

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1365-1374>

УДК 636.088.31:577.17

Влияние температуры окружающей среды на продуктивные качества и биологические особенности бычков черно-пестрой породы в ранний период постнатального онтогенеза

© 2025. О. А. Завьялов✉, А. Н. Фролов

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург, Российская Федерация

Цель исследования – выявление зависимости между температурой окружающей среды и продуктивностью, минеральным и антиоксидантным статусом бычков в ранний период постнатального онтогенеза. Исследования проводили в Оренбургской области на бычках черно-пестрой породы, которые в зависимости от сезона рождения были разделены на три группы: I – зимний сезон рождения (декабрьский отел); II – весенний сезон рождения (мартовский отел); III – летний сезон рождения (июньский отел). Кормление и содержание было аналогичным для животных всех изучаемых групп на протяжении всего периода эксперимента. Установлено, что, начиная с 3-месячного возраста, бычки II группы превосходили сверстников из I и III групп по живой массе и величине среднесуточного прироста. Интенсивный рост бычков сопровождался увеличением содержания в крови глюкозы, общего белка, альбуминов, холестерина, эритроцитов и гемоглобина. Животные II группы характеризовались повышенной активностью супероксиддисмутазы и каталазы на фоне относительно низкой концентрации малонового диальдегида. Высокая температура окружающей среды способствовала повышению концентраций в волосе бычков летнего сезона рождения Hg, V, Cr, Pb, As и снижению Mg, P, K, Ca, Sr, Na, B, Mn, I по сравнению с бычками весеннего сезона рождения. Бычки зимнего сезона рождения имели промежуточные показатели по концентрации химических элементов между указанными группами.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, сезон рождения, живая масса, элементный статус, состав крови

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (тема № FNWZ-2024-0001).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Фролов А. Н., Завьялов О. А. Влияние температуры окружающей среды на продуктивные качества и биологические особенности бычков черно-пестрой породы в ранний период постнатального онтогенеза. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(6):1365–1374. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1365-1374>

Поступила: 09.04.2025

Принята к публикации: 28.11.2025

Опубликована онлайн: 26.12.2025

The influence of ambient temperature on the productive traits and biological peculiarities of Black-and-White bulls in the early period of postnatal ontogenesis

© 2025. Oleg A. Zavyalov✉, Alexey N. Frolov

Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation

The objective of this study was to identify the relationship between ambient temperature and the productivity, mineral, and antioxidant status of bull calves during the early period of postnatal ontogenesis. The research was conducted in the Orenburg region on Black-and-White bull calves which were divided into three groups according to the season of their birth: Group I – winter calving season (December calving), Group II – spring calving season (March calving), Group III – summer calving season (June calving). Feeding and keeping were similar for all animals in the studied groups throughout the experimental period. It was found that, starting from 3 months of age, the bull calves in Group II surpassed their peers from Groups I and III in terms of live weight and average daily gain. The intensive growth of the bull calves was accompanied by an increase in the blood concentrations of glucose, total protein, albumins, cholesterol, erythrocytes, and hemoglobin. The animals in Group II were characterized by increased activity of superoxide dismutase and catalase against a background of a relatively low concentration of malondialdehyde. High ambient temperature contributed to increased concentrations of Hg, V, Cr, Pb, and As and decreased concentrations of Mg, P, K, Ca, Sr, Na, B, Mn, and I in the hair of bull calves from the summer calving season compared to those from the spring calving season. Bull calves from the winter calving season had intermediate concentrations of chemical elements between the mentioned groups.

Keywords: cattle, birth season, live weight, element status, blood composition

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (theme No. FNWZ -2024-0001).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Frolov A. N., Zavyalov O. A. The influence of ambient temperature on the productive traits and biological peculiarities of Black-and-White bulls in the early period of postnatal ontogenesis. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(6):1365-1374. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1365-1374>

Received: 09.04.2025

Accepted for publication: 28.11.2025

Published online: 26.12.2025

Сезонные изменения температуры существенно сказываются на потреблении и усвоении корма крупным рогатым скотом (КРС) [1]. Для взрослых особей крупного рогатого скота оптимальным является температурный диапазон от +5 до +25 °С, обеспечивающий максимальную эффективность кормления и усвоения питательных веществ [2]. Отклонение от указанного интервала инициирует тепловой стресс, который в свою очередь активирует ряд защитных физиологических реакций, что выражается в сокращении потребления кормов рациона, ухудшении конверсии питательных веществ корма в продукцию, изменении скорости метаболических процессов, повышенных потерях жидкости за счёт учащённого дыхания и пототделения, а также дисбалансе гормонального фона [3]. Все эти факторы в совокупности негативно влияют на общее состояние организма животного и его продуктивность. Когда температура воздуха достигает отметки +25...+27 °С, происходит незначительное снижение потребления корма. Но настоящая проблема начинается при подъеме столбика термометра выше +30 °С – в таких условиях потребление корма может упасть на 20–40 % и даже больше, если сравнивать с нормальной температурой [4]. Из-за жары организм коров начинает работать в стрессовом режиме. Организм пытается справиться с перегревом, включая защитные механизмы для поддержания нормальной температуры тела. Данные процессы отличаются высокой энергоёмкостью, что существенно снижает продуктивность [5]. При повышении температуры окружающей среды потребление корма сокращается. Эта реакция является адаптивным механизмом, поскольку уменьшение объёма потребляемого корма приводит к снижению теплопродукции в процессе пищеварения и метаболизма, что предотвращает перегрев организма. За этот сложный процесс отвечает особая часть мозга – гипоталамо-гипофизарная система, действующая как умный термостат, который анализирует температуру окружающей среды и решает,

сколько корма нужно животному в данный момент для поддержания нормальной температуры тела [6].

