

УДК: 636.082.2:636.034

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2024.4.509

ИЗУЧЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ СОДЕРЖАНИЯ

Муханина Е.Н. – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0001-9299-2104); Шакиров Ш.К. – д-р. с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр. (ORCID 0000-0002-3362-0463); Сафина Н.Ю.* – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (ORCID 0000-0003-1184-3188); Гайнутдинова Э.Р. – асп., науч. сотр. (ORCID 0000-0002-2970-1500)

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
ФИЦ КазНЦ РАН

*natysafina@gmail.com

Ключевые слова: тепловой стресс, температурно-влажностный индекс, молочный скот, продуктивность, удой, жир, система содержания

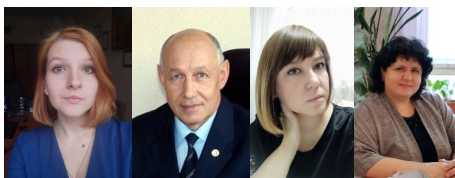
Key words: heat stress, temperature and humidity index, dairy cattle, productivity, yield, fat, keeping system

Финансирование: Статья является частью исследования «Создание в сельхозпредприятиях с различными системами содержания, технологиями кормления и продуктивностью крупного рогатого скота устойчивой и сбалансированной кормовой базы и сырьевого конвейера для производства высококачественных объемистых кормов, в том числе из нетрадиционных засухоустойчивых кормовых культур (сортов и гибридов суданковой травы, сорго и сорго-суданковых гибридов) с применением новых комплексных биоконсервантов, адаптированных к местным биосистемам и обладающих фунгицидными и бактерицидными свойствами в условиях потепления климата на территории Республики Татарстан», и подготовлена за счет предоставления из бюджета Республики Татарстан гранта на государственную поддержку научных исследований и разработок в области агропромышленного комплекса бюджетным и автономным учреждениям в 2024 году (Договор от 25 марта 2024 г. № 32-24-нпр).

Поступила: 16.10.2024

Принята к публикации: 02.12.2024

Опубликована онлайн: 16.12.2024



РЕФЕРАТ

Серьезную проблему для скотоводства в теплый период года представляет угроза теплового стресса у животных, которое несет ощутимые экономические потери для всей отрасли, при этом оказывая негативное влияние на продуктивность дойных коров, а также состав вырабатываемого молока. В качестве индикатора теплового стресса у молочных коров избрали ежедневный мониторинг температуры и влажности специальными электронными датчиками в животноводческих помещениях и дальнейший расчет температурно-влажностного индекса (ТВИ), после чего была установлена связь между микроклиматом фермы и финан-

совыми убытками. В качестве экспериментальных сельхозпредприятий были выбраны четыре фермы с различными системами содержания стада, системами вентиляции, способами доения и утилизации навоза. Наименьшие потери молока зафиксированы на мегаферме с беспривязным содержанием, роботизированным доением и инновационной автоматической вентиляционной системой. Наибольшие убытки, вследствие влияния теплового шока на молочных коров, понесла ферма с привязным содержанием, доением в молокопровод и необорудованная системой вентиляции. При этом показатель содержания массовой доли жира в молоке оставался относительно стабильным, спад отмечался лишь в после случаев резких скачков температурно-влажностного индекса в животноводческом помещении. Чаще всего такие скачки, и последующий спад продуктивности, приходились на вторую половину июня и первую половину июля 2024 года. Стабилизация как температурно-влажностного режима на фермах, так и снижение негативного воздействия теплового стресса пришлось на конец августа и первую половину сентября. В среднем за весь сезон удалось зарегистрировать 57 дней с критическими показателями температурно-влажностного индекса.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Тепловой стресс, вызванный повышенной температурой окружающей среды, является одной из самых больших проблем, с которыми сталкивается животноводство при интенсификации производства и в условиях изменяющегося климата. Его последствия оказывают негативное воздействие на физиологию, благополучие и продуктивность животных, что отражается на экономике животноводческой отрасли, принося финансовый ущерб [1]. Прямые последствия изменения климата могут быть обусловлены, прежде всего, повышением температуры, а также частотой и интенсивностью волн тепла. В зависимости от интенсивности и продолжительности тепловой стресс может повлиять на здоровье скота, инициируя нарушения обмена веществ, окислительный стресс и подавление иммунитета, вызывая инфекции и смерть [2]. Во время теплового стресса температура тела животного повышается, в результате чего кровь отливает от желудочно-кишечного тракта к поверхности кожи, чтобы увеличить отдачу тепла. При этом уменьшается поступление кислорода (гипоксия) и питание энтероцитов (эпителиальные клетки), выстилающих слизистую оболочку кишечника. В итоге происходит ослабление и разрушение структуры белков плотных контактов эпителия, которые связывают энтероциты между собой, и патогенные микроорганизмы и их токсины проникают в кровоток, вызывая развитие

синдрома дырявого кишечника [3].

