

Виды стрессов и методы снижения стрессовой нагрузки у крупного рогатого скота

Силин Д.А., (✉)Платонов С.А.

*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук*

Оренбург, Россия

(✉)e-mail: platonstas1994@mail.ru

В последнее время значительной проблемой современного животноводства стал стресс животных. По мере индустриализации сельского хозяйства эта проблема все больше обостряется, в результате которой животноводческие предприятия и фермы несут ощутимые экономические потери. На протяжении всей жизни животное подвергается многочисленным стрессорам, имеющим совершенно разную природу возникновения, но неизменно ведущей к одним и тем же изменениям в организме. Животное заметно теряет в массе, слабеет, у него понижается сопротивляемость к заболеваниям. Дан обзор научных источников по некоторым видам стрессовой нагрузки на крупный рогатый скот: тепловому стрессу, стрессу при транспортировке, предубойному. По данным многих исследований, стрессовое состояние животного на 70–80% зависит от кормления и содержания и лишь на 20–30% – от генетики. На организм сельскохозяйственных животных постоянно воздействуют разнообразные факторы внешней среды. К их числу относятся технология производства, способ содержания, плотность размещения, величина групп, микроклимат помещений, тип и уровень кормления, биологическая полноценность рационов, способы подготовки и раздачи кормов, качество питьевой воды, ветеринарно-профилактические и зоотехнические мероприятия (вакцинация, санитарная обработка животных, взвешивание, кастрация и др.). При изменении указанных факторов в организме животных происходят определенные реакции. Природа стресса может быть различной: механической, физической, химической, биологической и психической. Знание причин стресса, закономерностей его течения и последствий, изложенных в указанных научных источниках, позволит рационально использовать предлагаемые способы уменьшения неблагоприятного влияния различных стресс-факторов на животных для сохранения их здоровья и высокой продуктивности.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, стресс, стресс-факторы, тепловой стресс, предубойный стресс

Types of stress and methods of stress reduction in cattle

Silin D.A., (✉)Platonov S.A.

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences*

Orenburg, Orenburg Region, Russia

(✉)e-mail: platonstas1994@mail.ru

Recently, stress has become the most urgent problem of modern animal husbandry. With the industrialization of agriculture, this problem is becoming more and more acute, as a result, livestock enterprises and farms suffer significant economic losses. Throughout its life, the animal is exposed to numerous stressors that have a completely different nature of occurrence, but invariably lead to the same changes in the body. The animal noticeably loses weight, weakens, its resistance to diseases decreases. A review of scientific sources on some types of stress loading on cattle: heat stress, transportation stress, pre-slaughter stress is given. According to many studies, the stress state of an animal depends on feeding and maintenance by 70-80% and only 20-30% on genetics. The body of farm animals is constantly affected by various environmental factors. These include production technology, method of maintenance, density of accommodation, size of groups, microclimate of premises, type and level of feeding, biological full-value of diets, methods of preparation and distribution of feed, quality of drinking water, veterinary and preventive and zootechnical measures (vaccination, sanitary treatment of animals, weighing, castration, etc.). When the above factors change, certain reactions occur in the

animal body. The nature of stress can be different: mechanical, physical, chemical, biological, mental. Knowledge of the causes of stress, the patterns of its course, its consequences, outlined in the mentioned scientific sources, will allow rational use of the proposed ways to reduce the adverse effects of various stress factors on animals to preserve their health and high productivity.

Keywords: cattle, stress, stress factors, heat stress, pre-slaughter stress

Для цитирования: Силин Д.А., Платонов С.А. Виды стрессов и методы снижения стрессовой нагрузки у крупного рогатого скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 6. С. 101–111. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-6-10>

For citation: Silin D.A., Platonov S.A. Types of stress and methods of stress reduction in cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 6, pp. 101–111. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-6-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (тема № FNWZ-2024-0001 «Создание технологий повышения продуктивности сельскохозяйственных животных на основе новых знаний о закономерностях формирования метаболического профиля, репродуктивного потенциала и механизмов адаптации»).

Acknowledgements

The work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the FSBSI “Federal Scientific Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences” (topic No. FNWZ-2024-0001 “Creation of technologies to increase productivity of farm animals on the basis of new knowledge about the regularities of formation of metabolic profile, reproductive potential and adaptation mechanisms”).

В животноводстве с внедрением технологических элементов, которые ограничивают возможности учета индивидуальных особенностей животных, важнейшей является проблема приспособления организма к новым условиям.

Природа и физиологические свойства животного, формировавшиеся в течение многих веков, не в состоянии изменяться с такой же быстротой, с какой изменяются условия окружающей среды и технология ведения животноводства. В связи с этим возникает несоответствие между биологической природой организма, его физиологическими возможностями и окружающей средой, т.е. состояние стресса. Впервые это понятие ввел канадский ученый Ганс Селье в 1936 г. Под стрессом он понимал состояние, в котором оказывался организм под воздействием различных раздражителей окружающей среды. Факторы среды, способные вызывать однородные ответные реакции организма, он называл стрессорами [1].

В последнее время стресс чаще определяют как совокупность общих стереотипных ответных реакций организма на действие раз-

личных по своей природе сильных раздражителей, а его клиническое проявление в организме – общим адаптационным синдромом. Следовательно, стресс по своему характеру – синдром специфический, а по происхождению – неспецифический. Неспецифичность формирования стресса определяется тем, что возникает он при воздействии на организм различных раздражителей – механического, химического, биологического и психического характера [2].