Экстремальные температуры существенно влияют на потребность животных в минералах [7]. Особенно это заметно у стельных коров в жаркую погоду, когда из-за снижения аппетита у них нарушается баланс микроэлементов, что сказывается не только на их собственном здоровье, но и на состоянии будущих телят. При уменьшении потребления корма животное получает меньше минералов с пищей, при этом, отсутствие коррекции рациона по минеральным веществам неизбежно вызывает дефицит эссенциальных элементов [8]. В настоящее время при разработке нормативно-кормовой базы для КРС не учитывается степень воздействия негативных климатических факторов окружающей среды на потребность в минералах. Существующие в настоящее время нормы потребления макро- и микроэлементного звена рационов не дифференцируются в привязке к температурному режиму (экстремально высокая и низкая температура) и иным факторам внешней среды. Данное обстоятельство сопровождается недостаточным поступлением в организм сельскохозяйственных животных химических элементов, критически важных для адаптации к экстремальным условиям.

Цель исследований – оценить влияние температуры окружающей среды на продуктивность, минеральный и антиоксидантный статус и другие параметры организма бычков.

Научная новизна – получены новые данные о влиянии высоких и низких температур в ранний период онтогенеза на биологические особенности и продуктивные качества бычков черно-пестрой породы.

Материал и методы. Объектом исследования служили бычки чёрно-пёстрой породы, кровь, волосы.

Экспериментальные исследования проводили в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977

«О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных»¹), протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009²). Все процедуры над животными выполняли согласно правилам Комитета по этике животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФГБНУ АФНЦ БСТ РАН).

При проведении исследований были предприняты все необходимые меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводили в 2024-2025 гг. в условиях СПК колхоз "Красногорский" Оренбургской области на бычках черно-пестрой породы, которые в зависимости от сезона рождения были разделены на три группы по 20 голов в каждой: I – бычки зимнего сезона рождения (декабрьский отел); II – бычки весеннего сезона рождения (мартовский отел); III – бычки летнего сезона рождения (июньский отел).

Кормление и содержание животных изучаемых групп было аналогичным на протяжении всего периода эксперимента. Рационы кормления соответствовали рекомендуемым нормам для данной половозрастной группы, живого веса и продуктивности³. В первые 2 недели жизни телята находились в индивидуальных клетках, по истечении которых переводились на групповое содержание. Температура окружающей среды для бычков I группы в среднем составляла -8,7 °C и -14,4 °C в дневное и ночное время, для II и III групп – +13,1 °C и +6,3 °C; +28,3 °C и +22,1 °C соответственно.

Продуктивные качества бычков оценивали по динамике живой массы за период от рождения до 6 месяцев путем ежемесячных индивидуальных взвешиваний с дальнейшим расчётом среднесуточного прироста.

У бычков в возрасте 45 суток отбирали образцы крови из хвостовой вены в вакуумные

пробирки APEXLAB с антикоагулянтом (EDTA) и с активатором свертывания (Hebei Xinl Sky&Tech Co., Ltd, Китай), для забора крови использовали иглы Bodywin. От каждого животного было отобрано три пробирки крови по 6 мл, одна для крови и две – для сыворотки. Сыворотку крови отделяли центрифугированием образцов при скорости 1000 об/мин в течение 10 мин. Пробирки охлаждали до температуры 18 °C и хранили до момента проведения анализа.

Оценку антиоксидантного статуса и перекисного окисления липидов производили на основании изучения уровня каталазы, супероксиддисмутазы и малонового диальдегида. Активность ферментов супероксиддисмутазы и каталазы определяли по скорости убыли перекиси водорода в среде инкубации, концентрацию перекиси водорода – по реакции с молибдатом аммония. Содержание малонового диальдегида оценивали с использованием реакции с тиобарбитуровой кислотой спектрофотометрическим методом.

Оборудование и технические средства. Для определения живой массы подопытных бычков использовали платформенные весы «ВСП4-Ж» (Россия). Анализы крови производились на биохимическом автоматическом анализаторе марки Dirui CS-240 («DIRUI», Китай) и морфологическом автоматическом анализаторе DF-50 Vet («Shenzhen Dymind Biotechnology Co», Китай). Биохимический анализ проводили с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) и коммерческих биохимических наборов Randox (США). С целью изучения элементного статуса бычков, одновременно с забором крови производили отбор образцов волос с области верхней части холки. Элементный анализ волос (Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Co, Cu, Cr, Fe, Zn, Se, B, Ni, Ga, Ag, In, Ba, Tl, Bi, Al, Sr, Cd, Hg, Pb, As) выполняли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе Agilent 7900.

