникает состояние метаболического ацидоза, и только применение бикарбоната натрия в дозе 0,7-1,0 % от сухого вещества рациона, а также увеличение концентрации в рационе калия до 1,5 %, магния – до 0,4 %, натрия – до 0,6 % и других буферных кормовых добавок поможет предотвратить негативные процессы в метаболизме животных (Буряков Н.П. и др., 2016). Хорошие результаты дает удвоение нормы ввода в премиксы таких макроэлементов, как цинк, медь, селен, и витаминов С, Е, чтобы снизить окислительные реакции в организме (Шакиров Ш.К. и др., 2023; Харламов А.В. и др., 2024), а также добавление органоминеральных комплексов на основе ультрадисперсных частиц оксидов хрома и кремния, янтарной кислоты, каротинсинтезирующих дрожжей (Шейда Е.В. и др., 2020; Камирова А.М. и др., 2024; Довыденкова М.В. и др., 2024). Нуржанов Б.С. с коллегами (2024) разработали комбикорм, в составе которого увеличен ряд микроэлементов: цинка – на 9,4 %, марганца – на 125 %, кобальта – на 67 %, железа – на 9,1 % и хрома – 33,3 % по сравнению с нормами 2001 года, в результате увеличилось потребление комбикормов на 24,4 % и продуктивность молочных коров – в среднем на 4,5 %.

Известно, что любой стресс, в том числе тепловой, негативно влияет на выработку инсулина поджелудочной железой, который способствует ускорению метаболизма глюкозы, мобилизации жира из депо, чтобы компенсировать недостаток энергии (Фабер В. и др., 2020б). При этом также ускоряется мобилизация такого малоизученного и незаменимого микроэлемента, как хром, а именно его компонента хром-медулина, играющего ключевую роль в реакции клеток на

инсулин (Куделич В., 2024) с последующей его экскрецией (Уоррен Х., 2023). Установлено, что дополнение рациона пиколином хрома в дозе 8 мг/кг сухого вещества стимулирует белковый и липидный обмен, а также увеличивает биодоступность основных макро- и микроэлементов (Шошина О.В., 2024). Добавление хрома в рационы крыс приводило к уменьшению уровня холестерина в плазме крови (Кузнецов С.Г. и Калашник В.И., 2002).

Многочисленные исследования активности гидролитических ферментов микроорганизмов рубца показали, что добавление хром-метионина в инкубационную среду азотсодержимым рубца имело более выраженное стимулирующее влияние на пролиферацию микробных клеток и метаболическую активность по сравнению с добавлением неорганического хрома (Lebedev S et al., 2018; Лебедев С.В. и др., 2018а,в,г; Левахин Г.И. и др., 2018; Губайдуллина И.З. и др., 2018).

Так как в тонком кишечнике животных всасывается менее 2 % неорганического хрома (Крохина В.А. и др., 1989), поэтому в рацион животных необходимо вводить дополнительный биодоступный органический хром, который стимулирует активность инсулина, повышает потребление глюкозы и энергии клетками организма, улучшает обмен веществ, а также снижает концентрацию кортизола, противодействуя стрессу (Куделич В., 2024).

Для практического решения этой проблемы нами разработаны оригинальные отечественные технологии синтеза, востребованного в современном высокопродуктивном животноводстве, органического хрома и его комплексных композиций с другими микроэлементами и витаминами. Новые перспективные соединения созданы совместно с учеными УФИЦ РАН и НПП «Уралтехпром». В настоящее время опытные партии проходят фармако-токсикологическую оценку в творческом содружестве с учеными Казанской ГАВМ. Такие кормовые добавки позволяют нивелировать негативное влияние на обменные процессы и продуктивность животных не только теплового, но и физиологического, технологического стрессов в течение круглого года.

Наряду с традиционными буферными добавками более 90 % высокопродуктивные коровы Европы и США получают в рационах специальные пробиотические препараты на основе штаммов дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisia* как в отдельности, так и в комплексе с другими буферными компонентами.

Разработанная нами комплексная добавка «Цеол-буфер» состоит из активированного цеолита (64 %), бикарбоната натрия (16 %), окиси магния (16 %) и препарата И-Сак^{1• 2•} (4 %), которая позволила оптимизировать pH рубцовой жидкости и активизировать утилизацию молочной кислоты, способствовала развитию целлюлозолитических бактерий и грибов, обеспечивающих полную и быструю ферментацию клетчатки. Это привело к повышению молочной продуктивности коров на 13,8 %, увеличению выходу молочного жира и белка – на 16,5 %.

Снизить метаболический и рубцовый ацидоз и восполнить потерю буферных элементов позволяют также углеводно-витаминно-минеральные концентраты-лизунцы, в состав которых входят такие буферные соединения, как бикарбонат натрия, окись магния, другие макро- и микроэлементы и витамины. При этом дополнительно роль буферов, а также адсорбентов, играют цеолиты, бентонитовая глина и сапропель, в процессе лизания которых секретируется обильное выделение слюны, нормализующей pH рубца, что предупреждает ацидоз и улучшает рубцовое пищеварение.

В настоящее время коллективом авторов ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, ФГБОУ ВО «Казанская ГАВМ им. Н.Э. Баумана» и Опытной станции «Уфимский» УФИЦ РАН разработано и освоено производство целой линейки УВМК-лизунцов: «Хазинэ», «Салават», «Вита-Баланс» и «Урал-Микс».