Тепловой стресс отрицательно влияет на производство молока и его состав у крупного рогатого скота, особенно у высокопродуктивных животных с высокой генетической ценностью [4, 5], которые эндогенно производят больше тепла и, следовательно, более чувствительны к высокой температуре окружающей среды. С другой стороны, дойные коровы также способны увеличивать теплоотдачу за счет увеличения транспирации воды в организме и активности дыхания [6, 7].

Необходимость разработки стратегий по смягчению воздействия и последствий теплового стресса является задачей, требующей незамедлительного решения. На сегодняшний день существует три типа стратегий, которые могут быть применены в животноводстве: физическое изменение окружающей среды, пищевые вмешательства и генетический отбор на устойчивость к жаре (термотолерантность).

Для учета механизмов теплового потока (температура окружающей среды, относительная влажность, солнечная радиация, скорость ветра, осадки) были разработаны индексы, которые используются для определения пороговых значений, после которых начинается тепловой стресс [8, 9]. ТВИ (температурно-влажностный индекс) – это надежный индикатор окружающей среды, который сочетает в себе температуру и относительную влажность для измерения тепло-

вого комфорта или дискомфорта животных. ТВИ используется в качестве полезного инструмента для измерения реакции продуктивности скота в зависимости от климата и считается ориентировочным показателем «суммы внешних по отношению к животному сил, которые смещают температуру тела от его заданного значения» [10, 11].

Цель исследования – изучить негативное влияние теплового стресса на показатели молочной продуктивности коров при различных способах содержания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Исследования влияния теплового стресса на молочный скот проводились в СХПК «Племенной завод им. Ленина» Атининского района и в ООО «СХП «Северный» Арского района Республики Татарстан на полновозрастных (2 и 3 лактации) коровах голштинской породы.

Две группы дойных коров ООО «СХП «Северный» (n=323) и одна группа СХПК «Племенной завод им. Ленина» (n=435) содержатся в типовых 4-х рядных коровниках с привязным содержанием, где внедрена система круглогодичного однотипного содержания и кормления. В качестве подстилочного материала используют измельченную солому, навоз убирают посредством скребкового транспортера ТСН с погрузкой на транспортную тележку.

Доение коров 2-х разовое, проводится в молокопровод с автоматизированной программой управления стада (учета молока) DeLaval DelPro™ 3.5 (Швеция).

Четвертая группа животных СХПК «Племенной завод им. Ленина» (n=648) содержится беспривязным способом в условиях современного животноводческого комплекса. В хозяйстве практикуется система круглогодичного однотипного содержания и кормления животных. Подстилочным материалом выступают древесные опилки, удаление навоза из открытых проходов проводят при помощи дельта-скреперной системы навозоудаления, после чего сбрасывают его в накопительный бункер, и в дальнейшем в лагу-

ну.

Для коров, содержащихся беспривязным способом организованно 4-х разовое доение – процесс полностью роботизирован, используется оборудование и программное обеспечение фирмы «Lely» (Нидерланды). Для смягчения воздействия негативного влияния теплового стресса на коров в каждой из фермы оборудована система вентиляции. На ферме Арского района (д. Ильдус) и на ферме Атининского района с привязным содержанием обустроена система приточно-вытяжной вентиляции, которая осуществляется разгонным вентиляторами. В животноводческом помещении д. Нуса Арского района устроена лишь естественная вентиляции, без использования каких-либо механических вентиляторов. В помещении для коров, содержащихся беспривязным способом, установлены циклонно-штормовые вентиляторы с высокой нагнетательной способностью и дефлекторами, создающими ламинарный поток, управляется автоматически, создавая комфортный микроклимат, в зависимости от температуры и влажности окружающей среды (страна-производитель Канада).

