

УДК 619:616-092.19+636.2.087.74+636.2.034

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2025-401-12-59-67

Е.О. Крупин

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр “Казанский научный центр Российской академии наук”, Казань, Россия

✉ evgeny.krupin@gmail.com

Поступила в редакцию: 06.10.2025

Одобрена после рецензирования: 11.11.2025

Принята к публикации: 26.11.2025

© Крупин Е.О.

Тепловой стресс у молочного скота в Приволжском федеральном округе Российской Федерации: миф или реальность (ретроспективный анализ с 1970 по 2024 г.)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Термический стресс оказывает большое влияние на физиологическое состояние молочного скота, уровень продуктивности, качество получаемого молока. Существуют различные методики его оценки с использованием величин метеорологических параметров.

Методы. Проведен ретроспективный анализ массива климатических данных (за 1970–2024 гг.), собранных на метеостанциях регионов, входящих в состав Приволжского федерального округа. Рассчитаны значения температурно-влажностного индекса (ТВИ), эквивалентного температурного индекса (ЭТИ), проведена оценка комфорта условий внешней среды, установлены степени тяжести термического стресса.

Результаты. В Приволжском федеральном округе (ПФО) в среднем 16,24% значений индекса ТВИ соответствовали состоянию термического стресса у молочного скота, причем наибольшая их доля (12,38%) была отнесена к умеренному термическому стрессу по степени тяжести. Максимальные доли значений ТВИ, характерных для термического стресса, выявлены в Оренбургской и Саратовской областях (27,49% и 27,44%), минимальная — в Пермском крае (9,87%). Установлена некоторая вариабельность в рейтинге регионов в зависимости от применяемой методики расчета индекса ТВИ. Наибольшая частота ТВИ, характерного для умеренного уровня термического стресса, зафиксирована в Оренбургской области (19,96%), минимальная — в Пермском крае (7,85%). Средняя доля индекса ЭТИ по субъектам ПФО, отражающая термический стресс, составила 14,82%, максимальная — 19,69% (Пензенская обл.), а минимальная — 10,94% (Пермский край).

Ключевые слова: климат, корова, тепловой стресс, температура, влажность, индекс ТВИ, индекс ЭТИ, методика расчета

Для цитирования: Крупин Е.О. Термический стресс у молочного скота в Приволжском федеральном округе Российской Федерации: миф или реальность (ретроспективный анализ с 1970 по 2024 г.). *Аграрная наука*. 2025; 401 (12): 59–67.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-401-12-59-67>

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2025-401-12-59-67

Evgeny O. Krupin

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture – subdivision of the Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia

✉ evgeny.krupin@gmail.com

Received by the editorial office: 06.10.2025

Accepted in revised: 11.11.2025

Accepted for publication: 26.11.2025

© Крупин Е.О.

Heat stress in dairy cattle in the Volga Federal District of the Russian Federation: myth or reality (a retrospective analysis from 1970 to 2024)

ABSTRACT

Relevance. Heat stress significantly influences the physiological state of dairy cattle, affecting their milk yield and milk quality. Various techniques exist for assessing heat stress in dairy cattle based on meteorological parameter values.

Methods. A retrospective analysis was performed on climate data arrays collected at weather stations in regions belonging to the Volga Federal District over the period from 1970 to 2024. The values of the temperature and humidity index (THI) and the equivalent temperature index (ETI) were calculated, the comfort of environmental conditions was assessed, and the severity of thermal stress was determined.

Results. In the Volga Federal District, on average, 16.24% of THI values indicated thermal stress in dairy cattle, with the majority (12.38%) categorized as moderate heat stress by severity. The maximum proportions of THI values characteristic of heat stress were found in the Orenburg and Saratov regions (27.49% and 27.44%), the minimum — in the Perm Region (9.87%). Variability in regional ranking was noted depending on the chosen THI calculation methodology. The most frequent occurrence of THI corresponding to moderate-level heat stress was registered in Orenburg region (19.96%), with the least occurring in Perm Krai (7.85%). The average ETI index representing heat stress among Volga Federal District entities was 14.82%, reaching up to 19.69% in Penza region and down to 10.94% in Perm Krai.

Key words: climate, cow, heat stress, temperature, humidity, THI index, ETI index, calculation method

For citation: Krupin E.O. Heat stress in dairy cattle in the Volga Federal District of the Russian Federation: myth or reality (a retrospective analysis from 1970 to 2024). *Agrarian science*. 2025; 401 (12): 59–67 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-401-12-59-67>

Введение/Introduction

Антропогенное изменение климата и связанное с ним глобальное потепление оказывают значительное негативное влияние на продуктивность животноводства, в особенности в регионах, где сельскохозяйственные животные подвержены хроническому тепловому стрессу.

У крупного рогатого скота под воздействием повышенных температур окружающей среды наблюдается комплекс негативных физиологических реакций: снижение потребления корма и общей эффективности использования питательных веществ, увеличение потребности в метаболизируемой энергии для поддержания гомеостаза, нарушение нормального течения метаболических процессов, что в совокупности приводит к существенному снижению продуктивности и ухудшению репродуктивных функций. Следует отметить, что температура воздуха как изолированный параметр не является репрезентативным показателем для оценки степени тепловой нагрузки на организм животного. Для комплексной оценки условий среды обитания и уровня испытываемого животными стресса в современной зоотехнической практике и научных исследованиях применяются интегральные тепловые индексы [1, 2].

Данные индексы, такие как температурно-влажностный (Temperature-Humidity Index, THI, ТВИ), эквивалентный температурный (Equivalent Temperature Index, ETI, ЭТИ), учитывают два или более климатических параметра (например, температуру, влажность, скорость движения воздуха), которые в совокупности определяют интенсивность теплообмена между организмом и окружающей средой.

Применяются для анализа и мощные статистические алгоритмы и достижения в области искусственного интеллекта, глубокого машинного обучения. Причем между вышеописанными индексами для молочного скота можно установить взаимозависимости, которые могут быть описаны соответствующими математическими уравнениями [3–5]. Шагом к построению надежных взаимосвязей при использовании неинвазивных средств и методов регистрации будут ориентация на физиологические показатели, определение их возможных пороговых значений и коэффициентов корреляции [6].

Отмечалось, что сохранение высоких значений ТВИ является более точным показателем для прогнозирования теплового стресса, чем само максимальное значение. ТВИ является общим косвенным показателем, не учитывающим индивидуальные особенности коров. В различных исследованиях для измерения теплового стресса у отдельных животных использовались специфические клинические параметры, такие как частота дыхания и температура тела. Снижение надоев молока является скорее следствием, чем индикатором теплового стресса, поэтому его репрезентативность может быть поставлена под сомнение [7–9].