Использование таких лизунцов в качестве дополнительной балансирующей и профилактической добавки в рационах лактирующих коров привело к улучшению физиолого-биохимических показателей крови, рубцового пищеварения, повысилась молочная продуктивность на 8,3 %, возрос выход молочного жира и белка на 9,9 %. В результате введения в рацион специальных составов УВМК-лизунцов козوماتкам также установлено увеличение молочной

продуктивности на 5,8 %, а массовой доли жира и белка в молоке – на 0,37 и 0,10 % соответственно (Хайруллин Д.Д. и др., 2020). Перспективным научным направлением является селекция коров с повышенной устойчивостью к тепловому стрессу. Существует генетическая изменчивость по термотолерантности, которую можно использовать путем отбора. Недавние достижения в геномной селекции открывают новые возможности для разведения термотолерантного молочного скота.

В настоящее время известно, что белок теплового шока 70 (HSP70) является одним из ключевых генов семейства белков теплового шока, связанных с реакцией на тепловой стресс (Муханина Е.Н. и др., 2024). Высокополиморфные области в генах семейства HSP, ассоциированные с термотолерантностью и эксплуатационными характеристиками, делают эти гены потенциальными кандидатами для отбора животных с помощью маркеров (Муханина Е.Н. и др., 2024; Efimova IO et al., 2020; Hassan F et al., 2019).

В ходе наших ранее проведенных исследований по изучению влияния высоких температур на показатели продуктивности и качество молока высокопродуктивных коров голштинской породы установлено, что наивысший удой зафиксирован в июне (36,92-38,84 кг). Далее, от месяца к месяцу, в зависимости от температуры и влажности окружающей среды, наблюдается снижение уровня продуктивности. Общая потеря молока с первого летнего месяца по сравнению с последним составила в пределах 4,48-6,75 кг, или 11,5-17,5 % ($p < 0,001$). При круглогодичной однотипной системе содержания и кормления, а также синхронизации осеменений высокопродуктивного скота, фактор снижения молочной продуктивности нивелируется в зависимости от сезона года и месяца лактации коров в стаде. Максимальные потери наблюдаются у коров-носителей гетерозиготного генотипа C/- гена HSP70.1. Самыми устойчивыми к воздействиям высоких температур являлись животные, имеющие в локусе гена HSP70.1-MspR 9I гомозиготный C/C генотип (Сафина Н.Ю. и др., 2023). Аналогичные результаты, полученные в результате экспериментов другими авторами (Efimova IO et al., 2020; Mariana E et al., 2020) с различными породами скота, так же указывают на высокие удои животных с генотипами C/C (Муханина Е.Н. и др., 2024).

Следует отметить, что, не смотря на умеренно-высокий ТВИ, на протяжении всего опытного периода коровы в условиях роботизированной мегафермы смогли сохранить стабильно хороший уровень среднесуточного удоя по сравнению с показателями подопытных животных, находящихся в коровниках с традиционным привязным содержанием (Муханина Е.Н. и др., 2024).

Заключение.

В условиях участвовавшего количества экстремально высоких летних засух объективно возникает необходимость в структурно-значимых изменениях сырьевого конвейера кормопроизводства за счет интродукции нетрадиционных засухоустойчивых сорговых культур, а также культур с коротким периодом вегетации. При этом также важно скорректировать структуру рационов, обогащенных кормовыми добавками, снижающими производство метаболического тепла в организме животных.

Тепловой стресс пагубно влияет на физиологические функции, включая репродуктивные процессы, в результате которых у лактирующих коров повышается уровень кортизола, пролактина, простагландина в крови, вследствие чего снижаются фертильные качества скота.

Достижения геномной селекции открывают новые уникальные возможности для создания высокопродуктивных популяций термотолерантного крупного рогатого скота и способны стать ценной стратегией смягчения последствий теплового стресса.

Список источников

1. Абилов А., Жаворонкова Н., Абилова С. Не перегревайте ваших коров // Животноводство России. 2018. № 5. С. 51-54. [Abilov A, Zhavoronkova N, Abilova S. Do not overheat your cows. Zhivotnovodstvo Rossii. 2018;5:51-54. (In Russ.)].