Ежедневная регистрация температуры (°C) и относительной влажности ф (%) внутри животноводческих помещений осуществлялась ежедневно датчиками «Mi Temperature And Humidity Monitor 2» (Xiaomi, Китай) в течение теплого периода года (июнь-сентябрь 2024 г.). В дальнейшем зафиксированные показатели использовались для расчета температурно-влажностного индекса [9].

$$ТВИ = (0,8 \times T_c) + [(ОВ / 100) \times (T_c - 14,4)] + 46,4$$
, где

ТВИ – температурно-влажностный индекс, T_c – температура сухого термометра, °C, ОВ – относительная влажность воздуха, %.

За оптимальное значение температурно-влажностного индекса принималось $ТВИ \leq 66$ в соответствии с классификацией теплового стресса по степени тяжести [12]. Обработку и анализ собранных данных по среднесуточному удою, массовой доле жира и индексу ТВИ проводили по

стандартным программам вариационной статистики на ПК, расположенном в отделе физиологии, биохимии, генетики и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

По результатам обработанных и проанализированных климатических показателей, и выявления их связей с молочной продуктивностью и качественным составом молока, массовой долей жира, в частности, были построены ниже представленные графические материалы. Фиолетовым цветом в графиках обозначена средняя массовая доля жира в молоке, голубым – уровень среднесуточной молочной продуктивности, красным – среднесуточное значение температурно-влажностного индекса в животноводческих помещениях, в которых проводились измерения метеорологических показателей. На рисунке 1 отображена установленная взаимосвязь между зафиксированным температурно-влажностным индексом и продуктивностью коров СХПК «Племенной завод им. Ленина», которых содержат беспривязным методом. У этой группы животных средний удой в течение лактации составляет 32,0 кг/сут., содер-

жание МДЖ – 3,5 %.

В ходе эксперимента отмечено, что в те дни, когда температурно-влажностный индекс не превышал оптимального показателя, либо был незначительно повышен, удой и массовая доля жира в молоке коров относительно стабильны. Только первой декаде июля произошел резкий скачок температуры и влажности в коровниках, за которым последовал значимый спад продуктивности и жира в молоке. Он наблюдался еще несколько дней после нормализации погодных условий. За время проведения эксперимента количество дней, когда ТВИ был выше оптимальной отметки 66, составило 57 дней. Суммарная потеря молока у животных, содержащихся беспривязным способом, за весь сезон, вследствие теплового стресса, составила 9164 кг молока или 341542,28 руб. (при цене молока – 37,27 руб. за 1 кг).

У коров привязного способа содержания со средним удоем 25,5 кг/сут. и МДЖ – 3,6 % отмечаются два периода резкого падения молочной продуктивности – во второй декаде июня и наиболее затяжной в первой половине июля, которые наступили вслед за подъемом ТВИ (рис. 2).

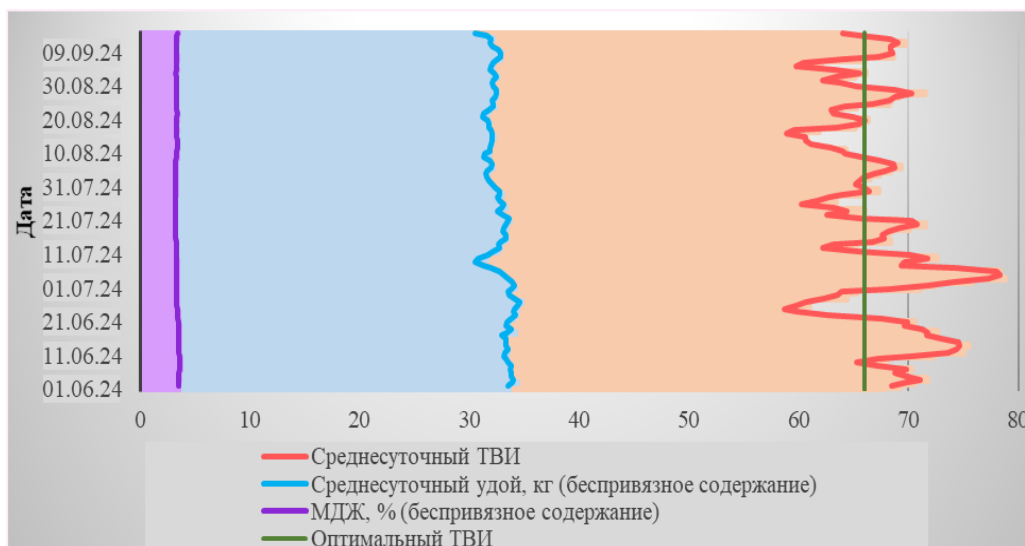


Рисунок 1 – Воздействие метеорологических показателей на продуктивность и качество молока коров, содержащихся беспривязным способом (СХПК «Племенной завод им. Ленина»).