Тепловой стресс влияет на здоровье и продуктивность молочных коров, особенно на ранних стадиях лактации. Термонейтральная зона для молочного скота — от 5 до 25 °C. Тепловой стресс влияет на молочную продуктивность снижая ее при температуре выше 22 °C [10–12].

Уже при средней температуре (12 °C) коровы меньше лежат и едят, больше стоят, сокращая время жевания жвачки (особенно сухостойные и на автоматизированных фермах). При высоких показателях ТВИ (79–83) у коров общая потребность в корме снижается на 27%, соответственно, сокращается количество энергии, используемой для производства молока (до 40%), оплодотворяемость ухудшается на 35%. При тепловом стрессе у коров учащается дыхание, наблюдается гипервентиляция, что резко увеличивает потерю углекислого газа и приводит к респираторному алкалозу, а обильное потоотделение вызывает электролитный дисбаланс из-за потери значительного количества калия [13, 14].

Биохимический скрининг в условиях теплового стресса выявляет клинически и метаболически значимые изменения. При этом существенно затрагиваются основные пути обмена белков, углеводов и липидов. Развитие процессов свободнорадикального окисления интенсифицируется по мере развития теплового стресса у молочных коров, что обусловливает повышение уровня продуктов перекисного окисления липидов в крови. При ТВИ 77,78 по сравнению с фоновым значением 63,25 содержание диеновых конъюгатов в крови животных увеличивалось на 14%, кетодиенов — на 29,3% ($p \leq 0,01$), малонового диальдегида — на 13,1%. Изменение температуры в разное время года оказывает весьма существенное влияние на некоторые метаболические показатели у молочных коров. Существуют сезонные колебания уровня инсулина и пролактина, однако содержание неэстерифицированных жирных кислот не меняется в любое время года. Эти результаты свидетельствуют о разном влиянии сезонных изменений температуры на ключевые метаболические маркеры, участвующие в энергетическом балансе и лактации у голштинско-фризских коров [15–17].

Хронический тепловой стресс вызывает динамические изменения в профилях эритроцитов и лимфоцитов, на короткое время активирует лейкоцитарный сигнальный путь, центральным компонентом которого является транскрипционный фактор NF-кВ p65, подавляя при этом передачу сигналов в Т-клетках. Вероятно, это происходит в ответ на повышение концентрации циркулирующего эндотоксина. Наблюдаются активация тромбоцитов и каскада коагуляции. Скорее всего, это вызвано микросудистыми повреждениями, вызванными тепловым стрессом, изменением гематокрита или расширением сосудов. Как результат, повышается риск развития различных заболеваний [18].

Корреляционный анализ показал обратную зависимость суточного удоя, массовой доли жира, белка и лактозы в молоке с ТВИ. Количество соматических клеток имеет прямую зависимость. Тепловой стресс снижает надои на 4,16–14,42%. При высоких значениях ТВИ качество молока ухудшается: снижается содержание белка, сухого обезжиренного молочного остатка и лактозы, а также уровень солей. Стабильные показатели содержания жира и плотности ухудшаются как за счет сезонного фактора, так и высокого ТВИ. При низком ТВИ чаще встречается субклинический мастит [19–21].

Исследователи изучали влияние теплового стресса на здоровье молочной железы, воспроизведение. Высокий ТВИ (72 и выше) ухудшает репродуктивную функцию: у коров снижается проявление феномена половой охоты, уменьшается приток крови к матке и изменяется уровень прогестерона. Коровы в состоянии теплового стресса имеют уменьшенные в размере и плотные яичники без фолликулов, что соответствует гипофункции яичников [22–24].

Апробированы неинвазивные методы измерения температуры поверхности тела животных с помощью инфракрасной термографии. Определены коэффициенты корреляции со значениями ТВИ. Так, с температурой поверхности бедер он составляет 0,67–0,87, а с температурой вымени — 0,81. Предложена инфракрасная термография внутреннего угла глаза в качестве неинвазивного инструмента оценки температуры тела животных, их реакции на тепловой стресс [25, 26].

Разработана математическая модель теплообмена коровы с окружающей средой, которая включает в себя теплоотдачу излучением, испарением, конвекцией и теплопроводностью. Подробно описан процесс теплоотдачи животного от внутренних органов к поверхности кожного покрова. Рассмотрены особенности теплоотдачи испарением с учетом влияния загрязнения кожного покрова животного. Установлено, что наиболее эффективна влажная очистка, при которой температура кожного покрова за счет увеличения теплоотдачи испарением снижается на 4,1 °C, тогда как после сухой очистки она составляет 0,7 °C. Частота дыхания у животных после влажной чистки снижается на 9,63%, а после сухой — на 6,08%. Частота сердечных сокращений у животных после сухой чистки снижается на 4,45%, а при влажной — на 12,95% [27–29].

Применение крупнокапельного орошения животных способно снизить негативное влияние высокой температуры в период теплового стресса, отражается на повышении молочной продуктивности и улучшении качества молока, содержании жира и белка, уровне макро- и микроэлементов. Так, наблюдали, что при орошении продуктивность лактирующих коров возрастала на 13,9%,

содержание жира и белка в молоке увеличивалось на 0,18 и 0,07 п. п. [30, 31].

Эффективны создание искусственной тени и применение различных кормовых добавок и средств, например добавок с хромом для адаптации животных и снижения негативного влияния теплового стресса. Не обойтись и без применения дополнительных источников энергии в рационах [32, 33].

Перспективно использование активаторов рубцовой микрофлоры: увеличивают потребление корма на 14–16%, молочную продуктивность — на 1,2–1,3 кг (или снижают падение надоев, поддерживая их стабильно на более высоком уровне) [34]. Фитопрепараты на основе коры ивы и осины (100 мл на одно животное) снижают уровень кортизола в сыворотке крови коров при тепловом стрессе ($40,8 \pm 20,2$ нмоль/л против $62,1 \pm 27,8$ нмоль/л в контроле) [35].

В целом нужны различные стратегии адаптации скота, охватывающие широкий спектр вопросов: генетическое улучшение стада, интеграция растениеводства и животноводства, точное животноводство и национальные меры по смягчению последствий изменения климата. Современные методы отбора молочного скота, устойчивого к высоким температурам, основаны на статистических моделях. Предложен гибридный подход с использованием искусственного интеллекта для улучшения селекции. Он объединяет искусственный интеллект с генетической моделью, связывающей устойчивость к высоким температурам и снижение надоев при ТВИ выше 60 [36, 37]. Особое внимание нужно уделить усовершенствованию методики расчетов индексов, разработке протоколов оценки состояния животных, улучшению условий их содержания, инфраструктуры, ветеринарного обслуживания и повышению компетенций специалистов в сельском хозяйстве [38, 39].