Стрессовые реакции организма животных могут вызывать и отрицательные, и положительные последствия. Все определяется характером, видом, назначением животного и физиологическим состоянием [3].

Стресс – это естественная реакция организма на воздействие любого резкого раздражителя окружающей среды.

Цель исследования – изучить основные виды стресса при выращивании крупного рогатого скота и их влияние на текущие в организме процессы для их дальнейшей коррекции.

Тепловой стресс. Этот стресс связан со значительным экономическим бременем для производителей животноводческой про-

дукции во всем мире [4]. Если прогнозы моделирования точны, изменение климата, вероятно, окажет существенное влияние на стабильность и устойчивость предприятий животноводства во всем мире. Одним из прогнозируемых последствий изменения климата является увеличение распространенности и интенсивности периодов тепловой нагрузки [5]. Климатические тенденции каждый год меняются, и модели прогнозирования предполагают, что в будущем сохранится значительная изменчивость климатического поведения тепловых нагрузок¹.

Тепловой стресс возникает, когда животное не может поддерживать равновесие между накоплением и рассеиванием тепла [6]. Климатические факторы, влияющие на накопление тепла у молочного скота, включают температуру окружающей среды, относительную влажность, солнечную радиацию и скорость ветра². На воздействие теплового стресса на молочный скот также влияют генотип, здоровье и иммунный статус отдельного животного [7]. Хорошо известно, что тепловой стресс снижает потребление сухого вещества крупного рогатого скота, что оказывает негативное влияние на усвоение питательных веществ в целом, влияя на иммунную систему и воспалительную реакцию организма [8]. Результаты воздействия теплового стресса варьируются от дискомфорта животных до летального исхода в отдельных случаях [9].

В периоды теплового стресса гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система активируется для поддержания гомеостаза в ответ на стрессовые стимулы [10]. Производство кортизола в периоды острого стресса действует как стимул для иммунной системы, однако во время хронического стресса секреция кортизола связана с подавлением иммунитета [11]. Следовательно, подавление иммунной системы приводит к тому, что жи-

вотное становится более восприимчивым к болезням и иммунным проблемам. Из двух иммунных ответов (врожденного и адаптивного) адаптивный ответ более сложен и требует длительного иммунологического воздействия, чтобы стать функционально активным.

Хотя врожденный и адаптивный иммунный ответ отличаются друг от друга, они взаимодействуют для защиты организма от патогенов и/или посторонних веществ. Адаптивную иммунную систему можно разделить на клеточно-опосредованный и гуморальный иммунитет. Т-лимфоциты активно участвуют в клеточно-опосредованном иммунитете, тогда как В-лимфоциты играют жизненно важную роль в гуморальном иммунитете. Оба вида иммунитета поддерживают баланс, гарантируя, что иммунная функция остается эффективной. Данный баланс может подавляться во время воздействия стрессоров³.

Лактирующие молочные коровы имеют повышенную чувствительность к тепловому стрессу по сравнению с сухостойными из-за повышения молочной продуктивности метаболизма [12]. Более того, из-за положительной взаимосвязи между количеством получаемого молока и производством тепла более высокопродуктивные коровы сильнее подвержены тепловому стрессу, чем низкопродуктивные животные [13].

Когда животное испытывает тепловой стресс, немедленным механизмом решения проблемы является снижение потребляемого сухого вещества, что приводит к снижению доступности питательных веществ, используемых для синтеза молока [14]. Одновременно происходит усиление основного обмена, обусловленное активацией системы терморегуляции. Тепловой стресс может увеличить потребность в поддержании метаболизма на 7–25% [15], что еще больше усугубляет как существующий метаболический стресс, так и снижение количества получаемого молока.

¹Hansen P.J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress // Anim Reprod Sci. 2004. Vol. 82, 83. P. 349–60. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.011.

²Li Q.L., Ju Z.H., Huang J.M., Li J.B., Li R.L., Hou M.H., Wang C.F., Zhong J.F. Two novel SNPs in HSF1 gene are associated with thermal tolerance traits in Chinese Holstein cattle. DNA Cell Biol. Vol. 30 (4). P. 247–54. DOI: 10.1089/dna.2010.1133.

³Roman-Ponce H., Thatcher W.W., Wilcox C.J. Hormonal interrelationships and physiological responses of lactating dairy cows to a shade management system in a subtropical environment // Theriogenology. 1981. Vol. 16 (2). P. 139–154. DOI: 10.1016/0093-691x(81)90097-2.

Снижение надоев молока использовалось в некоторых исследованиях как индикатор снижения благосостояния животных, которые уже страдают от различных заболеваний, таких как мастит [16]. Также было продемонстрировано, что надой молока мгновенно снижается, когда животные подвергаются стрессу [17]. В результате часто предполагают, что производство молока можно интерпретировать как прямой показатель состояния животных, поскольку оно дает производителям возможность отслеживать их индивидуальную реакцию на определенное событие (например, повышение температуры окружающей среды или изменение в питании). Однако другие исследователи ставят под сомнение использование производства молока в качестве приемлемого показателя состояния животных [18], особенно для коров, испытывающих тепловой стресс, из-за мешающего воздействия снижения потребляемого сухого вещества и замедленного снижения количества полученного молока из-за повышения температуры окружающей среды.