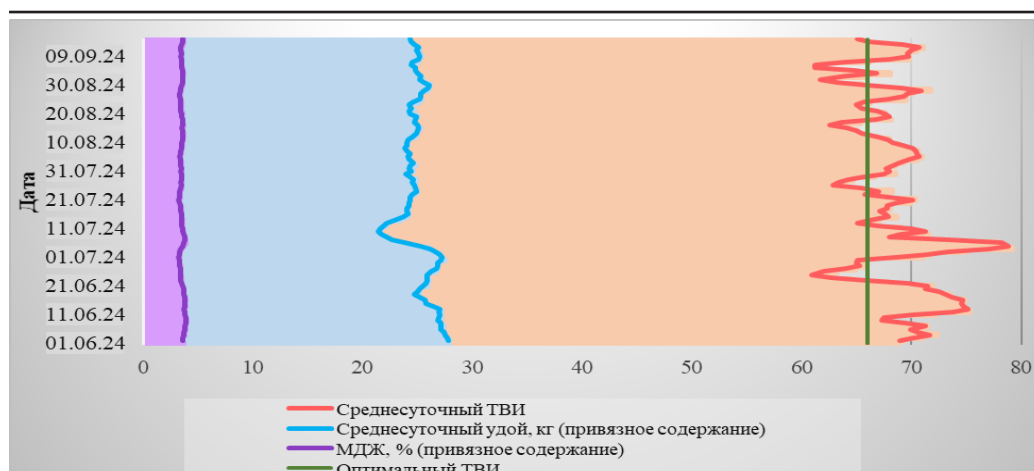


Рисунок 2 – Воздействие метеорологических показателей на продуктивность и качество молока коров, содержащихся привязным способом (СХПК «Племенной завод им. Ленина»).

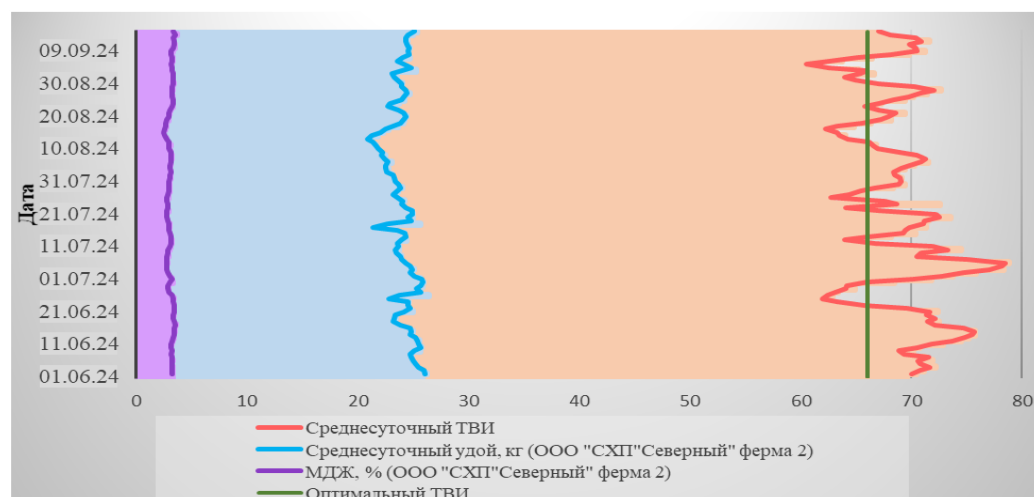


Рисунок 3 – Воздействие метеорологических показателей на продуктивность и качество молока коров, содержащихся привязным способом (ООО «СХП «Северный» д. Ильдус).

Видны и пики наращивания объема продуктивности и содержания массовой доли жира молока в моменты более благоприятных метеорологических условий. Критических дней на ферме, из-за неудовлетворительного микроклимата, насчитывается 74, что влечет за собой и большие потери молока, в сравнении с фермой беспривязного содержания, таким образом, всего за сезон потери молока

составили 10709 кг или 399124,43 руб. (цена 1 кг молока аналогичная).