2. Активность пищеварительных ферментов и количество пищеварительных соков у телят при использовании в рационе различного по качеству протеина / Г.И. Левахин, И.С. Мирошников, В.А. Рязанов, В.В. Гречкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6(74). С. 244-245. [Levakhin GI, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Grechkina VV. Activity of digestive enzymes and the amount of digestive juices in calves fed diets containing protein of different quality. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018;6(74):244-245. (*In Russ.*)].
3. Анализ состояния и планирование производства кормов в сельхозпредприятиях Республики Татарстан / Ш.К. Шакиров, Е.О. Крупин, О.Л. Шайтанов и др. Казань: Издательский дом "Логос Пресс", 2022. 84 с. [Shakirov ShK, Krupin EO, Shaitanov OL, et al. Analiz sostojanija i planirovanie proizvodstva kormov v sel'-hozpredprijatijah Respubliki Tatarstan. Kazan': Izdatel'skij dom "Logos Press"; 2022:84 p. (*In Russ.*)].
4. Ассоциация полиморфизма гена коэнзим Q9 (COQ9) с показателями репродуктивных качеств голштинских коров / Н.Ю. Сафина, З.Ф. Фаттахова, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 3. С. 59-62. [Safina NYu, Fattakhova ZF, Gainutdinova ER, Shakirov ShK. Association of coenzyme Q9 (COQ9) gene polymorphism with indicators of reproductive qualities of Holstein cows. Russian Agricultural Science. 2023;3:59-62. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/S2500262723030110
5. Бокзонади А. Тепловой стресс. Контроль состояния дойных коров // Эффективное животноводство. 2021. № 3(169). С. 98-101. [Bokzonadi A. Teplovoj stress. Kontrol' sostojanija dojnyh korov. Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2021; 3(169):98-101. (*In Russ.*)].
6. Большаков А.З., Целовальников И.К., Семенова Ф.К. Зерновое сорго как новый кормовой ресурс для КРС молочного и мясного направления в условиях планетарного потепления климата // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 109-113. [Bolshakov AZ, Tselovalnikov IK, Semenova FK. Grain sorghum as a new feed resource for dairy and meat cattle in the conditions of planetary warming. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2023;2:109-113. (*In Russ.*)].
7. Буряков Н.П., Бурякова М.А., Алешин Д.Е. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота // Российский ветеринарный журнал. 2016. № 3. С. 5-13. [Buryakov NP, Buryakova MA, Aleshin DE. Heat stress and feeding features of the dairy cattle. Russian Veterinary Journal. 2016;3:5-13. (*In Russ.*)].
8. Влияние наночастиц хрома на активность пищеварительных ферментов и морфологические и биохимические параметры крови телёнка / С.В. Лебедев, О.В. Кван, И.З. Губайдуллина, И.А. Гавриш, В.В. Гречкина, Б. Момчилович, Н.И. Рябов // Животноводство и кормопроизводство. 2018а. Т. 101. № 4. С. 136-142. [Lebedev SV, Kvan OV, Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Grechkina VV, Momčilović B, Ryabov NI. Effect of chromium nanoparticles on digestive enzymes activity and morphological and biochemical parameters of calf blood. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018a;101(4):136-142. (*In Russ.*)].
9. Влияние различных источников протеина в рационе на всасывание питательных веществ в желудочно-кишечном тракте животного / С.В. Лебедев, Г.И. Левахин, И.З. Губайдуллина, И.В. Маркова, Е.В. Шейда // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018б. № 6(74). С. 205-208. [Lebedev SV, Levakhin GI, Gubaidullina IZ, Markova IV, Sheyda EV. Effect of different protein sources in the ration on nutrients assimilation in the digestive tract of animals. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018b;6(74):205-208. (*In Russ.*)].
10. Влияние ультрадисперсных частиц хрома и пиколината хрома на гематологические показатели крови лабораторных животных / С.В. Лебедев, И.А. Гавриш, О.В. Кван, Е.А. Русакова, И.З. Губайдуллина // Технологии живых систем. 2018в. Т. 15, № 4. С. 57-61. [Lebedev SV, Gavrish IA, Kvan OV, Rusakova EA, Gubaidullina IZ. The effect of nanoparticles chromium and chromium picolinate on hematological parameters of blood in laboratory animals. Technologies of Living Systems. 2018c;15(4):56-61. (*In Russ.*)]. doi: 10.18127/j20700997-201804-07

11. Воздействие ультрадисперсных частиц хрома различной дозировки на элементный статус цыплят-бройлеров / И.З. Губайдуллина, И.А. Гавриш, И.В. Маркова, А.С. Мустафина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6(74). С. 263-265. [Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Markova IV, Mustafina AS. Effect of ultradispersed chrome particles of different dosage on the elemental status of broilers-chicks. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018;6(74):263-265. (*In Russ.*)].
12. Воронов Д., Сенько А., Сутько С. Механизма развития термостресса у коров: современные научные данные // Белорусское сельское хозяйство. 2024. № 5(263). С. 39-42. [Voronov D, Senko A, Sutko S. Mehanizma razvitija termostressa u korov: sovremennyye nauchnye dannye. Belarusian Agriculture. 2024;5(263):39-42. (*In Russ.*)].
13. Галимова Р.Г. Анализ изменений температурно-влажностного режима на территории Республики Башкортостан в современный период // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2020. Т. 30, № 1. С. 83-93. [Galimova RG. Analysis of changes in temperature and humidity regime in the republic of Bashkortostan in recent period. Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2020;30(1):83-93. (*In Russ.*)]. doi: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-83-93
14. Головань В.Т., Юрин Д.А., Кучерявенко А.В. Способы и устройства защиты скота от интенсивного излучения на юге России // Эффективное животноводство. 2017. № 4(134). С. 60-63. [Golovan VT, Yurin DA, Kucheryavenko AV. Sposoby i ustrojstva zashhity skota ot intensivnogo izlucheniya na juge Rossii. Effektivnoe zhivotnovodstvo. 2017;4(134):60-63. (*In Russ.*)].
15. Естественные травостои – как резерв увеличения производства и качества кормов: справочник / О.Л. Шайтанов, Р.М. Низамов, Ш.К. Шакиров, Р.Х. Идиятова. Казань: Изд-во АН РТ, 2022. 51 с. [Shaitanov OL, Nizamov RM, Shakirov ShK, Idiyatova RKh. Estestvennye travostoi – kak rezerv uvelicheniya proizvodstva i kachestva kormov: spravochnik. Kazan': Izd-vo AN RT; 2023:51 p. (*In Russ.*)].
16. Изучение негативного влияния теплового стресса на показатели молочной продуктивности коров при различных способах содержания / Е.Н. Муханина, Ш.К. Шакиров, Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 4. С. 509-517. [Mukhanina EN, Shakirov ShK, Safina NYu, Gainutdinova ER. Study of the negative effect of heat stress on dairy productivity of cows under different housing methods. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024;4:509-517. (*In Russ.*)]. doi: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.267
17. Камалова Р.Г., Козлова А.С., Фирстов А.О. Современные изменения агроклиматических ресурсов в природно-сельскохозяйственных зонах Республики Башкортостан в теплый период // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2023. Т. 33. № 4. С. 434-444. [Kamalova RG, Kozlova AS, Firstov AO. Modern changes in agroclimatic resources in natural agricultural zones of the Republic of Bashkortostan during warm period. Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2023;33(4):434-444. (*In Russ.*)]. doi: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-434-444
18. Карпач О.Е. Причины и профилактика теплового стресса у коров // Наше сельское хозяйство. 2024. № 10(330). С.54-58. [Karpach OE. Prichiny i profilaktika teplovogo stressa u korov. Nashe sel'skoe hozjajstvo. 2024;10(330):54-58. (*In Russ.*)].
19. Карпач О.Е. Тепловой стресс у коров: причины и профилактика // Наше сельское хозяйство. 2023. № 14(310). С. 4-12. [Karpach OE. Heat stress in cows: causes and prevention. Our agriculture. 2023;14(310):4-12. (*In Russ.*)].
20. Крохина В.А., Илюхина Л.А., Хренов А.А. Комбикорма, добавки и премиксы в кормлении высокопродуктивных коров // Новое в кормлении высокопродуктивных животных: сб. науч. тр. М.: Агропромиздат, 1989. С. 65-73. [Krokhina VA, Ilyukhina LA, Khrenov AA. Kombikorma, dobavki i premiksy v kormlenii vysokoproduktivnyh korov. Novoe v kormlenii vysokoproduktivnyh zhivotnyh: sb. nauch. tr. Moscow: Agropromizdat; 1989:65-73. (*In Russ.*)].

