

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА НА КОРОВ В СУХОСТОЙНЫЙ И ПОСЛЕРОДОВОЙ ПЕРИОД

**А.И. Белоусов**, доктор ветеринарных наук, старший научный сотрудник

**И.А. Шкуратова**, член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник

**А.С. Красноперов**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

**О.Ю. Опарина**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

**С.В. Малков**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

*Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия*

**E-mail:** marafon.86@list.ru

**Ключевые слова:** тепловой стресс, температурно-влажностный индекс, гематология, гематологические индексы, клиническая биохимия, метаболизм, высокопродуктивный крупный рогатый скот.

**Реферат.** Представлена информация о влиянии теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой период. Цель исследования – изучить клинико-метаболические проявления теплового стресса у сухостойных и новотельных коров. Объект исследования – коровы раннего, позднего сухостойного периода и новотельные. Проводили оценку параметров микроклимата животноводческих помещений, диспансеризацию крупного рогатого скота и отбор проб крови для гематологического и биохимического исследований. Рассчитывали также лейкоцитарный индекс интоксикации, индекс сдвига лейкоцитов крови и лимфоцитарный индекс. В ходе диспансеризации у животных было установлено ухудшение общего состояния, слабость, снижение потребления корма. Выявлено повышение температуры тела ( $39,42 \pm 0,55$  °C), тахипноэ ( $86,45 \pm 8,04$  дых. дв.) и тахикардия ( $127,65 \pm 3,66$  уд/мин). При гематологическом исследовании установлено снижение абсолютного количества лимфоцитов и смещение показателей лейкоцитарной формулы. По результатам оценки лимфоцитарного индекса у коров сухостойного периода соотношение гуморального и клеточного звеньев иммунитета имело сбалансированный характер, а у новотельных наблюдался дисбаланс. Биохимический скрининг сыворотки крови коров в условиях теплового стресса показал достоверные изменения метаболического профиля на фоне общего снижения потребления корма. Содержание общего белка и глобулинов в сыворотке крови в первые дни после отела составило  $68,36 \pm 3,48$  ( $p \leq 0,01$ ) и  $35,36 \pm 3,89$  г/л ( $p \leq 0,01$ ), что на 16,0 и 33,0 % ниже, чем у коров раннего сухостойного периода. Уровень глюкозы и холестерина прогрессивно снижался после запуска, достигая минимума в послеродовой период (глюкоза –  $3,14 \pm 0,59$ , общий холестерин –  $2,18 \pm 0,55$  ммоль/л ( $p \leq 0,01$ )). Содержание мочевины в крови животных достоверно увеличивалось, достигая максимума в первые дни после отела –  $7,44 \pm 1,48$  ммоль/л ( $p \leq 0,01$ ). Установлено также повышение содержания общего билирубина, аспартатаминотрансферазы и креатинфосфокиназы. Таким образом, тепловой стресс приводит к изменениям клинико-метаболического статуса у высокопродуктивных коров.

## INFLUENCE OF HEAT STRESS ON COWS DURING THE DRY AND POSTPARTUM PERIOD

**A.I. Belousov**, Doctor of Veterinary Sciences, Senior Researcher

**I.A. Shkuratova**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher

**A.S. Krasnoperov**, Ph.D. in Veterinary Sciences, Senior Researcher

**O.Iu. Oparina**, Ph.D. in Veterinary Sciences, Senior Researcher

**S.V. Malkov**, Ph.D. in Veterinary Sciences, Senior Researcher

*Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia*

**E-mail:** marafon.86@list.ru

**Keywords:** heat stress, temperature and humidity index, hematology, hematological indices, clinical biochemistry, metabolism, highly productive cattle.

**Abstract.** In the article, the authors presented information on the effect of heat stress on cows in the dry and postpartum periods. The study aims to study clinical and metabolic manifestations of heat stress in dry and fresh cows. The object of the study is cows of the early and late dry periods and new calves. The authors assessed