После периодов высоких температур окружающей среды обычно наблюдают задержку перед снижением количества получаемого молока. Сообщалось о задержке от 24 до 48 ч между повышением температуры окружающей среды и снижением выработки молока [19]. Дополнительные доказательства показали, что количество получаемого молока начинает снижаться только тогда, когда индекс температуры и влажности постоянно превышает 74 в течение предыдущих четырех дней [20]. Очевидно, что если изменения в молочной продуктивности выявляются только в течение нескольких дней после теплового стресса, этот показатель ограничен тем, что свидетельствует лишь о том, что животное находилось в тепловом стрессе и, возможно, имело плохое самочувствие, однако с учетом прошедшего времени это в лучшем случае косвенный результат [21].

Несмотря на документально подтвержденные проблемы с использованием производства молока в качестве показателя благополучия лактирующих молочных коров,

последние данные свидетельствуют о том, что изменения в составе молока могут быть более полезными для оценки коров, находящихся в состоянии непосредственного теплового стресса [22]. Необходимы последующие исследования, чтобы определить, можно ли практически внедрить на фермах тесты на коровах, которые отслеживают значительные изменения в составе молока в ответ на тепловой стресс.

Добавление в рацион крупного рогатого скота органического селена позволяет защитить организм животных от окислительного стресса и повысить надой молока, в особенности тогда, когда крупный рогатый скот подвержен тепловому стрессу. К такому выводу в рамках совместного исследования пришли ученые из США, Китая и Испании [23]. Исследователи обнаружили, что добавление органического селена увеличивало содержание селена в сыворотке и молоке, а также способствовало росту маркеров антиоксидантной активности и производительности. В то же время добавки с содержанием селена снижали процент содержания молочного жира в молоке.

Многие исследователи изучали стратегию снижения жары за последние 40 лет. При этом большинство из них было сосредоточено на охлаждении коров в условиях содержания. Крупный рогатый скот, содержащийся на пастбище, часто не может защититься от климатических условий, таких как жара, дождь, ветер или снег [24]. Различные методы управления сосредоточены на снижении негативного воздействия теплового стресса на лактирующих молочных коров, включая генетический отбор более жароустойчивых животных, управление питанием, а также изменение окружающей среды или стратегии охлаждения коров [25]. Изменение внешних факторов, как правило, является более простым и быстрым способом улучшения состояния, продуктивности и воспроизводства животных, чем улучшение генетического отбора по признаку жароустойчивости [26].

Реализация соответствующей стратегии охлаждения коров является важным управленческим решением для производителей

молочной продукции и может снизить экономические потери, связанные с тепловым стрессом. Стратегии охлаждения коров, используемые в условиях содержания, включают вентиляторы, тень, естественную вентиляцию и системы водяного охлаждения (распылители, разбрызгиватели) [27]. Для скота на пастбище можно создать естественную тень от деревьев, установить постоянные или переносные теневые конструкции или линии с распылительными форсунками, образующие туман, которые будут использоваться в качестве охлаждения [28]. Применение и экономическое влияние стратегий охлаждения коров на пастбищных молочных фермах необходимо изучить, чтобы лучше понять важность внедрения снижения температуры для выпаса скота.

Стресс при транспортировке. Перевозка животных может привести к росту заболеваемости и ухудшению состояния животных. У перевозимых животных могут быть повреждения тканей и сбои в работе организма. Кроме того, могут возникнуть патологические эффекты, которые не появились бы в результате уже присутствующих патогенов, заболевания от патогенов, передаваемых от одного перевозимого животного к другому, а также заболевания у нетранспортируемых животных из-за передачи патогенов от перевозимых.

Повышенная восприимчивость к инфекциям и заболеваниям в результате транспортировки была предметом многочисленных исследований [29]. У перевозимого крупного рогатого скота, особенно у того, который перевозят на большие расстояния, возникают существенные проблемы с состоянием организма. Как следствие, происходят экономические потери, вызванные «дорожной лихорадкой». Данный термин используют для описания ряда заболеваний, вызываемых видами *Pasteurella*, респираторно-синцитиальным вирусом крупного рогатого скота, вирусом инфекционного ринотрахеита и вирусом парагриппа-3. Стресс может вызвать реактивацию вирусов, которые присутствуют у животных после предыдущей инфекции.

Многие инфекционные заболевания могут распространяться в результате перевозки животных, например вспышки классической чумы свиней. Ящур способен усугубиться из-за того, что животные в некоторых случаях передают болезнь в пунктах сбора или местах торговли [30]. Крупные вспышки заболеваний вызывают экономические проблемы. Если свести стресс к минимуму, как и смешивание животных и продуктов их переработки, то заболевания можно предотвратить или сделать менее вероятными.

Способ управления транспортным средством может оказать большое влияние на благополучие перевозимых животных. Водителю необходимо аккуратно управлять транспортным средством, поскольку животные гораздо хуже способны справиться с поворотами, например вызванными поворотом или резким торможением. Крупный рогатый скот, овцы и лошади всегда стараются стоять в транспортном средстве таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность того, что их разбросает, и избегать контакта с другими животными. В исследовании крупного рогатого скота, перевозимого по извилистым или прямым дорогам, обнаружено, что концентрация кортизола в плазме крови была значительно выше на извилистых дорогах, чем на прямых [31].

Во время перевозки животные могут получить травмы, поэтому должны быть приняты соответствующие меры по их устранению или минимизации. Во всех поездках, кроме самых коротких, важно, чтобы была достаточная возможность для промежуточного осмотра животных [32].