Статистическая обработка. Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента при уровне значимости: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$.

¹Приказ Минздрава СССР от 12.08.1977 №755 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных» [Электронный ресурс].

URL: http://primatologia.ru/images/NII/GLP/3_2_prikaz_minzdrawa_o_merah_zhiwotnyh.pdf (дата обращения: 05.07.2024).

²ГОСТ Р 53434-2009. Принципы надлежащей лабораторной практики. М.: Стандартинформ, 2010. 16 с.

URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293824/4293824581.pdf>

³Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. Г. Перова. М.: Знание, 2003. 456 с.

Результаты и их обсуждение. Проведенная оценка влияния сезона года на продуктивные качества бычков показала на имею-

щиеся существенные межгрупповые различия, начиная с 3-месячного возраста (табл. 1).

Таблица 1 – Продуктивные качества бычков черно-пестрой породы (n=20) /
Table 1 – Productive traits of Black-and-White bulls (n=20)

Показатель / Indicator	Группа – сезон рождения / Group – calving season		
	I – зимний / I – winter	II – весенний / II – spring	III – летний / III – summer
Живая масса, кг / Live weight, kg:			
при рождении / at birth	34,40±0,32	34,50±0,28	34,60±0,36
3 месяца / 3 months	94,80±0,54***	98,30±0,56	92,40±0,62***
6 месяцев / 6 months	169,50±2,13*	178,10±2,88	161,80±2,71**
Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g	750,60±11,20*	797,80±14,50	706,70±12,80*

* Разница достоверна при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению со II группой /

* The difference is significant at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$; *** – at $P \leq 0.001$ compared to group II

Так, по живой массе в возрасте 3-х месяцев бычки II группы (весеннего сезона рождения) превосходили сверстников из I и III групп – на 3,6 ($P \leq 0,001$) и 6,4 % ($P \leq 0,001$), в возрасте 6 месяцев эта разница составила 5,1 ($P \leq 0,05$) и 10,1 % ($P \leq 0,01$) соответственно. За период от рождения до 6 месяцев бычки весеннего сезона рождения превосходили особей из I и III групп по величине среднесуточного прироста на 6,3 ($P \leq 0,05$) и 12,9 % ($P \leq 0,05$).

С целью выявления влияния температуры окружающей среды, обусловленной сезоном рождения телят, на морфологические и биохимические показатели крови подопытных бычков в возрасте 45 суток нами был проведен анализ в разрезе групп (табл. 2, 3). Выбранный возраст бычков обоснован наибольшими колебаниями температуры в период

отбора образцов. Так, для зимнего периода (середина января) температура в дневное время составляла -15...-17 °С, в ночное время – -24...-28 °С; для весеннего периода (середина апреля) – в дневное время +15...+17 °С, в ночное – +11...+13 °С; для летнего периода (середина июля) – в дневное время +33...+36 °С, в ночное – +22...+24 °С. Результаты исследований показали, что бычки весеннего сезона рождения превосходили сверстников зимнего и летнего сезонов рождения по содержанию глюкозы на 28,5 ($P \leq 0,05$) и 36,5 % ($P \leq 0,001$), общего белка – на 6,6 и 9,4 % ($P \leq 0,05$), альбуминов – на 7,8 ($P \leq 0,05$) и 15,5 % ($P \leq 0,01$), холестерина – на 59,0 ($P \leq 0,01$) и 53,8 % ($P \leq 0,01$), эритроцитов – на 17,5 ($P \leq 0,01$) и 26,9 % ($P \leq 0,001$), гемоглобина – на 7,5 ($P \leq 0,05$) и 14,4 % ($P \leq 0,01$) соответственно.

Таблица 2 – Морфологические показатели крови бычков различных сезонов рождения в возрасте 45 суток (n = 20) /

Table 2 – Morphological parameters of blood in bulls of different seasons of birth at the age of 45 days (n = 20)

Показатель / Indicator	Группа – сезон рождения / Group – calving season		
	I – зимний / I – winter	II – весенний / II – spring	III – летний / III – summer
1	2	3	4
Количество лейкоцитов, 10^9 кл/л / Number of leukocytes, 10^9 cells/l	10,82±2,11	9,88±2,16	10,11±2,72
Нейтрофилы, % / Neutrophils, %	32,61±3,17	33,52±3,08	31,78±2,96
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	50,52±8,22	49,34±7,28	51,46±7,34
Моноциты, % / Monocytes, %	6,17±0,88	6,24±1,08	6,34±1,22
Эозинофилы, % / Eosinophils, %	10,22±1,54	10,48±1,46	10,04±1,36
Базофилы, % / Basophils, %	0,48±0,14	0,42±0,11	0,38±0,18