21. Куделич В. Тепловой стресс и воспроизводство молочного скота: стратегия смягчения // Белорусское сельское хозяйство. 2024. № 5(265). С. 32-35. [Kudelich V. Teplovoj stress i vosproizvodstvo molochного skota: strategija smjagchenija. Belarusian Agriculture. 2024;5(265):32-35. (In Russ.)].
22. Кузнецов С.Г., Калашник В.И. Эффективность использования премиксов в кормлении дойных коров // Зоотехния. 2002. № 2. С. 14-18. [Kuznetsov SG, Kalashnik VI. Effectivity of premix using in cow in-milk feeding. Zootechniya. 2002;2:14-18. (In Russ.)].
23. Многообразие различных жиродержащих препаратов с включением микро- и наноэлементов в кормлении животных (обзор) / Б.С. Нуржанов, Ю.И. Левахин, В.А. Рязанов, Е.Б. Джуламанов, М.М. Поберухин // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102, № 1. С. 149-163. [Nurzhanov BS, Levakhin YuI, Ryazanov VA, Dzhulamanov EB, Poberukhin MM. Variety of different fat-containing drugs including micro- and nanoelements in animal feeding (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2019;102(1):149-163. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-149
24. Научно-практические аспекты коррекции витаминно-минерального питания жвачных животных / Д.Д. Хайруллин и др. Казань: Казан. гос. академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2020. 172 с. [Khairullin DD, et al. Nauchno-prakticheskie aspekty korrekcii vitaminno-mineral'nogo pitaniya zhvachnyh zhiivotnyh. Kazan: Kazanskaja gosudarstvennaja akademija veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana; 2020: 172 p. (In Russ.)].
25. Нуржанов Б.С., Логачев К.Г., Дускаев Г.К. Эффективность использования комбикормов с скорректированной минеральной питательностью по различным нормативам NRC и NASEM на молочную продуктивность коров // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 4. С. 169-176. [Nurzhanov BS, Logachev KG, Duskaev GK. Efficiency of compound feeds with adjusted mineral nutrition according to various NRC and NASEM standards on milk productivity of cows. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(4):169-176. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-169
26. Органоминеральный комплекс на основе ультрадисперсных кремнийсодержащих частиц, как модулятор микробиома желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота / А.М. Камирова, Е.А. Сизова, А.П. Иванищева, Д.Е. Шошин, Е.В. Яушева // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 13-26. [Kamirova AM, Sizova EA, Ivanishcheva AP, Shoshin DE, Yausheva EV. The organic mineral complex based on ultrafine silicon-containing particles as a microbiome modulator of gastrointestinal tract of cattle. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(2):13-26. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-13
27. Оценка влияния ультрадисперсных частиц Cr_2O_3 на метаболические процессы в организме телят, выращиваемых на белковых рационах / Е.В. Шейда, С.В. Лебедев, С.А. Мирошников, В.В. Гречкина, В.А. Рязанов // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 14-25. [Sheyda EV, Lebedev SV, Miroshnikov SA, Grechkina VV, Ryazanov VA. Assessment of influence of ultrafine particles of Cr_2O_3 on metabolic processes in the body of calves raised on protein diets. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020;103(4):14-25. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-14
28. Оценка состояния температурно-влажностного режима в коровнике с использованием графического информационного моделирования / В.Ф. Вторый, В.В. Гордеев, С.В. Вторый, Е.О. Ланцова // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. № 4(24). С. 67-72. [Wtory VF, Gordeev VV, Wtory SV, Lantsova EO. The cowsheds temperature-and-humidity conditions with graphic information modeling using assessment. Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhiivotnovodstva. 2016;4(24):67-72. (In Russ.)].
29. Переваривание питательных веществ в различных отделах желудочно-кишечного тракта в зависимости от качества протеина в рационе у телят / С.В. Лебедев, О.В. Кван, Е.В. Шейда, И.В. Маркова, И.З. Губайдуллина, В.В. Гречкина, В.Л. Королёв // Животноводство и кормопроизводство. 2018г. Т. 101. № 4. С. 158-163. [Lebedev SV, Kvan OV, Sheyda EV, Markova IV,

Gubaidullina IZ, Grechkina VV, Korolyov VL. Digestion of nutrients in different sections of the gastrointestinal tract depending on protein quality in the calves diet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2018g;101(4):158-163. (In Russ.).