Фактические физические условия, такие как температура и влажность, могут изменяться во время перевозки и требовать действий со стороны лица, ответственного за животных. Длительные перевозки сопряжены с гораздо более высоким риском ухудшения состояния животных, могут привести к значительным проблемам. Следовательно, за состоянием животных необходим тщательный мониторинг с соответствующей периодичностью [33].

Предубойный стресс. Мониторинг состояния животных на бойне несколько отличается от ситуации на ферме. Пропускная способность на бойнях может быть очень высокой. Нет возможности узнать индивидуальную историю, происхождение или привычки каждого животного. Животные незнакомы персоналу и наоборот. Более того, большинство животных неизвестны друг другу, даже если они доставлены группами или партиями, поэтому нередко можно увидеть их смешивание. Окружающая среда на бойнях также совершенно незнакома животным, поскольку большие площади не всегда предназначены для минимизации шума или визуального отвлечения животных. Неправильное обращение с животными можно наблюдать на многих бойнях, где животных грубо принуждают, используя палки, физическую силу и крики, заставляя их быстро двигаться в желаемом направлении. Необходимо знать об этих факторах, поскольку они могут вызывать у животных чрезмерное возбуждение, из-за чего они начнут упираться, возбуждаться и испытывать стресс.

Обращение с домашним скотом на бойнях должно быть как можно более коротким, продуманным и построенным таким образом, чтобы позволить животным свободно перемещаться в нужном направлении в соответствии с их поведенческими особенностями и не отвлекаться. Кроме того, необходимо исключить любые элементы беспокойства, такие как мигающий свет, изменение условий освещения, движущиеся объекты (например, лопасти вентилятора). Пол бойни должен быть устроен и поддерживаться так, чтобы свести к минимуму риск того, что животные поскользнутся, упадут или повредят конечности. Если эти критерии не соблюдать, линия убоя может замедлиться. Все это также может вызвать у персонала, ответственного за обращение с животными, ненадлежащее отношение. В таких ситуациях операторы будут регулярно использовать инструменты для стимуляции животных (электрошокеры или палки). Частота сердечных сокращений крупного рогатого скота будет увеличиваться с каждым последующим применением физи-

ческого воздействия на него [34]. Могут возникнуть на тушах повреждения (синяки, петехиальные кровоизлияния и др.) из-за чрезмерного использования электрошокера, а также из-за частых падений, поскользываний и травм о перегородки коридора, особенно если у животного нет достаточно места для движения. Отказ от перемещения у скота также могли быть вызваны недостаточной подготовкой сотрудников или плохим контролем за ним [35]. Неверное поведение сотрудников и незнание ими этологии приводит к плохому взаимодействию человека и животного. Знание сотрудниками этологии позволяет животному физиологически передвигаться без воздействия на них физической силы, которая является сильным стресс-фактором [36].

Минимизированием стресса перед убоем является ввод скота в бокс для оглушения только тогда, когда оператор готов к его выполнению. Необходимо надлежащее освещение бокса. Следует избегать видимости уже забитых животных: в данном случае помогает использование перегородок между боксами для оглушения и загонем для выгонки. Необходимо исключить возможность побега животных из бокса для оглушения, для этого адаптировать высоту стенок бокса к размеру животного [37].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важнейшим стресс-фактором, влияющим на организм животных, является воздействие внешней среды. На протяжении всей жизни животное подвергается многочисленным стрессорам, имеющим совершенно разную природу возникновения, но неизменно ведущим к одним и тем же изменениям в организме. Животное, подверженное влиянию отрицательного стресса, заметно теряет в массе, слабеет, теряет сопротивляемость к заболеваниям. Как следствие, животноводческие предприятия и фермы несут значительные экономические потери.

С повышением индустриализации производства животные начинают подвергаться стрессорам, ранее незнакомым и неизученным. В связи с этим перед животноводами