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Эритроциты, 10^{12} г/л / Red blood cells, 10^{12} g/l	5,42±0,68**	6,37±0,72	5,02±0,64***
Концентрация гемоглобина, г/л / Hemoglobin concentration, g/l	109,86±6,42*	118,12±6,27	103,22±4,48**
Гематокрит, % / Hematocrit, %	29,11±3,21	31,22±3,96	27,48±3,18*
Средний объём эритроцитов, фл / Average volume of red blood cells, fl	42,02±1,96	42,49±2,02	41,17±2,01
Средний корпускулярный гемоглобин, пг / Average corpuscular hemoglobin, pg	17,54±1,34	18,14±1,52	16,02±1,34
Средняя концентрация клеточного гемоглобина, г/л / Average concentration of cellular hemoglobin, g/l	329,06±22,02	368,17±20,28	317,02±18,42
Точность повторения ширины распределения эритроцитов, % / The accuracy of repeating the width of the distribution of red blood cells, %	14,48±1,22	16,12±1,06	15,14±1,52
Ширина распределения эритроцитов, фл / Width of red blood cell distribution, fl	23,17±1,69	25,41±2,54	22,89±1,36
Количество тромбоцитов, 10^9 /л / Platelet count, 10^9 /l	268,72±54,17	271,02±64,31	298,17±60,34

* Разница достоверна при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению со II группой /

* The difference is significant at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$; *** – at $P \leq 0.001$ compared to group II

Таблица 3 – Биохимические показатели сыворотки крови бычков различных сезонов рождения в возрасте 45 суток (n = 20) /

Table 3 – Biochemical parameters of blood serum of bulls of different birth seasons at the age at the age of 45 days (n = 20)

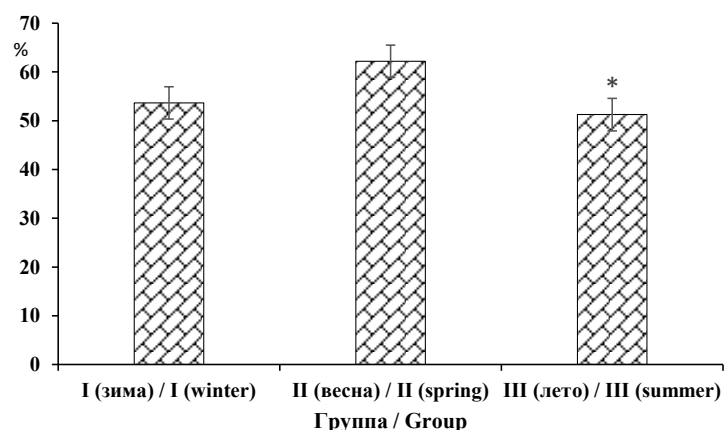
Показатель / Indicator	Группа – сезон рождения / Group – calving season		
	I – зимний / I – winter	II – весенний / II – spring	III – летний / III – summer
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	2,21±0,39*	2,84±0,38	2,08±0,42***
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	76,28±7,36	81,34±7,52	74,36±7,45*
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	34,92±3,88*	37,64±4,53	32,63±4,51**
АЛТ, Ед/л / ALT, Unit/l	18,52±3,06	19,88±3,52	19,02±3,04
АСТ, Ед/л / AST, Unit/l	95,40±12,44	97,62±11,52	95,13±14,36
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, mcM/l	2,78±0,41	3,10±0,61	2,36±0,73
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	1,78±0,68**	2,83±0,52	1,84±0,34**
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	0,27±0,12*	0,38±0,11	0,22±0,06**
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	5,06±2,76	4,98±2,34	4,82±3,14
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, mcM/l	79,82±22,34	84,17±22,3	82,03±19,34
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, mcM/l	23,42±11,54	25,92±10,34	24,34±11,88
Железо, мкмоль/л / Iron, mcM/l	27,48±0,68	28,42±1,02	27,64±0,31
Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l	0,88±0,09	1,05±0,24	0,94±0,08
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	1,52±0,42*	1,88±0,64	1,36±0,34**
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	1,78±0,52	1,96±0,52	1,71±0,48*

* Разница достоверна при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению со II группой /

* The difference is significant at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$; *** – at $P \leq 0.001$ compared to group II

Оценку состояния системы антиоксидантной защиты проводили по показателям активности ферментов каталазы и супероксид-

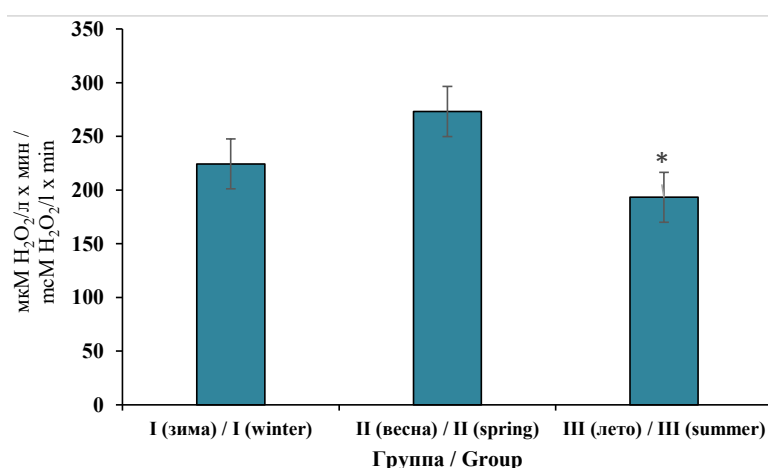
дисмутазы, а также по концентрации малонового диальдегида и выявили существенные межгрупповые различия (рис. 1, 2, 3).