30. Пирон О., Малинин И. Как пережить тепловой стресс и не потерять молоко // Животноводство России. 2015. № 6. С.48-50. [Piron O, Malinin I. How to live through thermal stress and not to lose milk. Zhivotnovodstvo Rossii. 2015;6:48-50. (In Russ.).]

31. Полховская Н. Тепловой стресс: влияние на продуктивность коров // Комбикорма. 2016. № 6. С. 52-55. [Polkhovskaya N. Teplovoj stress: vlijanie na produktivnost' korov. Combined Feed. 2016;6:52-55. (In Russ.).]

32. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве / Е.Н. Рудь, Е.В. Кузьминова, М.П. Семененко и др. // Ветеринария Кубани. 2020. № 3. С.10-11. [Rud EN, Kuzminova EV, Semenenko MP, et al. Heat stress problem in dairy farming. Veterinaria Kubani. 2020;3:10-11. (In Russ.).] doi: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11

33. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве / Е.В. Кузьминова, М.П. Семененко, А.А. Абрамов, Н.А. Рудь, Е.Н. Рудь // Ветеринария Кубани. 2020. № 3. С. 10-11. [Kuzminova EV, Semenenko MP, Abramov AA, Rud NA, Rud EN. Heat stress problem in dairy farming. Veterinaria Kubani. 2020;3:10-11. (In Russ.).] doi: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11

34. Современные технологии в кормопроизводстве и животноводстве, проблемы и пути их решения (500 вопросов и ответов): справочник / Ш.К. Шакиров, О.Л. Шайтанов, М.А. Сушенцова и др. 4-е изд., дораб. и доп. Казань: Изд-во АН РТ, 2023. 416 с. [Shakirov ShK, Shajtanov OL, Sushencova MA, et al. Sovremennye tehnologii v kormoproizvodstve i zhivotnovodstve, problemy i puti ih reshenija (500 voprosov i otvetov): spravochnik . 4-e izd., dorab. i dop. Kazan': Izd-vo AN RT; 2023: 426 p. (In Russ.).]

35. Сорговые культуры в зелёном и сырьевом конвейерах регионального кормопроизводства / А.В. Дронов, В.В. Дьяченко, С.А. Бельченко, В.Ю. Симонов // Вестник Брянской ГСХА. 2016. № 2(54). С. 52-58. [Dronov AV, Dyachenko VV, Belchenko SA, Simonov VYu. Sorghum crops in the green and raw material conveyors of the regional forage production. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2016;2(54):52-58. (In Russ.).]

36. Теория и практика производства и использования объемистых кормов / Ш.К. Шакиров, О.Л. Шайтанов, Е.О. Крупин и др. 2-изд., дораб. и доп. Казань: ФЭН, 2021. 292 с. [Shakirov ShK, Shaitanov OL, Krupin EO, et al. Teorija i praktika proizvodstva i ispol'zovanija obemistykh kormov. 2-izd., dorab. i dop. Kazan': FEN; 2021:292 p. (In Russ.).]

37. Уоррен Х. Нивелирование негативных последствий теплового стресса на предприятии. International Dairy Topics. 2024. № 3(16). С. 7-9. [Warren H. Mitigating the Negative Consequences of Heat Stress in the Enterprise. International Dairy Topics. 2024;3(16):7-9. (In Russ.).]

38. Фабер В., Акмалиев Т., Гусева О. Минеральное питание жвачных // Животноводство России. 2020а. № 5. С. 30-33. [Faber W, Akmaliev T, Guseva O. Mineral nutrition for ruminants. Zhivotnovodstvo Rossii. 2020a;5:30-33. (In Russ.).]

39. Фабер В., Акмалиев Т.А., Гусева О.А. Хром для крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2020б. № 4. С. 42-45. [Faber W, Akmaliev TA, Guseva OA. Chromium for ruminants. Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2020b;4:42-45. (In Russ.).]

40. Фармокоррекция теплового стресса у молочного скота: метод. рекомендации / Е.В. Кузьминова, Е.Н. Рудь, М.П. Семененко, О.Ю. Черных, Д.В. Оsepчук, А.А. Абрамов, К.А. Семененко. Краснодар: Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии. 2022. 47 с. [Kuzminova EV, Rud EN, Semenenko MP, Chernykh OYu, Osepchuk DV, Abramov AA, Semenenko KA. Farmokorrekcija teplovogo stressa u molochного skota: metod. rekomendacii. Krasnodar: Krasnodarskij nauchnyj centr po zootehnii i veterinarii; 2022: 47 p. (In Russ.).] doi: 10.48612/monograph-2022-4

41. Формирование приспособленности животных к температурам среды / Д.В. Степанов, А.К. Гаффоров, А.В. Мамаев, Н.Д. Родина // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2015. № 1(52). С. 51-60. [Stepanov DV, Gafforov AK, Mamaev AV, Ro-

dina ND. Formation of animals adaptation to the environmental temperatures. Vestnik OrelGAU. 2015;1(52):51-60. (In Russ.).

42. Харламов А.В., Фролов А.Н., Ильин В.В. Влияние кормовых добавок, содержащих Zn и Se органической формы, на продуктивные и гематологические показатели бычков чёрно-пёстрой породы при заключительном откорме // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 3. С. 79-88. [Kharlamov AV, Frolov AN, Ilyin VV. The influence of feed additives containing organic Zn and Se on productive and hematological parameters of Black Spotted bulls on final fattening. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(3):79-88. (In Russ)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-3-79

43. Шайтанов О.Л., Тагиров М.Ш. Основные тенденции изменения климата Татарстана в XIX веке. Казань: Фолиант, 2018. 63 с. [Shaitanov OL, Tagirov MSh. Osnovnye tendencii izmeneniya klimata Tatarstana v XIX veke. Kazan': Foliant; 2018: 63 p. (In Russ.).]