всех стран постоянно встают задачи по улучшению кормовой, сырьевой, климатической базы, а также по снижению стрессовой нагрузки, отрицательно влияющей на организм животного [38].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sjeklocha D.B.* Management of Confined Cattle in Blizzard Conditions // *Veterinary clinics Food animal practice*. 2018. Vol. 34 (2). P. 277–280. DOI: 10.1016/j.cvfa.2018.02.003.
2. *Cantalapiedra-Hijar G., Abo-Ismael M., Carstens G.E., Guan L.L., Hegarty R., Kenny D.A., McGee M., Plastow G., Relling A., Ortigues-Marty I.* Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle // *Animal*. 2018. Vol. 12 (2). P. 321–335. DOI: 10.1017/S1751731118001489.
3. *Strandén I., Kantanen J., Lidauer M.H., Meltiö T., Negussie E.* Animal board invited review: Genomic-based improvement of cattle in response to climate change // *Animal*. 2022. Vol. 16 (12). P. 100673. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100673.
4. *Khan I., Mesalam A., Heo Y.S., Lee S.H., Nabi G., Kong I.K.* Heat Stress as a Barrier to Successful Reproduction and Potential Alleviation Strategies in Cattle // *Animals (Basel)*. 2023. Vol. 13 (14). P. 2359. DOI: 10.3390/ani13142359.
5. *Abdelnour S.A., Abd El-Hack M.E., Khafaga A.F., Arif M., Taha A.E., Noreldin A.E.* Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants: A review. // *Journal of Thermal Biology*. 2019. Vol. 79. P. 120–134. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.12.013.
6. *Volpi D., Alves F.V., da Silva Arguelho A., do Vale M.M., Deniz M., Zopollatto M.* Environmental variables responsible for Zebu cattle thermal comfort acquisition // *Journal of Biometeorology*. 2021. Vol. 65 (10). P. 1695–1705. DOI: 10.1007/s00484-021-02124-x.
7. *Baena M.M., Costa A.C., Vieira G.R., Rocha R.F.B., Ribeiro A.R.B., Ibellei A.M.G., Meirelles S.L.C.* Heat tolerance responses in a *Bos taurus* cattle herd raised in a Brazilian climate // *Journal of Thermal Biology*. 2019. Vol. 81. P. 162–169. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.02.017.
8. *VanderZaag A., Le Riche E., Baldé H., Kallil S., Ouellet V., Charbonneau É., Coates T., Wright T., Luimes P., Gordon R.* Comparing thermal conditions inside and outside lactating dairy cattle barns in Canada // *Journal of Dairy Science*. 2023. Vol. 106 (7). P. 4738–4758. DOI: 10.3168/jds.2022-22870.
9. *Sammad A., Umer S., Shi R., Zhu H., Zhao X., Wang Y.* Dairy cow reproduction under the influence of heat stress // *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020. Vol. 104 (4). P. 978–986. DOI: 10.1111/jpn.13257.
10. *Wang X., Bjerg B.S., Choi C.Y., Zong C., Zhang G.* A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices // *Journal of Thermal Biology*. 2018. Vol. 77. P. 24–37. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.08.005.
11. *Mishra S.R.* Significance of molecular chaperones and micro RNAs in acquisition of thermo-tolerance in dairy cattle // *Animal Biotechnology*. 2022. Vol. 33 (4). P. 765–775. DOI: 10.1080/10495398.2020.1830788.
12. *Gupta S., Sharma A., Joy A., Dunshea F.R., Chauhan S.S.* The Impact of Heat Stress on Immune Status of Dairy Cattle and Strategies to Ameliorate the Negative Effects // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 13 (1). P. 107. DOI: 10.3390/ani13010107.
13. *Llamas-Luceño N., Hostens M., Mullaart E., Broekhuijse M., Lonergan P., Van Soom A.* High temperature-humidity index compromises sperm quality and fertility of Holstein bulls in temperate climates // *Journal of Dairy Science*. 2020. Vol. 103 (10). P. 9502–9514. DOI: 10.3168/jds.2019-18089.
14. *Morrell J.M.* Heat stress and bull fertility // *Theriogenology*. 2020. Sep. 1. Vol. 153. P. 62–67. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.014.
15. *Mietkiewska K., Kordowitzki P., Pareek C.S.* Effects of Heat Stress on Bovine Oocytes and Early Embryonic Development-An Update // *Cells*. 2022. Vol. 11. P. 4073. DOI: 10.3390/cells11244073.
16. *Roth Z.* Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress – Experiences from the past and lessons for the present // *Theriogenology*. 2020. Vol. 155. P. 150–156. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.040.
17. *Payton R.R., Rispoli L.A., Nagle K.A., Gondro C., Saxton A.M., Voy B.H., Edwards J.L.* Mitochondrial-related consequences of heat stress exposure during bovine oocyte maturation persist in early embryo development // *Journal of Reproduction and Development*. 2018. Vol. 64 (3). P. 243–251. DOI: 10.1262/jrd.2017-160.