Цель работы — проведение ретроспективного анализа ТВИ и ЭТИ внешней среды в регионах ПФО за 1970–2024 гг. на предмет объема распространения и тяжести проявления теплового стресса у молочного скота.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнены в 2025 г. в отделе физиологии, биохимии, генетики и питания животных Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства — обособленного структурного подразделения ФГБУН «Федеральный исследовательский центр “Казанский научный центр Российской академии наук”» (ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань, Республика Татарстан (Татарстан), Российская Федерация).

Проведен ретроспективный анализ массива климатических данных¹ с 1970 по 2024 г. (за 55 лет),

¹ Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. Основные метеорологические параметры (сроки). Свидетельство о государственной регистрации базы данных от 10 апреля 2014 года № 2014620549.

собранных на метеостанциях регионов (Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан (Татарстан), Удмуртская Республика, Чувашская Республика — Чувашия, Пермский край, Кировская, Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская области), входящих в состав ПФО РФ, за летние месяцы (июнь — август) 1970–2024 гг. в 6-й, 9-й, 12-й и 15-й синоптические сроки по Гринвичскому меридиану, что соответствует местным времененным отметкам в 10:00, 13:00, 16:00 и 19:00 соответственно.

На основании результатов анализа рассчитали значения ТВИ и ЭТИ внешней среды. Расчет ТВИ осуществляли 7 разными методами, разработанными E.C. Thom (1959)², W. Bianca (1962)³, H.H. Kibler (1964)⁴, NRC (1971)⁵, M.K. Yousef (1985)⁶, T.L. Mader *et al.* (2006)⁷, A. Berman *et al.* (2016)⁸. Величину ЭТИ определили согласно методике F.C. Baeta (1987)⁹.

Оценку комфорtnости внешней среды для молочного скота проводили с использованием шкал индексов: ТВИ, предложенного G.L. Hahn *et al.* (2009)¹⁰, и ЭТИ, разработанного F.C. Baeta (1987).

Обработку данных провели биометрическими методами, рекомендованными А.Н. Плохинским (Москва, 1970 г.)¹¹, используя пакет официальных программ Microsoft Office, Microsoft Excel (США).

Результаты и обсуждение /

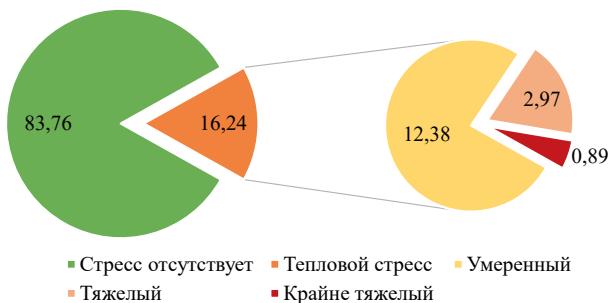
Results and discussion

Анализ результатов, представленных на рисунке 1, показывает, что за исследуемый 55-летний период (1970–2024 гг.) в ПФО всего 16,24% значений ТВИ, вычисленных по различным методикам, соответствовали состоянию теплового стресса у молочного скота, в то время как подавляющее большинство значений (83,76%) свидетельствовали об отсутствии подобного явления. По уровню интенсивности или степени тяжести, основываясь на величинах индекса, тепловой стресс классифицирован на три категории: умеренный, тяжелый и крайне тяжелый.

Наибольшее количество значений (12,38%) соответствовало умеренному

Рис. 1. Структура значений ТВИ и степеней тяжести теплового стресса в ПФО за 1970–2024 гг., %

Fig. 1. The structure of the THI values and degrees of heat stress severity in the Volga Federal District from 1970 to 2024, %

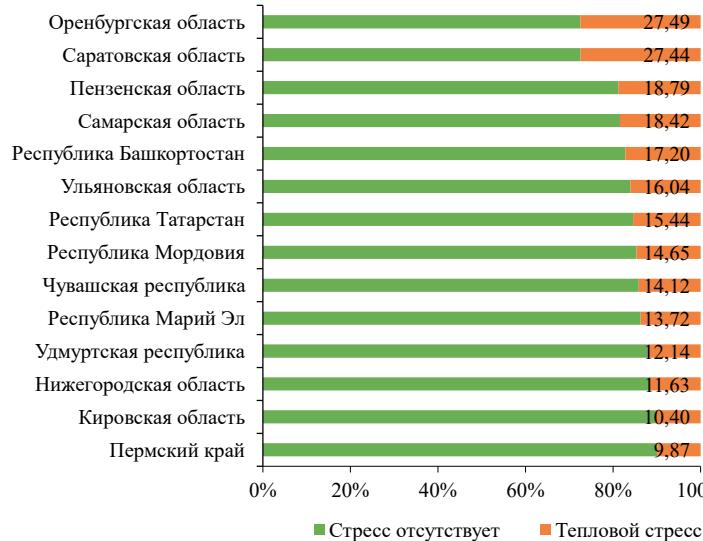


тепловому стрессу, 2,97% — тяжелому, 0,89% — крайне тяжелому.

Анализ данных, отраженных на рисунке 2, выявил существенные различия субъектов ПФО по доле средних значений ТВИ, установленных всеми перечисленными выше методами, характерных для той или иной тяжести теплового стресса, с диапазоном колебаний от 9,87 до 27,49%. Наименьшая доля значений, отражающих тепловой стресс у молочного скота, зарегистрирована в Пермском крае (9,87%), несколько выше — в Кировской

Рис. 2. Структура средних значений ТВИ в субъектах ПФО за 1970–2024 гг.

Fig. 2. The structure of the average THI values in the Regions of the Volga Federal District from 1970 to 2024



² Thom E.C. The discomfort index / E.C. Thom // Weatherwise. 1959; 12: 57–59.

³ Bianca W. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle / W. Bianca // Nature. 1962; 195: 251–252.

⁴ Kibler H.H. Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses / H.H. Kibler // Research Bulletin Missouri Agricultural Experiment Station. 1964; 862: 1–42.

⁵ National Research Council (NRC). A guide to environmental research on animals. Washington: National Academy of Sciences. 1971; 374.

⁶ Yousef M.K. Stress physiology in livestock. Basic principles / M.K. Yousef. FL: CRC Press. 1985; 1: 217.