44. Шошина О.В. Оценка элементного и биохимического состава сыворотки крови при включении в рацион бычков казахской белоголовой породы пиколината хрома // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 1. С. 31-41. [Shoshina OV. Assessment of the elemental and biochemical composition of blood serum after inclusion of chromium picolinate in Kazakh White-Headed bulls' diet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):31-41. (In Russ.).] doi: 10.33284/2658-3135-107-1-31

45. Эффективность использования каротинсинтезирующих дрожжей *Rhodotorula spp.* в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор) / М.В. Довыденкова, Е.Н. Колодина, Д.А. Никанова, Т.И. Логвинова, О.А. Артемьева // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 149-169. [Dovydenkova MV, Kolodina EN, Nikanova DA, Logvinova TI, Artemyeva OA. Efficiency of using carotene-synthesizing yeast *Rhodotorula spp.* in the feeding of farm animals (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(2):149-169. (In Russ.).] doi: 10.33284/2658-3135-107-2-149

46. Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2014;97(1):471-486. doi: 10.3168/jds.2013-6611

47. Brown-Brandt TM. Understanding heat stress in beef cattle. Revista Brasileira de Zootecnia. 2018;47:e20160414. doi: 10.1590/rbz4720160414

48. Efimova IO, Zagidullin LR, Khisamov RR, Akhmetov TM, Shaidullin RR, Tyulkin SV, Gilmanov KhKh. Assessment on milk productivity and milk quality in cattle with different genotypes by HSP70.1 gene. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;604:012016. doi: 10.1088/1755-1315/604/1/012016

49. Hassan F, Nawaz A, Rehman MS, Ali MA, Dilshad SMR, Yang Ch. Prospects of HSP70 as a genetic marker for thermo-tolerance and immuno-modulation in animals under climate change scenario. Animal Nutrition. 2019;5(4):340-350. doi: 10.1016/j.aninu.2019.06.005

50. Kasimanickam R, Kasimanickam V. Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. Scientific Reports. 2021;11:14839. doi: 10.1038/s41598-021-94278-2

51. Lebedev S, Gavrish I, Rusakova E, Kvan O, Gubaidullina I. Influence of various chromium compounds on physiological, morpho-biochemical parameters, and digestive enzymes activity in Wistar rats. Trace Elements and Electrolytes. 2018;35(4):242-245. doi: 10.5414/TEX0155419

52. Li G, Chen S, Chen J, Peng D, Gu X. Predicting rectal temperature and respiration rate responses in lactating dairy cows exposed to heat stress. J Dairy Sci. 2020;103:5466-5484. doi: 10.3168/jds.2019-16411

53. Mariana E, Sumantri C, Astuti DA, Anggraeni A, Gunawan A. Association of HSP70 gene with milk yield and milk quality of Friesian Holstein in Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020;425:012045. doi: 10.1088/1755-1315/425/1/012045

54. Zimbelman RB, Collier RJ. Feeding strategies for high producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 2011:111-126.

References

1. Abilov A, Zhavoronkova N, Abilova S. Do not overheat your cows. *Animal Husbandry of Russia*. 2018;5:51-54.
2. Levakhin GI, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Grechkina VV. Activity of digestive enzymes and the amount of digestive juices in calves fed diets containing protein of different quality. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;6(74):244-245.
3. Shakirov ShK, Krupin EO, Shaitanov OL, et al. Analysis of the state and planning of feed production in agricultural enterprises of the Republic of Tatarstan. Kazan: Publishing house "Logos Press";2022:84.
4. Safina NYu, Fattakhova ZF, Gainutdinova ER, Shakirov ShK. Association of coenzyme Q9 (COQ9) gene polymorphism with indicators of reproductive qualities of Holstein cows. *Russian Agricultural Science*. 2023;3:59-62. doi: 10.31857/S2500262723030110
5. Bokzonadi A. Eat stress. Monitoring the condition of dairy cows. *Effective Animal Husbandry*. 2021;3(169):98-101.
6. Bolshakov AZ, Tselovalnikov IK, Semenova FK. Grain sorghum as a new feed resource for dairy and meat cattle in the conditions of planetary warming. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2023;2:109-113.
7. Buryakov NP, Buryakova MA, Aleshin DE. Heat stress and feeding features of the dairy cattle. *Russian Veterinary Journal*. 2016;3:5-13.
8. Lebedev SV, Kvan OV, Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Grechkina VV, Momčilović B, Ryabov NI. Effect of chromium nanoparticles on digestive enzymes activity and morphological and biochemical parameters of calf blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018a;101(4):136-142.
9. Lebedev SV, Levakhin GI, Gubaidullina IZ, Markova IV, Sheyda EV. Effect of different protein sources in the ration on nutrients assimilation in the digestive tract of animals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018b;6(74):205-208.
10. Lebedev SV, Gavrish IA, Kwan OV, Rusakova EA, Gubaidullina IZ. The effect of nanoparticles chromium and chromium picolinate on hematological parameters of blood in laboratory animals. *Technologies of Living Systems*. 2018c;15(4):56-61. doi: 10.18127/j20700997-201804-07
11. Gubaidullina IZ, Gavrish IA, Markova IV, Mustafina AS. Effect of ultradispersed chrome particles of different dosage on the elemental status of broilers-chicks. *Bulletin of Orenburg State Agrarian University*. 2018;6(74):263-265.
12. Voronov D, Senko A, Sutko S. Mechanism of development of thermal stress in cows: modern scientific data. *Belarusian Agriculture*. 2024;5(263):39-42.
13. Galimova RG. Analysis of changes in temperature and humidity regime in the republic of Bashkortostan in recent period. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2020;30(1):83-93. doi: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-83-93
14. Golovan VT, Yurin DA, Kucheryavenko AV. Methods and devices for protecting livestock from intense radiation in the south of Russia. *Effective Animal Husbandry*. 2017;4(134):60-63.
15. Shaitanov OL, Nizamov RM, Shakirov ShK, Idiyatova RKh. Natural grass stands as a reserve for increasing the production and quality of feed: reference book. Kazan: Publishing house of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan; 2023: 51 p.
16. Mukhanina EN, Shakirov ShK, Safina NYu, Gainutdinova ER. Study of the negative effect of heat stress on dairy productivity of cows under different housing methods. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2024;4:509-517. doi: 10.52419/issn2072-2419.2023.3.267
17. Kamalova RG, Kozlova AS, Firstov AO. Modern changes in agroclimatic resources in natural agricultural zones of the Republic of Bashkortostan during warm period. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2023;33(4):434-444. doi: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-434-444
18. Karpach OE. Causes and prevention of heat stress in cows. *Our agriculture*. 2024;10(330):54-58.