* Разница достоверна при $P \leq 0,05$ по сравнению со II группой / * The difference is significant at $P \leq 0.05$ compared to group II

Рис. 1. Активность супероксиддисмутазы в сыворотке крови бычков черно-пестрой породы различных сезонов рождения в возрасте 45 суток, % /

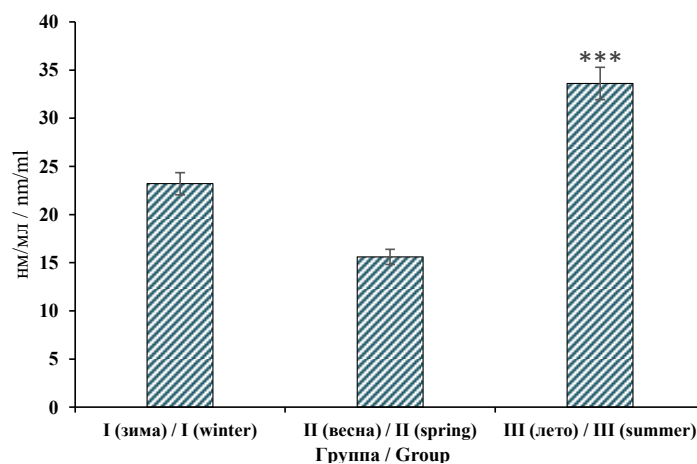
Fig. 1. Superoxide dismutase activity in the blood serum of Black-and-White bull calves of different seasons of birth at the age of 45 days, %



* Разница достоверна при $P \leq 0,05$ по сравнению со II группой / * The difference is significant at $P \leq 0.05$ compared to group II

Рис. 2. Концентрация каталазы в сыворотке крови бычков черно-пестрой породы различных сезонов рождения в возрасте 45 суток, mcM $H_2O_2/l \times min$ /

Fig. 2. Concentration of catalase in the blood serum of Black-and-White bulls of different birth seasons at the age of 45 days, mcM $H_2O_2/l \times min$



*** Разница достоверна при $P \leq 0,001$ по сравнению со II группой / *** The difference is significant at $P \leq 0.001$ compared to group II

Рис. 3. Концентрация малонового диальдегида в сыворотке крови бычков черно-пестрой породы различных сезонов рождения в возрасте 45 суток, nm/ml /

Fig. 3. Concentration of malondialdehyde in the blood serum of Black-and-White bulls of different birth seasons at the age of 45 days, nm/ml

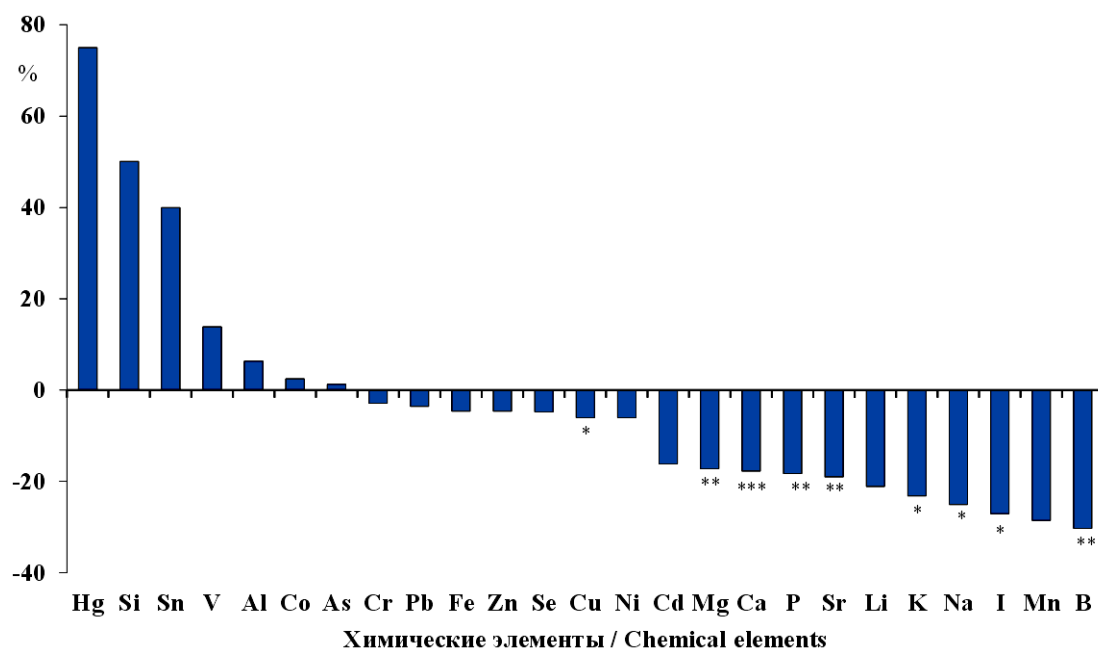
Так, уровень каталазы у бычков III группы был ниже на 4,5 и 17,6 % ($P \leq 0,05$), супероксиддисмутазы – на 2,4 и 11,0 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с показателями I и II групп. Оценка концентрации малонового диальдегида показала, что в III группе она была выше на 44,8 и 115,4 % ($P \leq 0,001$) по сравнению со сверстниками I и II групп соответственно.