⁷ Mader T.L. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle / T.L. Mader, M.S. Davis, T. Brown-Brandl // Journal of Dairy Science. 2006; 84(3): 712–719.

⁸ Berman A. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress / A. Berman, M. Kaim, T. Horovitz // International Journal of Biometeorology. 2016; 60(10): 1453–1462.

⁹ Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows / F.C. Baeta, N.F. Meador, M.D. Shanklin *et al.* // American Society of Agricultural Engineers. 1987; 874015.

¹⁰ Thermal indices and their applications for livestock environments. In: Livestock energetics and thermal environmental management / G. Hahn, J.B. Gaughan, T.L. Mader *et al.* Ed. J.A. De Shazer. USA. MI, St. Joseph American, Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009; 113–130.

¹¹ Плохинский А.Н. Биометрия. 2-е изд. / А.Н. Плохинский. М.: МГУ. 1970; 367.

области (10,40%). Максимальная доля значений, свойственных тепловому стрессу, характерна для Оренбургской и Саратовской областей — 27,49% и 27,44% соответственно.

Дополнительно стоит выделить два субъекта Федерации, которые демонстрировали относительно близкие величины рассматриваемого параметра в диапазоне 18,42–18,79%, — Пензенская и Самарская области. Республика Татарстан заняла 7-ю позицию в рейтинге регионов по доле значений ТВИ, соответствующих тепловому стрессу у молочного скота за изучаемый 55-летний период с показателем 15,44%.

Анализ результатов, представленных на рисунке 3, демонстрирует значительное влияние различных методологических подходов к вычислению ТВИ на величину самого индекса, что сказывается на количественных показателях, отражающих долю значений индекса, соответствующих тепловому стрессу у молочного скота или его отсутствию. Методика, предложенная Е.С. Thom (1959), выявила наибольшую долю значений, ассоциированных с тепловым стрессом, и наименьшую долю значений, соответствующих его отсутствию.

В то же время метод W. Bianca (1962) показал противоположные результаты, выявив наименьшую долю значений, указывающих на тепловой стресс, и наибольшую долю значений, характерных для его отсутствия среди всех выбранных для исследования методик. Следует отметить, что выбор конкретной методики расчета индекса теплового стресса оказывает определенное влияние на ранжирование субъектов ПФО в общем рейтинге регионов. Например, при использовании методик Е.С. Thom (1959) и W. Bianca (1962) первые две позиции в рейтинге по распространению теплового стресса занимают Саратовская и Оренбургская области соответственно.

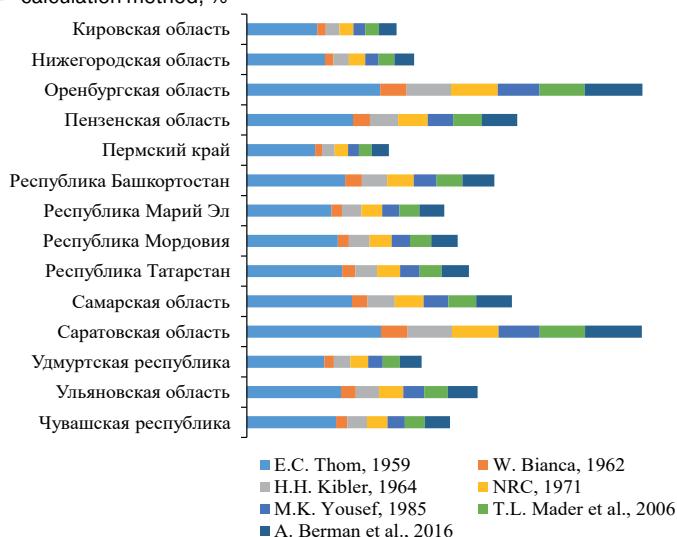
При применении методик Н.Н. Kibler (1964), NRC (1971), M.K. Yousef (1985), T.L. Mader *et al.* (2006) и A. Berman *et al.* (2016) на первое место выходит Оренбургская область, а Саратовская область занимает вторую позицию. Третья позиция в рейтинге по доле значений ТВИ, характерных для теплового стресса у молочного скота, при использовании методик Е.С. Thom (1959), W. Bianca (1962), Н.Н. Kibler (1964), NRC (1971), M.K. Yousef (1985) и T.L. Mader *et al.* (2006) принадлежит Пензенской области.

При применении методики А. Berman *et al.* (2016) эту позицию занимает Самарская область. Независимо от выбранной методики расчета индекса Пермский край замыкает рейтинг регионов по доле значений, соответствующих критерию «тепловой стресс», демонстрируя минимальную долю соответствующих значений ТВИ.

При использовании метода W. Bianca (1962) Нижегородская область занимает предпоследнюю позицию в рейтинге, в то время как при

Рис. 3. Структура значений ТВИ в субъектах ПФО за 1970–2024 гг., соответствующих тепловому стрессу, в зависимости от применяемого метода расчета индекса, %

Fig. 3. Structure of THI values in the Volga Federal District regions from 1970 to 2024 corresponding to heat stress, depending on the index calculation method, %



применении всех остальных методик на этой позиции располагается Кировская область. Что касается Татарстана, то при использовании метода Е.С. Thom (1959) республика занимает 6-ю позицию в рейтинге регионов, тогда как при применении других методик расчета ТВИ перемещается на 7-ю позицию рейтинга среди всех 14 анализируемых субъектов.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что существует некоторая вариабельность результата в оценке теплового стресса в зависимости от применяемой методики расчета ТВИ.

Анализ данных, представленных на рисунке 4, показывает, что во всех субъектах ПФО преобладали значения ТВИ, соответствующие умеренному тепловому стрессу, значительно реже — тяжелому, а доля значений, характерных для крайне тяжелого теплового стресса, составляла от 0,34 до 2,03%. Среди 14 рассмотренных субъектов наибольшая частота ТВИ, характерного для умеренного уровня теплового стресса, зафиксирована в Оренбургской области (19,96%), далее следуют Саратовская (14,62%) и Пензенская (14,38%) области.

Такие субъекты, как Самарская и Ульяновская области, республики Башкортостан, Татарстан, Мордовия, Чувашия, Марий Эл, занимают более низкие позиции в рейтинге с долей соответствующих значений, укладывающихся в диапазон от 10,67 до 14,09%. Доля аналогичных значений в Удмуртской Республике и Нижегородской области составляет 9,55% и 9,17% соответственно. В Кировской области аналогичная доля значений ТВИ, характерных для умеренного теплового стресса у молочного скота, составляет 8,11%, тогда как минимальная (7,85%) наблюдается в Пермском крае.