the parameters of the microclimate of livestock premises, clinical examination of cattle, and blood sampling for hematological and biochemical studies. The authors also calculated the leukocyte index of intoxication, the shift index of blood leukocytes, and the lymphocytic index. Animals were found to have worsened general conditions, weakness, and reduced feed intake during the medical examination. An increase in body temperature ( $39.42 \pm 0.55$  °C), tachypnea ( $86.45 \pm 8.04$  resp.), and tachycardia ( $127.65 \pm 3.66$  bpm) were also revealed. A hematological study revealed a decrease in the absolute number of lymphocytes and a shift in the indicators of the leukocyte formula. According to the results of the assessment of the lymphocytic index in cows during the dry period, the ratio of humoral and cellular immunity was balanced, and in new calves, an imbalance was observed. Biochemical screening of the blood serum of cows under conditions of heat stress showed significant changes in the metabolic profile against the background of a general decrease in feed intake. The content of total protein and globulins in the blood serum in the first days after calving was  $68.36 \pm 3.48$  ( $p \leq 0.01$ ) and  $35.36 \pm 3.89$  g/l ( $p \leq 0.01$ ), which is 16.0 and 33.0% lower than in cows of the early dry period. Glucose and cholesterol levels progressively decreased after starting, reaching a minimum in the postpartum period (glucose -  $3.14 \pm 0.59$ , total cholesterol -  $2.18 \pm 0.55$  mmol/l ( $p \leq 0.01$ )). The content of urea in the blood of animals increased significantly, reaching a maximum in the first days after calving -  $7.44 \pm 1.48$  mmol/l ( $p \leq 0.01$ ). The authors also found an increase in the content of total bilirubin, aspartate aminotransferase, and creatine phosphokinase. Thus, heat stress leads to changes in the clinical and metabolic status of highly productive cows.

В современных условиях глобального потепления происходит рост средней температуры окружающей среды, что сказывается на всех сферах жизнедеятельности и оказывает существенное влияние на животноводство. Воздействие на организм животных высоких температур, особенно в условиях повышенной влажности, приводит к ряду физиологических изменений, направленных на активацию механизмов терморегуляции. Самая комфортная температура окружающей среды для крупного рогатого скота – от минус 13 до плюс 25 °C. При достижении верхнего критического уровня может развиваться состояние теплового стресса, когда производство тепла в организме животных превышает теплоотдачу в окружающую среду.

Температура тела у крупного рогатого скота поддерживается на уровне 38,5 °C ( $\pm 0,5$  °C). Вследствие интенсивного обмена веществ молочные коровы при переваривании корма и синтезе молока выделяют большое количество тепла. Однако у крупного рогатого скота способность к потоотделению ограничена, что объясняет их высокую чувствительность к тепловому стрессу. Особенно чувствительны к повышению температуры окружающей среды высокопродуктивные животные.

Гипертермия обуславливает перераспределение крови к периферическим тканям, способствуя усилению потери тепла организмом, вызывает учащение дыхания, что приводит к изменению кислотно-щелочного баланса и развитию дыхательного алкалоза [1–3]. В этих условиях снижается потребление корма животными, уменьшается поступление в организм сухого вещества и, как следствие, снижается масса тела. Кроме этого, часть энергии

корма, используемой ранее на производство молока, расходуется на процессы терморегуляции, что вызывает снижение продуктивности и воспроизводительных качеств животных [4–6], негативно сказывается на продолжительности хозяйственного использования, реализации генетического потенциала и приводит к значительным экономическим потерям [7–9]. Адаптация к повышенной температуре сопровождается развитием компенсаторно-приспособительных реакций, изменением метаболизма и характерными клиническими проявлениями.

Цель исследования – изучить влияние повышенной температуры окружающей среды на клинико-метаболические проявления теплового стресса у сухостойных и новотельных коров.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в отделе экологии и незаразной патологии животных Уральского научно-исследовательского ветеринарного института ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания в соответствии с Программой ФНИ государственных академий наук по направлению 4.2.1.5 «Разработка технологий прижизненного управления качеством животноводческого сырья для получения высококачественных и безопасных продуктов питания».

Объект исследования – крупный рогатый скот. Для исследования было отобрано 3 группы по 10 животных в каждой. В 1-ю группу вошли коровы раннего сухостойного периода, во 2-ю – позднего сухостойного периода, в

3-ю – новотельные. Исследования проводили в летний период.

Проводили оценку параметров микроклимата животноводческих помещений, диспансеризацию крупного рогатого скота по методу И.Г. Шарабрина (1985) и отбор крови для гематологического и биохимического исследований.

Для анализа состояния микроклимата в животноводческих помещениях были проведены замеры температуры, влажности и скорости движения воздуха. Температуру воздуха измеряли с помощью бесконтактного инфракрасного термометра VKTECH GM320 (Китай), относительную влажность воздуха – цифровым гигрометром ККМОООН TL-500 (Китай), а скорость движения воздуха в помещении – анемометром с крыльчаткой HoldPeak HP-866B (Китай). Определяли также температурно-влажностный индекс (ТВИ) по шкале оценки температурного стресса, разработанной Z.R. Burgos и R.J. Collier (Арканзасский университет) [10].