18. Mesalam A., Lee K.L., Khan I., Chowdhur M.M.R., Zhang S., Song S.H., Joo M.D., Lee J.H., Jin J.I., Kong I.K. A combination of bovine serum albumin with insulin-transferin-sodium selenite and/or epidermal growth factor as alternatives to fetal bovine serum in culture medium improves bovine embryo quality and trophoblast invasion by induction of matrix metalloproteinases // *Reproduction, Fertility and Development*. 2019. Vol. 31 (2). P. 333–346. DOI: 10.1071/RD18162.
19. De Rensis F., Saleri R., Garcia-Isperto I., Scaramuzzi R., López-Gatius F. Effects of Heat Stress on Follicular Physiology in Dairy Cows // *Animals (Basel)*. 2021. Vol. 11 (12). P. 3406. DOI: 10.3390/ani11123406.
20. Morrell J.M. Heat stress and bull fertility // *Theriogenology*. 2020. Sep. 1. Vol. 153. P. 62–67. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.014.
21. Capela L., Leites I., Romão R., Lopes-da-Costa L., Pereira R.M.L.N. Impact of Heat Stress on Bovine Sperm Quality and Competence // *Animals (Basel)*. 2022. Vol. 12 (8). P. 975. DOI: 10.3390/ani12080975.
22. Sun L.L., Gao S.T., Wang K., Xu J.C., Sanz-Fernandez M.V., Baumgard L.H., Bu D.P. Effects of source on bioavailability of selenium, antioxidant status, and performance in lactating dairy cows during oxidative stress-inducing conditions // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102 (1). P. 311–319. DOI: 10.3168/jds.2018-14974.
23. Zafar M.I., Lu S., Li H. Sperm-oocyte interplay: an overview of spermatozoon's role in oocyte activation and current perspectives in diagnosis and fertility treatment // *Cell & Bioscience*. 2021. Vol. 11 (1). P. 4. DOI: 10.1186/s13578-020-00520-1.
24. Amaral C.S., Koch J., Correa Júnior E.E., Bertolin K., Mujica L.K.S., Fiorenza MF, Rosa S.G., Nogueira C.W., Comim F.V., Portela V.V.M., Gonçalves P.B.D., Antoniazzi A.Q. Heat stress on oocyte or zygote compromises embryo development, impairs interferon tau production and increases reactive oxygen species and oxidative stress in bovine embryos produced *in vitro* // *Molecular Reproduction and Development*. 2020. Vol. 87 (8). P. 899–909. DOI: 10.1002/mrd.23407.
25. Lian W., Gao D., Huang C., Zhong Q., Hua R., Lei M. Heat Stress Impairs Maternal Endometrial Integrity and Results in Embryo Implantation Failure by Regulating Transport-Related Gene Expression in Tongcheng Pigs // *Biomolecules*. 2022. Vol. 12 (3). P. 388. DOI: 10.3390/biom12030388.
26. Oliveira C.S., Marques S.C.S., Guedes P.H.E., Feuchard V.L., Camargo A.J.R., de Freitas C., Camargo L.S.A. Thermal-treatment protocol to induce thermotolerance in bovine embryos // *Reproduction, Fertility and Development*. 2021. Vol. 33 (7). P. 497–501. DOI: 10.1071/RD20309.
27. Skibieli A.L., Dado-Senn B., Fabris T.F., Dahl G.E., Laporta J. In utero exposure to thermal stress has long-term effects on mammary gland microstructure and function in dairy cattle // *PLoS One*. 2018. Vol. 13 (10). P. e0206046. DOI: 10.1371/journal.pone.0206046.
28. Meléndez D.M., Marti S., Haley D.B., Schwinghamer T.D., Schwartzkopf-Genswein K.S. Effects of conditioning, source, and rest on indicators of stress in beef cattle transported by road // *PLoS One*. 2021. Vol. 16 (1). P. e0244854. DOI: 10.1371/journal.pone.0244854.
29. Edwards-Callaway L.N., Calvo-Lorenzo M.S. Animal welfare in the U.S. slaughter industry—a focus on fed cattle // *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98 (4). DOI: 10.1093/jas/skaa040.
30. Goetz H.M., Winder C.B., Costa J.H.C., Creutzinger K.C., Uyama T., Kelton D.F., Dunn J., Renaud D.L. Characterizing the literature surrounding transportation of young dairy calves: A scoping review // *Journal of Dairy Science*. 2022. Vol. 105 (2). P. 1555–1572. DOI: 10.3168/jds.2021-21211.
31. Mendonça F.S., Vaz R.Z., Vaz F.N., Leal W.S., Silveira I.D.B., Restle J., Boligon A.A., Cardoso F.F. Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil // *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 90 (2). P. 288–296. DOI: 10.1111/asj.13151.
32. Van Engen N.K., Coetzee J.F. Effects of transportation on cattle health and production: a review // *Animal Health Research Reviews*. 2018. Vol. 19 (2). P. 142–154. DOI: 10.1017/S1466252318000075.
33. Clariget J., Banchemo G., Luzardo S., Fernández E., Pérez E., La Manna A., Saravia A., Del Campo M., Ferrés A., Canozzi M.E.A. Effect of pre-slaughter fasting duration on physiology, carcass and meat quality in beef cattle finished on pastures or feedlot // *Research in Veteri-*