Максимальная доля значений ТВИ, характерных для тяжелого теплового стресса, была зарегистрирована в Саратовской и Оренбургской областях — 5,73% и 5,51% соответственно. Самыми

низкими долями ТВИ, свойственного тяжелому тепловому стрессу, характеризовались Кировская область и Пермский край — 1,81% и 1,69% соответственно. Республика Татарстан отличалась долей значений ТВИ, соответствующих умеренному тепловому стрессу, составившей 11,94%, что на 0,44% ниже среднего показателя по ПФО. Доля значений, характерных для тяжелого теплового стресса, была на 0,23% ниже среднего показателя, а доля значений крайне тяжелого теплового стресса оказалась ниже среднего по ПФО на 0,14%.

Анализ результатов оценки ЭТИ (рис. 5) показал, что за исследуемые 55 лет средняя доля индекса, отражающая тепловой стресс у молочного скота в субъектах ПФО по данному показателю, составила 14,82%. Это значение ниже доли ТВИ, характерных для теплового стресса у молочного скота, на 1,42%. Наибольшая доля значений ЭТИ, соответствующих тепловому стрессу, была зафиксирована в Пензенской области — 19,69%.

В Республике Башкортостан — 18,48%, что на 1,21% меньше, чем в Пензенской области. Республика Татарстан заняла третье место по доле значений ЭТИ, отвечающих критериям теплового стресса, с показателем 17,78%. Минимальная доля значений ЭТИ, характерных для теплового стресса, была выявлена в Пермском крае — 10,94%. В Кировской области этот показатель составил 11,29%, что на 0,35% выше, чем в Пермском крае. Оренбургская и Саратовская области расположились на четвертой и пятой позициях рейтинга с долями ЭТИ, соответствующих тепловому стрессу, составляющими 16,77% и 16,23% соответственно.

Выводы/Conclusions

Проблема теплового стресса в ПФО имеет ярко выраженный региональный аспект и проявляется с различной интенсивностью в зависимости от географического расположения регионов и их природно-климатических особенностей. В среднем 16,24% значений ТВИ соответствовали состоянию теплового стресса у молочного скота. Наибольшая их доля (12,38%) характерна для умеренного по тяжести теплового стресса.

Максимальные доли значений ТВИ, свойственных для теплового стресса, зарегистрированы в Оренбургской и Саратовской областях — 27,49% и 27,44% соответственно, минимальная — в Пермском крае (9,87%).

Установлена некоторая вариабельность в рейтинге регионов в зависимости от применяемой методики расчета ТВИ, однако первые две строки делят между собой Саратовскую и Оренбургскую

Рис. 4. Структура ТВИ в зависимости от степени тяжести теплового стресса в субъектах ПФО за 1970–2024 гг., %

Fig. 4. Structure of THI indices depending on the severity degree of heat stress in the Volga Federal District regions from 1970 to 2024, %

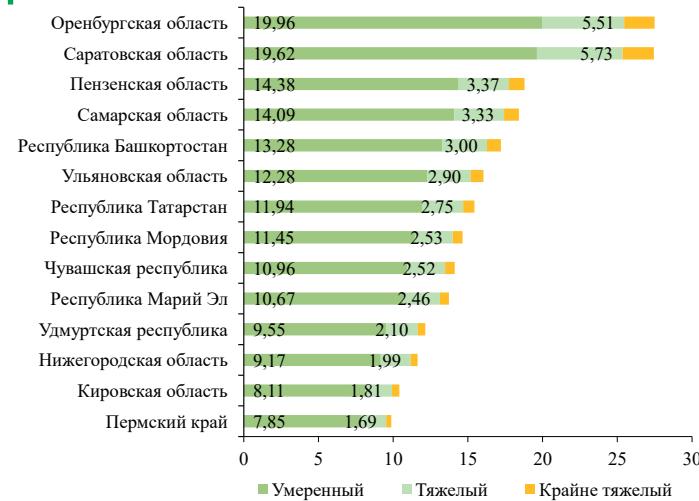


Рис. 5. Структура значений ЭТИ в субъектах ПФО за 1970–2024 гг.

Fig. 5. Structure of ETI index values in the Volga Federal District regions from 1970 to 2024.



области, чередуясь друг с другом в зависимости от того или иного метода расчета, а замыкает рейтинг Пермский край независимо от выбранной методики. Наибольшая частота ТВИ, характерного для умеренного уровня теплового стресса, зафиксирована в Оренбургской области (19,96%), минимальная — в Пермском крае (7,85%). Средняя доля ЭТИ, отражающая тепловой стресс, по субъектам ПФО составила 14,82%, максимальная (19,69%) характерна для Пензенской области, а минимальная (10,94%) — для Пермского края.

Полученные результаты позволяют оценить объемы и степень тяжести теплового стресса в региональном аспекте, могут учитываться при разработке стратегий адаптации молочного скота к меняющимся условиям окружающей среды.