Отбор проб крови у коров проводили из подхвостовой вены в вакуумные пробирки фирмы «МиниМед» с ЭДТА-К2 и литий-гепарином. Клинико-лабораторные исследования крови животных проводили согласно требованиям национального стандарта РФ ГОСТ 31886-2012.

Гематологические показатели определяли на анализаторе Abacus Junior Vet (Diatron, Австрия), применяя стандартные реактивы (Diatron, Австрия); лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе (300 клеток на ма-

зок) на микроскопе Olympus BX 43 (Olympus, Япония).

Для определения степени эндогенной интоксикации организма и его иммунореактивности рассчитывали следующие гематологические лейкоцитарные индексы: лейкоцитарный индекс интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИр), индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) и лимфоцитарный индекс (ЛИ) [11].

Биохимические исследования осуществляли на анализаторе Chem Well-2910 Combi (Awaveness Technology, США) с применением оригинальных наборов реактивов (Vital Diagnostics SPb, Россия; DIALAB GmbH, Австрия), используя турбометрические, кинетические и колориметрические методы. Достоверность выполненных измерений подтверждена контрольными материалами, рекомендованными производителями реактивов.

Математическую и статистическую обработку полученных данных проводили с использованием прикладной программы Statistica 11.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей микроклимата помещений, в которых содержались животные из обследованных групп, выявил превышение температуры воздуха на 9,25–10,15 °С (табл. 1).

Таблица 1

Параметры микроклимата в животноводческих помещениях  
Microclimate parameters in livestock houses

Группа	Температура воздуха, °С	Влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Норма	+8,00...+20,00	50,00–85,00	0,5–1,00
1-я	+29,25	42,00	0,6
2-я	+29,30	42,12	0,6
3-я	+30,15	54,50	0,60

Согласно шкале оценки температурного стресса, разработанной Z.R. Burgos и R.J. Collier [10], температурно-влажностный индекс (ТВИ) в помещениях составил 75–79 у.е. что соответствует умеренному тепловому стрессу. При этом в помещении с новотель-

ными коровами показатель ТВИ находился на границе с сильным тепловым стрессом.

Скорость движения воздуха в животноводческих помещениях составляла 0,6 м/с, что ниже нормативных значений на 40 %. Низкая скорость движения воздуха приводит к ухудшению микроклимата – повышенной

концентрации углекислого газа и аммиака, а это, в свою очередь, усугубляет негативное влияние на организм животных теплового стресса.

При проведении клинического обследования животных установлено, что средняя ректальная температура, частота дыхательных движений и сердечных сокращений у животных из обследованных групп не имели достоверных различий. Так, ректальная тем-

пература в среднем составляла  $39,42 \pm 0,55^\circ\text{C}$ . Однако частота дыхательных движений и сердечных сокращений в группе раннего сухостоя была ниже на 7 % ( $125,80 \pm 4,21$  уд/мин) и 3 % ( $81,60 \pm 7,30$  дых. дв.) соответственно, чем в группе позднего сухостоя и новотельных животных ( $128,09 \pm 3,30$  и  $128,75 \pm 4,11$  уд/мин;  $88,45 \pm 7,94$  и  $87,00 \pm 8,60$  дых. дв.). Выявленные отклонения подтверждают тепловой стресс у животных (табл. 2).

Таблица 2

Результаты клинического обследования животных в условиях теплового стресса  
Results of clinical examination of animals under heat stress conditions

Группа	Ректальная температура, °C	Частота дыхательных движений в минуту	Частота сердечных сокращений в минуту
Норма	37,5–39,0	15–30	50–80
1-я	$39,65 \pm 0,82$	$81,60 \pm 7,30$	$125,80 \pm 4,21$
2-я	$39,17 \pm 0,43$	$88,45 \pm 7,94$	$128,09 \pm 3,30$
3-я	$39,78 \pm 0,28$	$87,00 \pm 8,60$	$128,75 \pm 4,11$

В условиях теплового стресса у всех животных развивался симптомокомплекс, проявляющийся ухудшением общего состояния, слабостью, снижением потребления корма с увеличением водопотребления. В тяжелых случаях животные были угнетены, принимали вынужденную лежачую позу, у них наблюдалась саливация. Признаки гипотонии рубца были установлены у 65,0 % коров позднего сухостойного и послеродового периодов и 50,0 % коров раннего сухостойного периода.

Общеклинический анализ мочи коров показал наличие признаков метаболического ацидоза у 28,6 % коров новотельного периода

(рН мочи 5,0–6,0), тогда как в группе коров сухостойного периода рН соответствовал физиологическим значениям. Признаков кетонурии у обследованных коров не установлено.