19. Karpach OE. Heat stress in cows: causes and prevention. *Our agriculture*. 2023;14(310):4-12.
20. Krokhhina VA, Ilyukhina LA, Khrenov AA. Combined feed, additives and premixes in feeding highly productive cows. *New in Feeding Highly Productive Animals: collection of scientific papers*. Moscow: Agropromizdat: 1989:65-73.
21. Kudelich V. Heat stress and reproduction of dairy cattle: mitigation strategy. *Belarusian Agriculture*. 2024;5(265):32-35.
22. Kuznetsov SG, Kalashnik VI. Effectivity of premix using in cow in-milk feeding. *Zootechniya*. 2002;2:14-18.
23. Nurzhanov BS, Levakhin YuI, Ryazanov VA, Dzhulamanov EB, Poberukhin MM. Variety of different fat-containing drugs including micro- and nanoelements in animal feeding (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019;102(1):149-163. doi: 10.33284/2658-3135-102-1-149
24. Khairullin DD, et al. Scientific and practical aspects of correction of vitamin and mineral nutrition of ruminants. Kazan: Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman; 2020:172 p.
25. Nurzhanov BS, Logachev KG, Duskaev GK. Efficiency of compound feeds with adjusted mineral nutrition according to various NRC and NASEM standards on milk productivity of cows. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):169-176. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-169
26. Kamirova AM, Sizova EA, Ivanishcheva AP, Shoshin DE, Yausheva EV. The organic mineral complex based on ultrafine silicon-containing particles as a microbiome modulator of gastrointestinal tract of cattle. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):13-26. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-13
27. Sheyda EV, Lebedev SV, Miroshnikov SA, Grechkina VV, Ryazanov VA. Assessment of influence of ultrafine particles of Cr₂O₃ on metabolic processes in the body of calves raised on protein diets. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):14-25. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-14
28. Wtory VF, Gordeev VV, Wtory SV, Lantsova EO. The cowsheds temperature-and-humidity conditions with graphic information modeling using assessment. *Bulletin of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry Mechanization*. 2016;4(24):67-72.
29. Lebedev SV, Kvan OV, Sheyda EV, Markova IV, Gubaidullina IZ, Grechkina VV, Korolyov VL. Digestion of nutrients in different sections of the gastrointestinal tract depending on protein quality in the calf diet. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018d;101(4):158-163.
30. Piron O, Malinin I. How to live through thermal stress and not to lose milk. *Animal Husbandry of Russia*. 2015;6:48-50.
31. Polkhovskaya N. Heat stress: impact on cow productivity. *Combined feed*. 2016;6:52-55.
32. Rud EN, Kuzminova EV, Semenenko MP, et al. Heat stress problem in dairy farming. *Veterinary Science of Kuban*. 2020;3:10-11. doi: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11
33. Kuzminova EV, Semenenko MP, Abramov AA, Rud NA, Rud EN. Heat stress problem in dairy farming. *Veterinary Science of Kuban*. 2020;3:10-11. doi: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11
34. Shakirov ShK, Shajtanov OL, Sushencova MA, et al. Modern technologies in feed and animal production, problems and ways to solve them (500 questions and answers): reference book. 4th ed., revised and enlarged. Kazan: AN RT Publishing House; 2023: 426 p.
35. Dronov AV, Dyachenko VV, Belchenko SA, Simonov VYu. Sorghum crops in the green and raw material conveyors of the regional forage production. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2016;2(54):52-58.
36. Shakirov ShK, Shaitanov OL, Krupin EO, et al. Theory and practice of production and use of bulk feeds. 2nd ed., revised and enlarged. Kazan: FEN; 2021: 292 p.
37. Warren H. Mitigating the Negative Consequences of Heat Stress in the Enterprise. *International Dairy Topics*. 2024; 3 (16): 7-9.
38. Faber W, Akmaliev T, Guseva O. Mineral nutrition for ruminants. *Animal Husbandry of Russia*. 2020a;5:30-33.