Стоит учитывать, что различные методологические подходы к вычислению ТВИ и ЭТИ оказывают некоторое влияние на количественные показатели, отражающие как долю значений индексов, соответствующих тепловому стрессу или его отсутствию, так и на отдельные численные значения, отражающие тяжесть теплового стресса.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
 Автор несет ответственность за плагиат.
 Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокочленных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологически безопасной и функциональной продукции» (125031003428-9).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Neto J.B.S., Brito L.F., Mota L.F.M., Silva M.R.G., Rodrigues G.R.D., Baldi F. Exploring the impact of heat stress on feed efficiency in tropical beef cattle using genomic reaction norm models. *Animal*. 2025; 19(9): 101612.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101612>
2. Yan G., Li H., Shi Z. Evaluation of Thermal Indices as the Indicators of Heat Stress in Dairy Cows in a Temperate Climate. *Animals*. 2021; 11(8): 2459.
<https://doi.org/10.3390/ani11082459>
3. Dimov D., Penev T., Marinov I. Thermal microclimate assessment in dairy cow milking parlors: Seasonal variations in temperature-humidity index and implications for heat stress. *Veterinary World*. 2025; 18(7): 2024–2030.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.2024-2030>
4. Garcia C.A.P., Bovo M., Barbaresi A., Santolini E., Torreggiani D., Tassinari P. Predicting Equivalent Temperature Index in a Cattle Barn with NeuralProphet Model. *2024 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)*. IEEE. 2024; 419–423.
<https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor63043.2024.10948809>
5. Wang X. et al. A predictive model of equivalent temperature index for dairy cattle (ETIC). *Journal of Thermal Biology*. 2018; 76: 165–170.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.07.013>
6. Li S., Gebremedhin K.G., Lee C.N., Collier R.J. Evaluation of Thermal Stress Indices for Cattle. *2009 ASABE Annual International Meeting*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009; 096003.
<https://doi.org/10.13031/2013.27441>
7. Herrera-González J.L. et al. Identifying the best indicator for forecasting the temperature-humidity index for dairy cattle and its historical pattern (1940–2024) in North-Central Mexico. *Smart Agricultural Technology*. 2025; 12: 101368.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101368>
8. Hoffmann G., Herbut P., Pinto S., Heinicke J., Kuhla B., Amon T. Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. *Biosystems Engineering*. 2020; 199: 83–96.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.017>
9. Idris M., Uddin J., Sullivan M., McNeill D.M., Phillips C.J.C. Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle. *Animals*. 2021; 11(1): 71.
<https://doi.org/10.3390/ani11010071>
10. Džermeikaitė K., Krštočaitė J., Malasauskienė D., Arlauskaitė S., Girdauskaitė A., Antanaitis R. The Impact of Heat Stress on Dairy Cattle: Effects on Milk Quality, Rumination Behaviour, and Reticulorumen pH Response Using Machine Learning Models. *Biosensors*. 2025; 15(9): 608.
<https://doi.org/10.3390/bios15090608>
11. Вторый В.Ф., Вторый С.В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров. *Аграрный научный журнал*. 2022; (2): 69–72.
<https://doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp69-72>
12. Бокзонади А. Тепловой стресс. Контроль состояния дойных коров. Эффективное животноводство. 2021; (3): 98–101.
<https://elibrary.ru/ezqqve>
13. Hut P.R., Scheurwater J., Nielen M., van den Broek J., Hostens M.M. Heat stress in a temperate climate leads to adapted sensor-based behavioral patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(8): 6909–6922.
<https://doi.org/10.3168/jds.2021-21756>
14. El Shewy A.A.E.H. Impact of heat stress on the performance of dairy cows: A mini-review. *Veterinary Research Notes*. 2025; 5(6): 48–54.
<https://doi.org/10.5455/vrn.2025.e56>
15. Белоусов А.И., Шкуратова И.А., Красноперов А.С., Опарина О.Ю., Малков С.В. Влияние теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой периоды. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; (3): 93–101.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-64-3-93-101>
- The author is responsible for the work and the submitted data.
 The author is responsible for plagiarism.
 The author declared no conflict of interest.

FUNDING

The work was carried out as part of the state assignment “Improvement of integrated domestic technologies of selection, plant growing and livestock farming based on identification of high-value genotypes, molecular genetic methods, biotechnology, construction of adaptive and highly productive agrobiocenoses and agroecosystems for production of ecologically safe and functional products” (125031003428-9).

REFERENCES

- Neto J.B.S., Brito L.F., Mota L.F.M., Silva M.R.G., Rodrigues G.R.D., Baldi F. Exploring the impact of heat stress on feed efficiency in tropical beef cattle using genomic reaction norm models. *Animal*. 2025; 19(9): 101612.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2025.101612>
- Yan G., Li H., Shi Z. Evaluation of Thermal Indices as the Indicators of Heat Stress in Dairy Cows in a Temperate Climate. *Animals*. 2021; 11(8): 2459.
<https://doi.org/10.3390/ani11082459>
- Dimov D., Penev T., Marinov I. Thermal microclimate assessment in dairy cow milking parlors: Seasonal variations in temperature-humidity index and implications for heat stress. *Veterinary World*. 2025; 18(7): 2024–2030.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.2024-2030>
- Garcia C.A.P., Bovo M., Barbaresi A., Santolini E., Torreggiani D., Tassinari P. Predicting Equivalent Temperature Index in a Cattle Barn with NeuralProphet Model. *2024 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)*. IEEE. 2024; 419–423.
<https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor63043.2024.10948809>
- Wang X. et al. A predictive model of equivalent temperature index for dairy cattle (ETIC). *Journal of Thermal Biology*. 2018; 76: 165–170.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.07.013>
- Li S., Gebremedhin K.G., Lee C.N., Collier R.J. Evaluation of Thermal Stress Indices for Cattle. *2009 ASABE Annual International Meeting*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2009; 096003.
<https://doi.org/10.13031/2013.27441>
- Herrera-González J.L. et al. Identifying the best indicator for forecasting the temperature-humidity index for dairy cattle and its historical pattern (1940–2024) in North-Central Mexico. *Smart Agricultural Technology*. 2025; 12: 101368.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101368>
- Hoffmann G., Herbut P., Pinto S., Heinicke J., Kuhla B., Amon T. Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. *Biosystems Engineering*. 2020; 199: 83–96.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.017>
- Idris M., Uddin J., Sullivan M., McNeill D.M., Phillips C.J.C. Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle. *Animals*. 2021; 11(1): 71.
<https://doi.org/10.3390/ani11010071>
- Džermeikaitė K., Krštočaitė J., Malasauskienė D., Arlauskaitė S., Girdauskaitė A., Antanaitis R. The Impact of Heat Stress on Dairy Cattle: Effects on Milk Quality, Rumination Behaviour, and Reticulorumen pH Response Using Machine Learning Models. *Biosensors*. 2025; 15(9): 608.
<https://doi.org/10.3390/bios15090608>
- Вторый В.Ф., Вторый С.В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров. *Аграрный научный журнал*. 2022; (2): 69–72.
<https://doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp69-72>
- Бокzonади А. Тепловой стресс. Контроль состояния дойных коров. Эффективное животноводство. 2021; (3): 98–101.
<https://elibrary.ru/ezqqve>
- Hut P.R., Scheurwater J., Nielen M., van den Broek J., Hostens M.M. Heat stress in a temperate climate leads to adapted sensor-based behavioral patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(8): 6909–6922.
<https://doi.org/10.3168/jds.2021-21756>
- El Shewy A.A.E.H. Impact of heat stress on the performance of dairy cows: A mini-review. *Veterinary Research Notes*. 2025; 5(6): 48–54.
<https://doi.org/10.5455/vrn.2025.e56>
- Белоусов А.И., Шкуратова И.А., Красноперов А.С., Опарина О.Ю., Малков С.В. Влияние теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой периоды. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; (3): 93–101.
<https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-64-3-93-101>