С целью оценки влияния температурного режима содержания на элементный статус бычков был осуществлен анализ волос, отобранных с верхней части холки. Средние значения концентрации химических элементов в волосе бычков весеннего сезона рождения составили:

K – $2597,9 \pm 254,81$; Ca – $2638,30 \pm 88,43$;
Mg – $671,90 \pm 46,41$; Na – $2763,20 \pm 290,86$;

P – $269,70 \pm 12,74$; Fe – $188,84 \pm 28,11$;
Zn – $107,10 \pm 2,60$; Co – $0,205 \pm 0,027$;
Cr – $0,381 \pm 0,047$; Cu – $5,633 \pm 0,210$;
I – $1,44 \pm 0,13$; Mn – $51,00 \pm 6,58$;
Se – $0,253 \pm 0,020$; B – $8,38 \pm 0,75$;
Si – $22,90 \pm 14,11$; Li – $0,384 \pm 0,070$;
Ni – $0,580 \pm 0,054$; V – $0,540 \pm 0,074$;
As – $0,156 \pm 0,021$; Al – $38,10 \pm 7,52$;
Sr – $18,62 \pm 0,98$; Pb – $0,392 \pm 0,047$;
Sn – $0,015 \pm 0,001$; Cd – $0,031 \pm 0,005$;
Hg – $0,004 \pm 0,001$.

Ниже представлены отклонения концентрации химических элементов в волосе бычков черно-пестрой породы зимнего и летнего сезонов рождения относительно особей, рожденных в весенний период года (рис. 4, 5).



* Разница достоверна при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению со II группой /
* The difference is significant at $P \leq 0,05$; ** – at $P \leq 0,01$; *** – at $P \leq 0,001$ compared to group II

Рис. 4. Отклонение концентрации химических элементов в волосе бычков черно-пестрой породы зимнего сезона рождения относительно особей, рожденных в весенний период года в возрасте 45 суток, % /
Fig. 4. Deviation of chemical elements concentrations in the hair of Black-and-White bulls of the winter birth season relative to individuals born in the spring period of the year at the age of 45 days, %

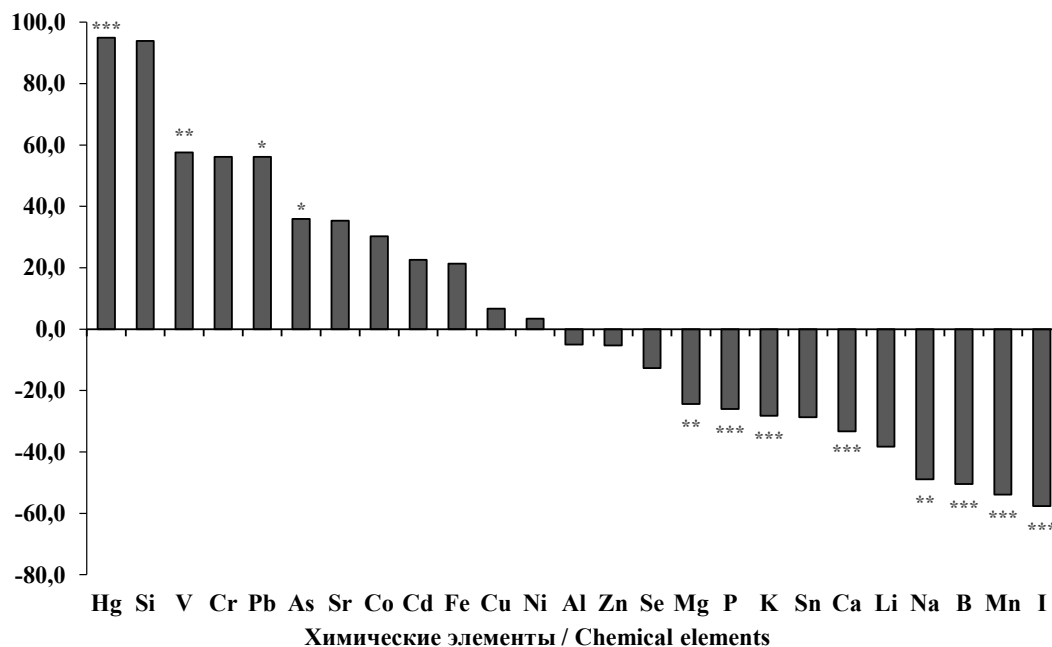
Высокие температуры окружающей среды в летний период, по сравнению с весенним, способствовали повышению концентраций в волосе Hg, V, Cr, Pb, As и снижению Mg, P, K, Ca, Sr, Na, B, Mn, I. У бычков зимнего сезона рождения были промежуточные показатели концентрации химических элементов по сравнению с бычками весеннего и летнего сезонов рождения. Также следует отметить, что температура окружающей среды оказывала существенное влияние на макро-

элементное звено – K, Ca, Mg, Na, P и микроэлементное – I, Mn, B, Sr, Hg.