- nary Science. 2021. Vol. 136. P. 158–165. DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.02.018.
34. Hultgren J., Arvidsson Segerkvist K., Berg C., Karlsson A.H., Algers B. Animal handling and stress-related behaviour at mobile slaughter of cattle // *Preventive Veterinary Medicine*. 2020. Vol. 177. P. 104959. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.104959.
35. Loudon K.M.W., Tarr G., Lean I.J., Polkinghorne R., McGilchrist P., Dunshea F.R., Gardner G.E., Pethick D.W. The Impact of Pre-Slaughter Stress on Beef Eating Quality // *Animals (Basel)*. 2019. Vol. 9 (9). P. 612. DOI: 10.3390/ani9090612.
36. Delosi re M., Durand D., Bourguet C., Terlouw E.M.C. Lipid oxidation, pre-slaughter animal stress and meat packaging: Can dietary supplementation of vitamin E and plant extracts come to the rescue? // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 309. P. 125668. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125668.
37. Dado-Senn B., Laporta J., Dahl G.E. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny // *Theriogenology*. 2020. Sep. 15. Vol. 154. P. 17–23. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.012.
- ## REFERENCES
1. Sjeklocha D.B. Management of Confined Cattle in Blizzard Conditions. *Veterinary clinicsFood animal practice*, 2018, vol. 34 (2), pp. 277–280. DOI: 10.1016/j.cvfa.2018.02.003.
2. Cantalapiedra-Hijar G., Abo-Isma l M., Carstens G.E., Guan L.L., Hegarty R., Kenny D.A., McGee M., Plastow G., Relling A., Ortigues-Marty I. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal*, 2018, vol. 12 (2), pp. 321–335. DOI: 10.1017/S1751731118001489.
3. Strand n I., Kantanen J., Lidauer M.H., M hti  T., Negussie E. Animal board invited review: Genomic-based improvement of cattle in response to climate change. *Animal*, 2022, vol. 16 (12), p. 100673. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100673.
4. Khan I., Mesalam A., Heo Y.S., Lee S.H., Nabi G., Kong I.K. Heat Stress as a Barrier to Successful Reproduction and Potential Alleviation Strategies in Cattle. *Animals (Basel)*, 2023, vol. 13 (14), p. 2359. DOI: 10.3390/ani13142359.
5. Abdelnour S.A., Abd El-Hack M.E., Khafaga A.F., Arif M., Taha A.E., Noreldin A.E. Stress biomarkers and proteomics alteration to thermal stress in ruminants: A review. *Journal of Thermal Biology*, 2019, vol. 79, pp. 120–134. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.12.013.
6. Volpi D., Alves F.V., da Silva Arguelho A., do Vale M.M., Deniz M., Zopollatto M. Environmental variables responsible for Zebu cattle thermal comfort acquisition. *Journal of Biometeorology*, 2021, vol. 65 (10), pp. 1695–1705. DOI: 10.1007/s00484-021-02124-x.
7. Baena M.M., Costa A.C., Vieira G.R., Rocha R.F.B., Ribeiro A.R.B., Ib elli A.M.G., Meirelles S.L.C. Heat tolerance responses in a Bos taurus cattle herd raised in a Brazilian climate. *Journal of Thermal Biology*, 2019, vol. 81, pp. 162–169. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2019.02.017.
8. VanderZaag A., Le Riche E., Bald  H., Kallil S., Ouellet V., Charbonneau  ., Coates T., Wright T., Luimes P., Gordon R. Comparing thermal conditions inside and outside lactating dairy cattle barns in Canada. *Journal of Dairy Science*, 2023, vol. 106 (7), pp. 4738–4758. DOI: 10.3168/jds.2022-22870.
9. Sammad A., Umer S., Shi R., Zhu H., Zhao X., Wang Y. Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, vol. 104 (4), pp. 978–986. DOI: 10.1111/jpn.13257.
10. Wang X., Bj erg B.S., Choi C.Y., Zong C., Zhang G. A review and quantitative assessment of cattle-related thermal indices. *Journal of Thermal Biology*, 2018, vol. 77, pp. 24–37. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.08.005.
11. Mishra S.R. Significance of molecular chaperones and micro RNAs in acquisition of thermo-tolerance in dairy cattle. *Animal Biotechnology*, 2022, vol. 33 (4), pp. 765–775. DOI: 10.1080/10495398.2020.1830788.
12. Gupta S., Sharma A., Joy A., Dunshea F.R., Chauhan S.S. The Impact of Heat Stress on Immune Status of Dairy Cattle and Strategies to Ameliorate the Negative Effects, *Animals (Basel)*, 2022, vol. 13 (1), p. 107. DOI: 10.3390/ani13010107.
13. Llamas-Luce o N., Hostens M., Mullaart E., Broekhuijse M., Lonergan P., Van Soom A. High temperature-humidity index compromises sperm quality and fertility of Holstein bulls in temperate climates. *Journal of Dairy Science*, 2020, vol. 103 (10), pp. 9502–9514. DOI: 10.3168/jds.2019-18089.

14. Morrell J.M. Heat stress and bull fertility. *Theriogenology*, 2020, sep. 1, vol. 153, pp. 62–67. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.014.
15. Mietkiewska K., Kordowitzki P., Pareek C.S. Effects of Heat Stress on Bovine Oocytes and Early Embryonic Development-An Update. *Cells*, 2022, vol. 11, p. 4073. DOI: 10.3390/cells11244073.
16. Roth Z. Reproductive physiology and endocrinology responses of cows exposed to environmental heat stress – Experiences from the past and lessons for the present. *Theriogenology*, 2020, vol. 155, pp. 150–156. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.040.
17. Payton R.R., Rispoli L.A., Nagle K.A., Gondro C., Saxton A.M., Voy B.H., Edwards J.L. Mitochondrial-related consequences of heat stress exposure during bovine oocyte maturation persist in early embryo development. *Journal of Reproduction and Development*, 2018, vol. 64 (3), pp. 243–251. DOI: 10.1262/jrd.2017-160.
18. Mesalam A., Lee K.L., Khan I., Chowdhur M.M.R., Zhang S., Song S.H., Joo M.D., Lee J.H., Jin J.I., Kong I.K. A combination of bovine serum albumin with insulin-transferin-sodium selenite and/or epidermal growth factor as alternatives to fetal bovine serum in culture medium improves bovine embryo quality and trophoblast invasion by induction of matrix metalloproteinases. *Reproduction, Fertility and Development*, 2019, vol. 31 (2), pp. 333–346. DOI: 10.1071/RD18162.
19. De Rensis F., Saleri R., Garcia-Ispuerto I., Scaramuzzi R., López-Gatius F. Effects of Heat Stress on Follicular Physiology in Dairy Cows. *Animals (Basel)*, 2021, vol. 11 (12), p. 3406. DOI: 10.3390/ani11123406.
20. Morrell J.M. Heat stress and bull fertility. *Theriogenology*, 2020, sep. 1, vol. 153, pp. 62–67. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.014.
21. Capela L., Leites I., Romão R., Lopes-da-Costa L., Pereira R.M.L.N. Impact of Heat Stress on Bovine Sperm Quality and Competence. *Animals (Basel)*, 2022, vol. 12 (8), p. 975. DOI: 10.3390/ani12080975.
22. Sun L.L., Gao S.T., Wang K., Xu J.C., Sanz-Fernandez M.V., Baumgard L.H., Bu D.P. Effects of source on bioavailability of selenium, antioxidant status, and performance in lactating dairy cows during oxidative stress-inducing conditions. *Journal of Dairy Science*. 2019, vol. 102 (1), pp. 311–319. DOI: 10.3168/jds.2018-14974.
23. Zafar M.I., Lu S., Li H. Sperm-oocyte interplay: an overview of spermatozoon's role in oocyte activation and current perspectives in diagnosis and fertility treatment. *Cell & Bioscience*, 2021, vol. 11 (1), p. 4. DOI: 10.1186/s13578-020-00520-1.
24. Amaral C.S., Koch J., Correa Júnior E.E., Bertolin K., Mujica L.K.S., Fiorenza MF, Rosa S.G., Nogueira C.W., Comim F.V., Portela V.V.M., Gonçalves P.B.D., Antoniazzi A.Q. Heat stress on oocyte or zygote compromises embryo development, impairs interferon tau production and increases reactive oxygen species and oxidative stress in bovine embryos produced in vitro. *Molecular Reproduction and Development*, 2020, vol. 87 (8), pp. 899–909. DOI: 10.1002/mrd.23407.
25. Lian W., Gao D., Huang C., Zhong Q., Hua R., Lei M. Heat Stress Impairs Maternal Endometrial Integrity and Results in Embryo Implantation Failure by Regulating Transport-Related Gene Expression in Tongcheng Pigs. *Biomolecules*, 2022, vol. 12 (3), p. 388. DOI: 10.3390/biom12030388.
26. Oliveira C.S., Marques S.C.S., Guedes P.H.E., Feuchard V.L., Camargo A.J.R., de Freitas C., Camargo L.S.A. Thermal-treatment protocol to induce thermotolerance in bovine embryos. *Reproduction, Fertility and Development*, 2021, vol. 33 (7), pp. 497–501. DOI: 10.1071/RD20309.
27. Skibieli A.L., Dado-Senn B., Fabris T.F., Dahl G.E., Laporta J. In utero exposure to thermal stress has long-term effects on mammary gland microstructure and function in dairy cattle. *PLoS One*, 2018, vol. 13 (10), p. e0206046. DOI: 10.1371/journal.pone.0206046.
28. Meléndez D.M., Marti S., Haley D.B., Schwinghamer T.D., Schwartzkopf-Genswein K.S. Effects of conditioning, source, and rest on indicators of stress in beef cattle transported by road. *PLoS One*, 2021, vol. 16 (1), p. e0244854. DOI: 10.1371/journal.pone.0244854.
29. Edwards-Callaway L.N., Calvo-Lorenzo M.S. Animal welfare in the U.S. slaughter industry-a focus on fed cattle. *Journal of Animal Science*, 2020, vol. 98 (4). DOI: 10.1093/jas/skaa040.
30. Goetz H.M., Winder C.B., Costa J.H.C., Creutzinger K.C., Uyama T., Kelton D.F., Dunn J., Renaud D.L. Characterizing the literature surrounding transportation of young dairy calves: A