16. Рудь Е.Н., Кузьминова Е.В., Семененко М.П., Кощаев А.Г., Кощаева О.В. Состояние перекисного окисления липидов в организме молочных коров при тепловом стрессе. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2021; 92: 238–244. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-92-238-244>
17. Baccouri W. et al. The effect of seasonal changing temperature on blood metabolic indicators in Holstein Friesian cows. *Cogent Food & Agriculture*. 2025; 11(1): 2550498. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2550498>
18. Koch F., Viergutz T., Kühn C., Kuhla B. Dynamic immune and molecular responses to chronic heat stress in blood and peripheral blood mononuclear cells of dairy cows. *Frontiers in Immunology*. 2025; 16: 1633453. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1633453>
19. Кузьминова Е.В., Рудь Е.Н., Семененко М.П., Абрамов А.А., Рогалева Е.В. Патофизиологические особенности теплового стресса у коров с гепатобилиарными нарушениями. *Ветеринария Кубани*. 2022; (3): 21–23. <https://elibrary.ru/sywzvnv>
20. Ekine-Dzivenu C.C. et al. Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub-Saharan African climate. *Livestock Science*. 2020; 242: 104314. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104314>
21. Ferag A. et al. Heat stress effect on fertility of two imported dairy cattle breeds from different Algerian agro-ecological areas. *International Journal of Biometeorology*. 2024; 68(12): 2515–2529. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02761-y>
22. Lemal P., Schroyen M., Gengler N. Genetic parameters and relevance for heat stress assessment in dairy cattle of 2 udder health traits: Somatic cell score and differential somatic cell count. *Journal of Dairy Science*. 2025; 108(9): 9930–9945. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26227>
23. Martínez E.N. et al. Impacts of heat stress under oceanic climate on fertility and reproductive physiology of dairy cows subjected to hormonal synchronization. *International Journal of Biometeorology*. 2025; 69(9): 2325–2336. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-02969-6>
24. Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В. Влияние теплового стресса на воспроизводительную способность молочных коров и способ ее коррекции. *Сельскохозяйственный журнал*. 2022; (2): 58–65. <https://elibrary.ru/bescess>
25. Hristov H. Using Infrared Thermography to Study the Impact of Dangerous Heat Stress on Thigh and Udder Temperature in Dairy Cows. *Engineering Proceedings*. 2025; 104(1): 94. <https://doi.org/10.3390/engproc2025104094>
26. Singaravelan A. et al. Non-invasive heat stress assessment in Murrah buffalo, crossbred (*Bos taurus* × *Bos indicus*) cattle and Vechur cattle using inner canthus infrared thermography. *Tropical Animal Health and Production*. 2025; 57(6): 285. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04537-x>
27. Волхонов М.С., Иванов Ю.Г., Максимов И.И., Понизовкин Д.А., Жумагулов Ж.Б. Математическая модель теплообмена коровы с окружающей средой при тепловом стрессе с учетом терморегуляционной функции животного. *Аграрный вестник Нечерноземья*. 2023; (4): 42–50. <https://elibrary.ru/bguazq>
28. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А., Жумагулов Ж.Б., Мошонкин А.М. Математическая модель очистки кожного покрова коров для повышения интенсивности теплового обмена при тепловых стрессах. *Агротехника*. 2023; 25(6): 16–23. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-16-23>
29. Иванов Ю.Г., Баймukanов Д.А., Борулько В.Г., Понизовкин Д.А., Джанабекова Г.К. Влияние очистки кожного покрова коров на физиологические показатели при тепловых стрессах в теплый период времени. *Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан*. 2020; (4): 100–108 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.109>
30. Горлов И.Ф. и др. Влияние капельного орошения на продуктивность и качество молока коров в условиях теплового стресса. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024; (5): 159–166. <https://elibrary.ru/ehocku>
31. Антипова Т.А. и др. Влияние теплового стресса на молочную продуктивность коров и качественные характеристики молока. *Молочное и мясное скотоводство*. 2025; (2): 49–53. <https://doi.org/10.33943/MMS.2025.34.21.010>
32. Gomes R. et al. Effects of artificial shade and chromium supplementation during mid and late gestation of beef cows under heat stress: cow performance and thermotolerance. *Journal of Animal Science*. 2025; 103(S2): 85. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf170.098>
16. Rud E.N., Kuzminova E.V., Semenenko M.P., Koshchaev A.G., Koshchaeva O.V. The state of lipid peroxidation in the body of dairy cows under heat stress. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021; 92: 238–244 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-92-238-244>
17. Baccouri W. et al. The effect of seasonal changing temperature on blood metabolic indicators in Holstein Friesian cows. *Cogent Food & Agriculture*. 2025; 11(1): 2550498. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2550498>
18. Koch F., Viergutz T., Kühn C., Kuhla B. Dynamic immune and molecular responses to chronic heat stress in blood and peripheral blood mononuclear cells of dairy cows. *Frontiers in Immunology*. 2025; 16: 1633453. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1633453>
19. Kuzminova E.V., Rud E.N., Semenenko M.P., Abramov A.A., Rogaleva E.V. Pathophysiological features of heat stress in cows with hepatobiliary disorders. *Veterinaria Kubani*. 2022; (3): 21–23 (in Russian). <https://elibrary.ru/sywzvn>
20. Ekine-Dzivenu C.C. et al. Evaluating the impact of heat stress as measured by temperature-humidity index (THI) on test-day milk yield of small holder dairy cattle in a sub-Saharan African climate. *Livestock Science*. 2020; 242: 104314. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104314>
21. Ferag A. et al. Heat stress effect on fertility of two imported dairy cattle breeds from different Algerian agro-ecological areas. *International Journal of Biometeorology*. 2024; 68(12): 2515–2529. <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02761-y>
22. Lemal P., Schroyen M., Gengler N. Genetic parameters and relevance for heat stress assessment in dairy cattle of 2 udder health traits: Somatic cell score and differential somatic cell count. *Journal of Dairy Science*. 2025; 108(9): 9930–9945. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26227>
23. Martínez E.N. et al. Impacts of heat stress under oceanic climate on fertility and reproductive physiology of dairy cows subjected to hormonal synchronization. *International Journal of Biometeorology*. 2025; 69(9): 2325–2336. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-02969-6>
24. Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V. Effect of heat stress on the reproductive capacity of dairy cows and the method for its improvement. *Agricultural journal*. 2022; (2): 58–65 (in Russian). <https://elibrary.ru/becepp>
25. Hristov H. Using Infrared Thermography to Study the Impact of Dangerous Heat Stress on Thigh and Udder Temperature in Dairy Cows. *Engineering Proceedings*. 2025; 104(1): 94. <https://doi.org/10.3390/engproc2025104094>
26. Singaravelan A. et al. Non-invasive heat stress assessment in Murrah buffalo, crossbred (*Bos taurus* × *Bos indicus*) cattle and Vechur cattle using inner canthus infrared thermography. *Tropical Animal Health and Production*. 2025; 57(6): 285. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04537-x>
27. Volkhonov M.S., Ivanov Yu.G., Maksimov I.I., Ponizovkin D.A., Zhumagulov Zh.B. A mathematical model of the heat exchange of a cow with the environment under thermal stress, taking into account the thermoregulatory function of the animal. *Agrarian Bulletin of the Non-Chernozem region*. 2023; (4): 42–50 (in Russian). <https://elibrary.ru/bguazq>
28. Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A., Zhumagulov Zh.B., Moshonkin A.M. Mathematical model of cow skin cleaning used to increase heat exchange intensity under heat stresses. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023; 25(6): 16–23 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-16-23>
29. Ivanov Yu.G., Baimukanov D.A., Borulko V.G., Ponizovkin D.A., Dzhanabekova G.K. Influence of cow skin cleaning on physiological parameters under heat stresses in warm season. *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2020; (4): 100–108. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.109>
30. Gorlov I.F. et al. The influence of drip irrigation on dairy productivity of lactating cows and quality of milk under the heat stress. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2024; (5): 159–166 (in Russian). <https://elibrary.ru/ehocku>
31. Antipova T.A. et al. The effect of heat stress on dairy productivity of cows and milk quality characteristics. *Dairy and beef cattle farming*. 2025; (2): 49–53 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2025.34.21.010>
32. Gomes R. et al. Effects of artificial shade and chromium supplementation during mid and late gestation of beef cows under heat stress: cow performance and thermotolerance. *Journal of Animal Science*. 2025; 103(S2): 85. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf170.098>