39. Faber W, Akmaliev TA, Guseva OA. Chromium for ruminants. Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding. 2020b;4:42-45.
40. Kuzminova EV, Rud EN, Semenenko MP, Chernykh OYu, Osepchuk DV, Abramov AA, Semenenko KA. Pharmacocorrection of heat stress in dairy cattle: method. recommendations. Krasnodar: Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Science; 2022: 47 p. doi: 10.48612/monograph-2022-4
41. Stepanov DV, Gafforov AK, Mamaev AV, Rodina ND. Formation of animals adaptation to the environmental temperatures. Vestnik OrelGAU. 2015;1(52):51-60.
42. Kharlamov AV, Frolov AN, Ilyin VV. The influence of feed additives containing organic Zn and Se on productive and hematological parameters of Black Spotted bulls on final fattening. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(3):79-88. doi: 10.33284/2658-3135-107-3-79
43. Shaitanov OL, Tagirov MSh. Main trends of climate change in Tatarstan in the twentieth century. Kazan: Foliant; 2018: 63 p.
44. Shoshina OV. Assessment of the elemental and biochemical composition of blood serum after inclusion of chromium picolinate in Kazakh White-Headed bulls' diet. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(1):31-41. doi: 10.33284/2658-3135-107-1-31
45. Dovydenkova MV, Kolodina EN, Nikanova DA, Logvinova TI, Artemyeva OA. Efficiency of using carotene-synthesizing yeast *Rhodotorula spp.* in the feeding of farm animals (review). Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(2):149-169. doi: 10.33284/2658-3135-107-2-149
46. Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2014;97(1):471-486. doi: 10.3168/jds.2013-6611
47. Brown-Brandt TM. Understanding heat stress in beef cattle. Revista Brasileira de Zootecnia. 2018;47:e20160414. doi: 10.1590/rbz4720160414
48. Efimova IO, Zagidullin LR, Khisamov RR, Akhmetov TM, Shaidullin RR, Tyulkin SV, Gilmanov KhKh. Assessment on milk productivity and milk quality in cattle with different genotypes by HSP70.1 gene. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;604:012016. doi: 10.1088/1755-1315/604/1/012016
49. Hassan F, Nawaz A, Rehman MS, Ali MA, Dilshad SMR, Yang Ch. Prospects of HSP70 as a genetic marker for thermo-tolerance and immuno-modulation in animals under climate change scenario. Animal Nutrition. 2019;5(4):340-350. doi: 10.1016/j.aninu.2019.06.005
50. Kasimanickam R, Kasimanickam V. Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. Scientific Reports. 2021;11:14839. doi: 10.1038/s41598-021-94278-2
51. Lebedev S, Gavrish I, Rusakova E, Kvan O, Gubaidullina I. Influence of various chromium compounds on physiological, morpho-biochemical parameters, and digestive enzymes activity in Wistar rats. Trace Elements and Electrolytes. 2018;35(4):242-245. doi: 10.5414/TEX0155419
52. Li G, Chen S, Chen J, Peng D, Gu X. Predicting rectal temperature and respiration rate responses in lactating dairy cows exposed to heat stress. J Dairy Sci. 2020;103:5466-5484. doi: 10.3168/jds.2019-16411
53. Mariana E, Sumantri C, Astuti DA, Anggraeni A, Gunawan A. Association of HSP70 gene with milk yield and milk quality of Friesian Holstein in Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020;425:012045. doi: 10.1088/1755-1315/425/1/012045
54. Zimbelman RB, Collier RJ. Feeding strategies for high producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 2011:111-126.

Информация об авторах:

Шамиль Касымович Шакиров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии

наук», 420259, г. Казань, Оренбургский тракт, 48, тел.: +7 (843) 2778117; Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 450054, г. Уфа, проспект Октября, д. 71, тел.: +7 (347) 2356022.

Наталья Юрьевна Сафина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», 420259, г. Казань, Оренбургский тракт, 48, тел.: +7 (843) 2778117.

Альбина Ленаровна Аминова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 450054, г. Уфа, проспект Октября, д. 71, тел.: +7 (347) 2356022.

Ирек Гадеевич Мустафин, кандидат сельскохозяйственных наук, Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 450054, г. Уфа, проспект Октября, д. 71, тел.: +7 (347) 2356022.

Вакиль Миргалиевич Шириев, доктор биологических наук, профессор, Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 450054, г. Уфа, проспект Октября, д. 71, тел.: +7 (347) 2356022.

Information about the authors:

Shamil K Shakirov, Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Tatar Research Institute of Agriculture, Federal Research Center “Kazan Research Centre of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Orenburgskiy tract, 48, 420259, tel.: +7 (843) 2778117; Ufimskaya Experimental Station, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 71 Oktyabrya ave., Ufa, 450054, tel.: +7 (347) 2356022.

Natalia Yu Safina, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Tatar Research Institute of Agriculture, Federal Research Center “Kazan Research Centre of the Russian Academy of Sciences”, 48 Orenburgsky tract, Kazan, 420259, tel.: +7 (843) 2778117.

Albina L Aminova, Dr. Sci. (Biology), Leading Researcher, Ufimskaya Experimental Station, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Oktyabrya Avenue, 71, 450054, tel.: +7 (347) 2356022.

Irek G Mustafin, Cand. Sci (Agriculture), Ufimskaya Experimental Station, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 71 Oktyabrya Avenue, Ufa, 450054, tel.: +7 (347) 2356022.

Vakil M Shiriev, Dr. Sci. (Biology), Professor, Ufimskaya Experimental Station, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 71 Oktyabrya Avenue, Ufa, 450054, tel.: +7 (347) 2356022.

Статья поступила в редакцию 28.01.2025; одобрена после рецензирования 27.02.2025; принята к публикации 17.03.2025.

The article was submitted 28.01.2025; approved after reviewing 27.02.2025; accepted for publication 17.03.2025.