На ферме с привязным содержанием, расположенной в Арском районе Республики Татарстан, за время проведения опыта, отмечаются три достаточно продолжительных периода спада молочной продуктивности, которые наблюдаются после пиков роста температурно-влажностного индекса (рис. 3). У этих

животных удой в среднем по поголовью составляет 27,0 кг/сут. за лактацию и МДЖ – 3,2 %.

При этом самое длительное падение продуктивности произошло как раз после резкого скачка температуры и влажности во внешней среде, здесь же виден заметный спад массовой доли жира в молоке. Общее количество жарких дней в условиях данной ферме составило 56, они повлекли за собой потерю молока в 15049 кг, или 605739,87 руб. (при цене за 1 кг молока 40,25 руб.).

На представленном рисунке 4 заметны резкие спады и скачки молочной продуктивности, ассоциированные со схожими пиками ТВИ. Средняя продуктивность

этих коров установлена на уровне 25,0 кг/сут., а МДЖ составляет 2,9 %.

Наиболее значимые снижения молочной продуктивности замечены во второй половине июне и второй декаде июля, которые следуют за подъемом. На протяжении августа продуктивность остается на низком уровне, начиная идти на увеличение лишь с началом сентября, после спада температурно-влажностного фона. Повышение массовой доли жира в молоке наблюдается лишь в первой половине июля. Таким образом, в условиях данного животноводческого помещения было зафиксировано 57 критических дней, потери молока составили за теплый сезон 17018 кг или 685022,74 руб. (стоимость 1 кг молока – 40,25 руб.).

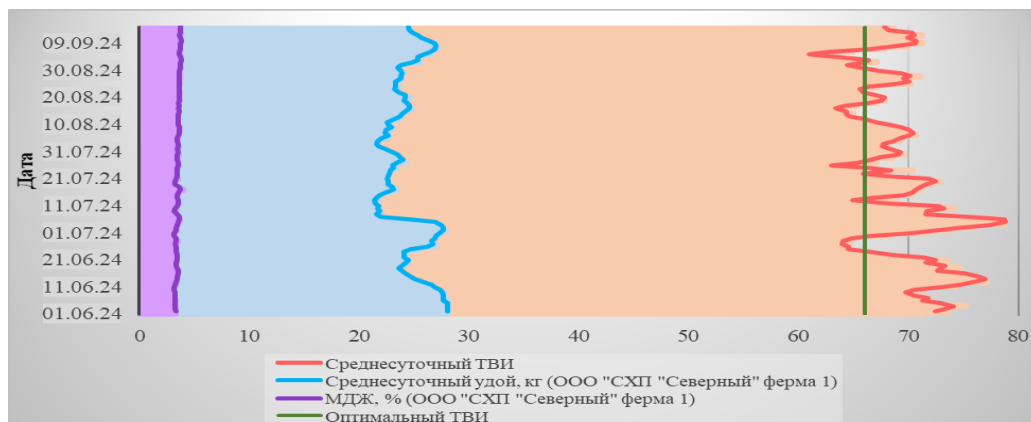


Рисунок 4 – Воздействие метеорологических показателей на продуктивность и качество молока коров, содержащихся привязным способом (ООО «СХП «Северный» д. Нуса).

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

При проведении эксперимента была выявлена взаимосвязь между молочной продуктивностью и массовой долей жира в молоке у коров и температурно-влажностным индексом, зарегистрированным метеорологическими приборами, в помещениях для содержания животных. Потери молока за сезон, соответственно, и экономические потери, во многом зависели от способа содержания животных (при беспривязном способе убытки меньше), от установленных в коровниках систем вентиляции. Наибольший ущерб от

воздействия теплового стресса понесли сельскохозяйственные предприятия, которые не оборудовали на фермах вентиляционные системы, благоприятно влияющие на микроклимат, либо имеющие устаревшие модели вентиляторов, не выполняющие свои задачи по поддержанию комфортных условий для крупного рогатого скота.

При составлении селекционного плана рекомендуется принимать во внимание важность введения в стадо животных, генетически устойчивых к воздействию теплового стресса, и вести племенную

работу на увеличение доли термотолерантных животных в отечественных популяциях в условиях перемены климатических условий. Кроме того, при этих обстоятельствах важно использовать правильно подобранные высококачественные корма и специальные кормовые добавки, снижающие производство в организме метаболического тепла, а также скорректировать режимы кормления при свободном доступе к воде и другие мероприятия по снижению негативных последствий воздействия теплового стресса.