33. Kirkland R.-M., Dmitruk S., Zhuravlev E. Дополнительный источник энергии при тепловом стрессе у коров. *Комбикорма*. 2020; (6): 74–76.
<https://elibrary.ru/mtnkof>
34. Григорьев Д.Ю., Пирогов Д.А. Эффективность кормовых средств защиты коров при тепловом стрессе. *Комбикорма*. 2024; (6): 49–54.
<https://doi.org/10.69539/2413-287X-2024-06-4-222>
35. Зенкин А.С., Свитин А.И., Калязина Н.Ю., Волков Д.В., Куприянов А.В., Палаткин Д.А. Гормональный статус коров при тепловом стрессе на фоне применения фитопрепаратов. *Иппология и ветеринария*. 2019; (4): 74–79.
<https://elibrary.ru/geryvs>
36. Ferreira N.C.R., Andrade R.R., Ferreira L.N. Climate change impacts on livestock in Brazil. *International Journal of Biometeorology*. 2024; 68(12): 2693–2704.
<https://doi.org/10.1007/s00484-024-02778-3>
37. Chilingaryan A., Thomson P.C., Garcia S.C., Clark C.E.F. An AI-based hybrid model for dairy cattle heat tolerance phenotype. *Smart Agricultural Technology*. 2025; 12: 101455.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101455>
38. Hernandez A., Galina C.S., Geffroy M., Jung J., Westin R., Berg C. Cattle welfare aspects of production systems in the tropics. *Animal Production Science*. 2022; 62(13): 1203–1218.
<https://doi.org/10.1071/AN21230>
39. Довлатов И.М., Комков И.В., Базаев С.О., Владимиров Ф.Е., Хакимов А.Р. Влияние теплового стресса, определение температурно-влажностного индекса. *Аграрная наука*. 2024; (10): 171–176.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-171-176>
33. Kirkland R.-M., Dmitruk S., Zhuravlev E. An additional source of energy for heat stress in cows. *Kombikorma*. 2020; (6): 74–76 (in Russian).
<https://elibrary.ru/mtnkof>
34. Grygoriev D.Yu., Pirogov D.A. Efficiency of feed products to protect cows under heat stress. *Kombikorma*. 2024; (6): 49–54 (in Russian).
<https://doi.org/10.69539/2413-287X-2024-06-4-222>
35. Zenkin A.S., Svitin A.I., Kalyazina N.Yu., Volkov D.V., Kupriyanov A.V., Palatkin D.A. Hormonal status of cows at heat stress on the background of application phytopreparations. *Hippology and Veterinary Medicine*. 2019; (4): 74–79 (in Russian).
<https://elibrary.ru/geryvs>
36. Ferreira N.C.R., Andrade R.R., Ferreira L.N. Climate change impacts on livestock in Brazil. *International Journal of Biometeorology*. 2024; 68(12): 2693–2704.
<https://doi.org/10.1007/s00484-024-02778-3>
37. Chilingaryan A., Thomson P.C., Garcia S.C., Clark C.E.F. An AI-based hybrid model for dairy cattle heat tolerance phenotype. *Smart Agricultural Technology*. 2025; 12: 101455.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101455>
38. Hernandez A., Galina C.S., Geffroy M., Jung J., Westin R., Berg C. Cattle welfare aspects of production systems in the tropics. *Animal Production Science*. 2022; 62(13): 1203–1218.
<https://doi.org/10.1071/AN21230>
39. Dovlatov I.M., Komkov I.V., Bazaev S.O., Vladimirov F.E., Khakimov A.R. Effect of heat stress, determination of temperature-humidity index. *Agrarian science*. 2024; (10): 171–176 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-171-176>

ОБ АВТОРАХ

Евгений Олегович Крупин

доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных
evgeny.krupin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8086-1788>

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,
ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, 420059, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Evgeny Olegovich Krupin

Doctor of Veterinary Sciences, Leading Researcher of the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition
evgeny.krupin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8086-1788>

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture — subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences",

48 Orenburg tract, Kazan, 420059, Russia

Подпишитесь на Telegram канал ИД «Аграрная наука»



Еженедельно вы будете получать свежие новости АПК и сельского хозяйства, анонсы отраслевых событий, знакомиться с результатами научных исследований, репортажами и интервью.



Оформите подписку на информационные e-mail рассылки



Дважды в неделю на ваш e-mail ящик будут приходить уведомления о топовых событиях АПК, аналитика, прогнозы, приглашения на выставки и конференции.

Через наши рассылки вы можете познакомить со своими товарами и услугами потенциальных клиентов.



Реклама

Связаться с редакцией:
**Тел. +7 (495) 777-67-67
(доб. 1453)**
agrovetpress@inbox.ru