- scoping review. *Journal of Dairy Science*, 2022, vol. 105 (2), pp. 1555–1572. DOI: 10.3168/jds.2021-21211.
31. Mendonça F.S., Vaz R.Z., Vaz F.N., Leal W.S., Silveira I.D.B., Restle J., Boligon A.A., Cardoso F.F. Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport, and slaughterhouse handling in Brazil. *Journal of Animal Science*, 2019, vol. 90 (2), pp. 288–296. DOI: 10.1111/asj.13151.
32. Van Engen N.K., Coetzee J.F. Effects of transportation on cattle health and production: a review. *Animal Health Research Reviews*, 2018, vol. 19 (2), pp. 142–154. DOI: 10.1017/S1466252318000075.
33. Clariget J., Banchemo G., Luzardo S., Fernández E., Pérez E., La Manna A., Saravia A., Del Campo M., Ferrés A., Canozzi M.E.A. Effect of pre-slaughter fasting duration on physiology, carcass and meat quality in beef cattle finished on pastures or feedlot. *Research in Veterinary Science*, 2021, vol. 136, pp. 158–165. DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.02.018.
34. Hultgren J., Arvidsson Segerkvist K., Berg C., Karlsson A.H., Algers B. Animal handling and stress-related behaviour at mobile slaughter of cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 2020, vol. 177, p. 104959. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.104959.
35. Loudon K.M.W., Tarr G., Lean I.J., Polkinghorne R., McGilchrist P., Dunshea F.R., Gardner G.E., Pethick D.W. The Impact of Pre-Slaughter Stress on Beef Eating Quality. *Animals (Basel)*, 2019, vol. 9 (9), p. 612. DOI: 10.3390/ani9090612.
36. Delosièrè M., Durand D., Bourguet C., Terlouw E.M.C. Lipid oxidation, pre-slaughter animal stress and meat packaging: Can dietary supplementation of vitamin E and plant extracts come to the rescue? *Food Chemistry*, 2020, vol. 309, p. 125668. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125668.
37. Dado-Senn B., Laporta J., Dahl G.E. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny. *Theriogenology*, 2020, sep. 15, vol. 154, pp. 17–23. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2020.05.012.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Силин Д.А., аспирант, младший научный сотрудник; e-mail: dasilin@mail.ru

✉ **Платонов С.А.**, кандидат биологических наук, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 460000, Оренбург, ул. 9 Января, 29; e-mail: platonstas1994@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Dmitry A. Silin, Post-graduate Student, Senior Researcher; e-mail: dasilin@mail.ru

✉ **Stanislav A. Platonov**, Candidate of Science in Biology, Researcher; **address:** 29, the 9th of January St., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: platonstas1994@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.10.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.01.2024
Дата публикации / Published 22.07.2024