STUDY OF THE NEGATIVE EFFECT OF HEAT STRESS ON DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS UNDER DIFFERENT HOUSING METHODS

Mukhanina E.N. – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0001-9299-2104); **Shakirov Sh.K.** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher (ORCID 0000-0002-3362-0463); **Safina N.Yu.** * – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher (ORCID 0000-0003-1184-3188); **Gainutdinova E.R.** – Graduate student, Researcher (ORCID 0000-0002-2970-1500)

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture “Kazan Scientific Center of Russia Academy of Sciences”

*natysafina@gmail.com

Financing: *The article is part of the research project titled "Development of a sustainable and balanced feed base and raw material conveyor for the production of high-quality bulk feeds in agricultural enterprises with various livestock management systems, feeding technologies, and cattle productivity. This includes the utilization of unconventional drought-resistant forage crops (varieties and hybrids of Sudan grass, sorghum, and sorghum-Sudan hybrids) and the application of new complex biopreservatives adapted to local ecosystems and possessing fungicidal and bactericidal properties under the conditions of climate warming in the Republic of Tatarstan." The research was funded through a grant provided by the*

Republic of Tatarstan's budget for state support of scientific research and development in the agro-industrial sector to budgetary and autonomous institutions in 2024 (Agreement dated March 25, 2024, No. 32-24-NIR).

ABSTRACT

A serious problem for cattle breeding in the warm season is the threat of heat stress in animals, which causes significant economic losses for the entire industry, while having a negative impact on the productivity of dairy cows, as well as the composition of the milk produced. Daily monitoring of temperature and humidity by special electronic sensors in livestock premises and further calculation of the temperature and humidity index (THI) were chosen as an indicator of thermal stress in dairy cows, after which a link was established between the microclimate of the farm and financial losses. Four farms with different herd management systems, ventilation systems, milking methods and manure disposal were selected as experimental agricultural enterprises. The lowest milk losses were recorded at a megafarm with loose maintenance, robotic milking and an innovative automatic ventilation system. The greatest losses, due to the effect of heat shock on dairy cows, were incurred by a farm with tethered housing, milking in a milk pipeline and not equipped with a ventilation system. At the same time, the indicator of the content of the mass fraction of fat in milk remained relatively stable, the decline was noted only after cases of sharp jumps in the temperature and humidity index in the livestock premises. Most often, such jumps, and the subsequent decline in productivity, occurred in the second half of June and the first half of July 2024. Stabilization of both the temperature and humidity conditions on farms and reduction of the negative effects of heat stress occurred at the end of August and the first half of September. On average, 57 days with critical indicators of the temperature and humidity index were registered for the entire season.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Worku D. Candidate genes associated with heat stress and breeding strategies to relieve its effects in dairy cattle: a deeper insight into the genetic architecture and immune response to heat stress / D. Worku, J. Hussen, G. De Matteis et al. // *Front. Vet. Sci.* – 2023. – Vol. 10. – Art. 1151241. doi: 10.3389/fvets.2023.1151241
2. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare / N. Lacetera // *Animal Frontiers*. – 2019. – Vol. 9(1). – P. 26–31. doi: 10.1093/af/vfy030
3. Ларсон К., Гусева О. Последствия теплового стресса у животных / К. Ларсон, О. Гусева // *Животноводство России*. – 2021. – № 7. – С. 50-51.
4. Загидуллин Л.Р. Оценка коров голштинской породы по гену белка теплового шока / Л.Р. Загидуллин, Р.Р. Хисамов, Р.Р. Шайдуллин и др. // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. – 2024. – Т. 257, № 1. – С. 78-83. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_257_78.
5. Efimova I.O. Assessment on milk productivity and milk quality in cattle with different genotypes by HSP70.1 gene / I.O. Efimova, L.R. Zagidullin, R.R. Khisamov et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 604. 012016. doi: 10.1088/1755-1315/604/1/012016
6. Сафина Н.Ю. Динамика молочной продуктивности и качественного состава молока коров различных генотипов гена HSP70.1 на фоне теплового воздействия / Н.Ю. Сафина, Е.Н. Муханина, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров // *Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы XIII Международной научно-практической конференции*. Владикавказ: изд-во «Веста», 2023. – С. 239-242.
7. 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 издание, доработанное и дополненное – Казань: Изд-во АН РТ, 2023. – 416 с.