Обсуждение полученных результатов. Потепление климата создает серьезные вызовы для сельскохозяйственной отрасли, особенно в животноводстве. Когда температура окружающей среды становится слишком высокой, животные не могут эффективно отдавать избыток тепла, что приводит к состоянию теплового стресса [9]. Это состояние вызывает целый ряд негативных физиологических изменений:

повышение температуры тела; снижение аппетита; ухудшение усвоения питательных веществ корма. В результате животные не только плохо растут и дают меньше продукции, но и становятся более восприимчивыми к различным

заболеваниям, что требует дополнительных затрат на ветеринарное обслуживание и может привести к экономическим потерям для хозяйства [10].



* Разница достоверна при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению со II группой /
* The difference is significant at $P \leq 0.05$; ** – at $P \leq 0.01$; *** – at $P \leq 0.001$ compared to group II

Рис. 5. Отклонение концентрации химических элементов в волосе бычков черно-пестрой породы летнего сезона рождения относительно особей, рожденных в весенний период года в возрасте 45 суток, % /
Fig. 5. Deviation of chemical elements concentrations in the hair of Black-and-White bulls born in the summer season relative to individuals born in the spring period of the year at the age of 45 days, %

Настоящее исследование проводили в условиях резко континентального климата Оренбургской области. Погодные условия в данном регионе отличаются крайне высокой изменчивостью. В частности, зимой температура часто опускается ниже -35°C , а летом может подниматься выше $+40^{\circ}\text{C}$. Такие экстремальные перепады температур существенно влияют на потребление кормов животными и поступление минеральных веществ. Однако до настоящего времени не было проведено комплексных исследований, которые бы определяли, как именно должны различаться нормы потребления минералов у крупного рогатого скота в зависимости от сезона года и погодных условий. Именно этот пробел в научных знаниях и стал причиной проведения нашего эксперимента.

Уникальные климатические условия региона представляют широкие возможности для исследования влияния температуры на

организм крупного рогатого скота, поскольку позволяют наблюдать весь спектр её воздействия в естественных условиях содержания.

Наши исследования показали, что жара существенно замедляет весовой рост молодых бычков. Так, животные летнего периода развития показывали более низкие темпы роста по сравнению с весенними сверстниками на всех этапах наблюдения. Это происходит потому, что в жару организм сам ограничивает потребление корма, чтобы снизить тепловыделение от пищеварения – такой механизм терморегуляции ранее был зафиксирован у молодняка мясных пород, разводимых в жарком климате Австралии [11]. Для того чтобы компенсировать снижение аппетита в жаркую погоду и обеспечить достаточное поступление питательных и минеральных веществ, специалисты рекомендуют особый режим кормления. Сущность подобных рекомендаций сводится к тому, чтобы давать корм порционно, преимущественно в ночное время [12].

Исследование защитных механизмов выявило угнетение активности антиоксидантной системы у животных в летний период. Это подтверждается значительным снижением активности ключевых ферментов системы антиоксидантной защиты (каталазы и супероксиддисмутазы), что фиксируется на фоне повышения концентрации малонового диальдегида. Длительное воздействие повышенных температур окружающей среды приводит к истощению защитных резервов организма крупного рогатого скота и нарушению баланса между прооксидантными и антиоксидантными процессами. В конечном счете это приводит к развитию окислительного стресса, характеризующегося накоплением активных форм кислорода, которые повреждают клеточные структуры [13]. Аналогичные изменения мы зафиксировали в ходе нашего эксперимента. Этот механизм отчасти объясняет, причину, по которой животные в жару становятся более уязвимыми к различным негативным воздействиям [14].

В ходе исследования проведен анализ, как сезонность влияет на содержание различных элементов в организме бычков. Полученные данные показали, что жара вызывает существенные изменения в элементном составе. Так, было отмечено значительное снижение уровня жизненно важных элементов (магний, фосфор, калий, кальций, стронций, натрий, бор, марганец, йод), при этом возрастала концентрация токсичных веществ (ртуть, ванадий, хром, свинец, мышьяк). Указанные изменения обусловлены в первую очередь сокращением потребления корма в условиях жары, а также активацией адаптационных механизмов (тахикардия, гипергидроз), требующих повышенного расхода минеральных веществ. Рост концентрации токсичных элементов, в свою очередь, может

быть связан с конкурентным замещением одних эссенциальных элементов другими в борьбе за белки-транспортёры, который выражается в проявлении ранее описанного эффекта антагонизма. Так, например, свинец связывается с кальбиндином – белком, ответственным за транспорт кальция, что в свою очередь нарушает метаболизм Ca [15].

Закключение. Проведенное исследование выявило детерминирующую роль сезонного температурного фактора в формировании продуктивных и физиологических характеристик бычков в ранний постнатальный период. Установлено, что оптимальный температурный режим весеннего сезона обеспечивает максимальную реализацию генетического потенциала бычков, что выражается в достоверном превосходстве по живой массе и среднесуточным приростам. Физиологической основой повышенной продуктивности выступает синхронизация метаболических процессов, характеризующаяся активацией белкового, углеводного и липидного обменов, а также поддержанием редокс-гомеостаза. Напротив, хроническая гипертермия летнего сезона инициирует развитие оксидативного стресса, проявляющегося в угнетении активности ключевых ферментов системы антиоксидантной защиты и интенсификации процессов перекисного окисления липидов. Существенная модификация элементного профиля, выражающаяся в дефиците эссенциальных макро- и микроэлементов при параллельной аккумуляции токсичных металлов, свидетельствует о глубоких нарушениях минерального метаболизма. Полученные данные обосновывают необходимость разработки дифференцированных технологических решений в зависимости от сезона отела, направленных на коррекцию метаболического и элементного статусов молодняка крупного рогатого скота.