8. Крупин Е.О. Оценка теплового стресса у крупного рогатого скота с использованием анализа метеорологических величин / Е.О. Крупин // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2020. № 3. С. 53-56. doi: 10.31857/S2500262720030138
9. Mader T.L. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle / T.L. Mader, M.S. Davis, & T. Brown-Brandl // *Journal of Animal Science*. – 2006. – Vol. 84(3). – P. 712-719. DOI: 10.2527/2006.843712x
10. Муханина Е.Н. Изменения молочной продуктивности коров в зависимости от температуры и влажности / Е.Н. Муханина, Н.Ю. Сафина, Э.Р. Гайнутдинова, Ш.К. Шакиров // *Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: материалы XIII Международной научно-практической конференции*. Владикавказ: изд-во «Веста», 2023. – С. 230-234.
11. Dikmen S., Hansen P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? / S. Dikmen, P.J. Hansen // *J Dairy Sci.* – 2009. – Vol. 92. P. 109–116. doi: 10.3168/jds.2008-1370
12. Burgos Z.R., Collier R.J. Feeding strategies for high producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity / Z.R. Burgos., R.J. Collier. – *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 2011. – P. 111-126.

REFERENCES:

1. Worku D., Hussen J., De Matteis G., Schusser B. and Alhussien M.N. Candidate genes associated with heat stress and breeding strategies to relieve its effects in dairy cattle: a deeper insight into the genetic architecture and immune response to heat stress. *Front. Vet. Sci.* 2023. 10:1151241. doi: 10.3389/fvets.2023.1151241.
2. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*. 2019. 9(1):26–31. doi: 10.1093/af/vfy030.
3. Larson K., Guseva O. Consequences of thermal stress in animals. *Animal Husbandry of Russia*. 2021. 7:50-51.
4. Zagidullin L.R., Khisamov R.R., Shaidullin R.R., Ravilov R.Kh., Kayumov R.R. Evaluation of Holstein cows by the heat

- shock protein gene. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2024. 257(1):78-83. DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_257_78.
- 5.Efimova I.O., Zagidullin L.R., Khisamov R.R., Akhmetov T.M., Shaidullin R.R., Tyulkin S.V. and Gilmanov Kh.Kh. 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.
- 6.Safina N.Y., Mukhanina E.N., Gainutdinova E.R., Shakirov Sh.K. Dynamics of milk productivity and qualitative composition of cow milk of various genotypes of the HSP70.1 gene on the background of heat effects. Young scientists in solving urgent problems of science: materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. Vladikavkaz: Vesta publishing house. 2023. 239-242.
- 7.Shakirov Sh.K., Shaitanov O.L., Sushentsova M.A., Kalaida M.L., Krupin E.O., Safina N.Yu., Zinnatova F.F., Fattakhova Z.F., Ibatullina R.P., Munkov A.N., Mikhailova R.I., Akhmetzyanova F.K., Khairullin D.D., Hashimov R.I., Mukhanina E.N., Bichantaev I.T., Chevtaeva N.D., Gainutdinova E.R. Modern technologies in feed production and animal husbandry, problems and solutions (500 questions and answers) : Guide. 2023. 416 p. ISBN 978-5-9690-1188-5.
- 8.Krupin E.O. Evaluation of heat stress at cattle using analysis of meteorological values. Russian Agricultural Sciences. 2020. 3:53-56. DOI 10.31857/S2500262720030138.
- 9.Mader T.L., Davis M.S., & Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle // Journal of Animal Science. 2006. 84(3): 712-719. DOI: 10.2527/2006.843712x.
- 10.Mukhanina E.N., Safina N.Y., Gainutdinova E.R., Shakirov Sh.K. Variations in dairy productivity of cows depending on temperature and humidity. Young scientists in solving urgent problems of science: materials of the XIII International Scientific and Practical Conference. Vladikavkaz: Vesta publishing house. 2023. 230-234.
- 11.Dikmen S., Hansen P.J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? J Dairy Sci. 2009. 92:109–16. doi: 10.3168/jds.2008-1370.
- 12.Burgos Z.R., Collier R.J. Feeding strategies for high producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 2011. P. 111–126.