References

1. Morera P., Basiricò L., Hosoda K., Bernabucci U. Chronic Heat Stress Up-Regulates Leptin and Adiponectin Secretion and Expression and Improves Leptin, Adiponectin and Insulin Sensitivity in Mice. *Journal of Molecular Endocrinology*. 2012;48(2):129–138. DOI: <https://doi.org/10.1530/JME-11-0054>
2. Farooq M. S., Uzair M., Raza A., Habib M., Xu Y., Yousuf M. et al. Uncovering the Research Gaps to Alleviate the Negative Impacts of Climate Change on Food Security: A Review. *Frontiers of Plant Science*. 2022;13:927535. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.927535>
3. Zheng Y., Xie T., Li S., Wang W., Wang Y., Cao Z., Yang H. Effects of Selenium as a Dietary Source on Performance, Inflammation, Cell Damage, and Reproduction of Livestock Induced by Heat Stress: A Review. *Frontiers of Immunology*. 2022;12:820853. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.820853>
4. Kim S. H., Ramos S. C., Valencia R. A., Cho Y. I., Lee S. S. Heat Stress: Effects on Rumen Microbes and Host Physiology, and Strategies to Alleviate the Negative Impacts on Lactating Dairy Cows. *Frontiers of Microbiology*. 2022;13:804562. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.804562>

5. Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Ranieri M. S., Bernabucci U. Effects of Climate Changes on Animal Production and Sustainability of Livestock Systems. *Livestock Science*. 2010;130:57–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>
6. Henry B. K., Charmley E., Eckard R., Gaughan J., Hegarty R. Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop and Pasture Science*. 2012;63(3):191–202. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP11169>
7. Фролов А. Н., Завьялов О. А. Влияние сезона года на элементный статус и продуктивные качества бычков. *Животноводство и кормопроизводство*. 2024;107(4):31–40. DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-31> EDN: LPELJK
- Frolov A. N., Zavyalov O. A. The influence of season on the elemental status and productive qualities of bulls. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo = Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):31–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-4-31>
8. Lacetera N. Impact of Climate Change on Animal Health and Welfare. *Animal Frontiers*. 2018;9(1):26–31. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32002236/>
9. Nawaz A. H., Amoah K., Leng Q. Y., Zheng J. H., Zhang W. L., Zhang L. Poultry Response to Heat Stress: Its Physiological, Metabolic, and Genetic Implications on Meat Production and Quality Including Strategies to Improve Broiler Production in a Warming World. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021;23(8):699081. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.699081>
10. Wasti S., Sah N., Singh A. K., Lee C. N., Jha R., Mishra B. Dietary supplementation of dried plum: a novel strategy to mitigate heat stress in broiler chickens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021;12:58. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00571-5>
11. Beatty D. T., Barnes A., Taylor E., Maloney S. K. Do changes in feed intake or ambient temperature cause changes in cattle rumen temperature relative to core temperature? *Journal of Thermal Biology*. 2008;33(1):12–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.09.002>
12. Pandey N., Kataria N., Kataria A. K., Joshi A. J. A., Sankhala L. N., Asopa Sh. A. Sh., Pachauri R. P. R. Extreme Ambiances Vis-À-Vis Endogenous Antioxidants of Marwari Goat From Arid Tracts in India. *ELBA Bioflux*. 2012;4:29–33.
13. Leandro M. A., Stock J., Bennewitz J., Chagunda M. G. G. Is heat stress a growing problem for dairy cattle husbandry in the temperate regions? A case study of Baden-Württemberg in Germany. *Journal of Animal Science*. 2024;102:skae287. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skae287>
14. Wang J., Li J., Wang F., Xiao J., Wang Y., Yang H. et al. Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2020;10(11):79. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>
15. Tao S., Rivas R. M. O., Marins T. N., Chen Y. C., Gao J., Bernard J. K. Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. *Theriogenology*. 2020;150:437–444. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>

Сведения об авторах

✉ **Завьялов Олег Александрович**, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, Оренбургская обл., Российская Федерация, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>, e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru

Фролов Алексей Николаевич, доктор биол. наук, зав. отделом технологии мясного скотоводства и производства говядины, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, Оренбургская обл., Российская Федерация, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

Information about the authors

✉ **Oleg A. Zavyalov**, DSc in Biological Science, leading researcher, the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 9 Yanvarya St., 29, Orenburg, Orenburg region, Russian Federation, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2033-3956>, e-mail: oleg-zavyalov83@mail.ru

Alexey N. Frolov, DSc in Biological Science, Head of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 9 Yanvarya St., 29, Orenburg, Orenburg region, Russian Federation, 460000, e-mail: fncbst@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-2554>

✉ – Для контактов / Corresponding author