В результате гематологических исследований выявлено, что воздействие теплового стресса не оказало существенного влияния на гемопоэтическую функцию. Уровень эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и тромбоцитов соответствовал референтным значениям как у сухостойных, так и у отелившихся коров. В то же время лейкоцитарный профиль животных разных групп отличался (табл. 3).

Таблица 3

Гематологические показатели коров в условиях теплового стресса  
Hematological parameters of cows under conditions of heat stress

Показатели	Норма	Группа					
		1-я		2-я		3-я	
		Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.
1	2	3	4	5	6	7	8
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,0–7,5	7,04	0,80	7,16	0,58	6,74	0,33
Гемоглобин, г/л	90–120	105,75	8,50	105,81	8,97	103,00	10,41
Гематокрит, %	24–46	34,28	2,81	33,78	3,16	35,50	4,47
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	100–800	251,75	20,98	232,54	68,67	291,20	18,86
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	4,5–12	6,77	0,87	8,41	1,99	5,77	0,80
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	2,5–7,5	2,27	0,44	3,90*	1,32*	3,68**	0,14**

Окончание табл. 3

	1	2	3	4	5	6	7	8
Лейкоцитарная формула, %	палочкоядерные	2–5	4,00	2,82	5,73	4,19	5,40	3,28
	сегментоядерные	15–35	40,00	9,60	44,63	7,60	21,60*	9,20*
	эозинофилы	5–11	17,25	4,84	8,64	2,39	1,20	0,68
	базофилы	0–2	0,75	0,25	0,72	0,17	0,80	0,40
	моноциты	2–7	2,75	0,48	1,36	0,28	4,80	0,60
	лимфоциты	40–75	35,25	9,63	38,82	9,45	66,00**	6,74**

Примечание. Здесь и далее: разница достоверна при применении U - критерия Манна-Уитни: \* значимые критерии на уровне  $p \leq 0,05$ ; \*\* значимые критерии на уровне  $p \leq 0,01$ .

Установлено, что общее количество лейкоцитов возрастало в течение сухостойного периода с  $6,77 \pm 0,87$  до  $8,41 \pm 1,99$   $10^9/\text{л}$ . После отела оно снизилось до  $5,77 \pm 0,80$   $10^9/\text{л}$ . У животных раннего сухостойного периода относительное и абсолютное количество лимфоцитов было ниже в среднем на 10,53 %, в то время как относительное количество сегментоядерных нейтрофилов было выше на 12,50 %. У коров позднего сухостойного периода количество сегментоядерных нейтрофилов превышало референсную величину на 20,45 %. Перераспределение клеток белой крови у стельных коров имеет физиологическую природу и характеризует их миграцию в брюшную полость с последующим накоплением в толще матки, где они представлены преимущественно лимфоцитами, которые отличаются от лимфоцитов крови и не способны распознавать антигены плода. Однако под влиянием теплового стресса эти изменения носят более выраженный характер, что связано с резким снижением потребления корма животными [3].

Эозинофилия была зарегистрирована у 50 % коров раннего сухостойного периода и у 10 % позднего сухостойного периода.

Относительное количество эозинофилов превышало нормативные значения в 1,2–2,2 раза. При этом максимального значения показатель достигал у 20 % коров от общего числа животных из групп раннего и позднего сухостойного периода. Повышение количества данных клеток свидетельствует о сенсibilизации организма на фоне гипертермии [3]. После отела количество эозинофилов резко уменьшилось, что может быть связано с повышением адренокортикоидной активности после отела и под влиянием теплового стресса.

Для более полной оценки зарегистрированных сдвигов в гематологических показателях был проведен анализ данных с использованием гематологических индексов, показывающих взаимоотношение между различными классами клеток лейкоцитарной формулы [11, 12]. Индексы лейкоцитарной интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИр) и сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) у животных обследованных групп находились в диапазоне от  $0,40 \pm 0,23$  до  $1,11 \pm 0,45$  и от  $0,43 \pm 0,22$  до  $1,78 \pm 0,78$  у.е. соответственно, что говорит об отсутствии воспалительного процесса и интоксикации (табл. 4).

Таблица 4

Гематологические индексы у коров в условиях теплового стресса, у. е.  
Hematological indices in cows under heat stress, u.e.

Группа	ЛИИр	ИСЛК	ЛИ
1-я	$0,83 \pm 0,31$	$1,78 \pm 0,78$	$0,84 \pm 0,30$
2-я	$1,11 \pm 0,45$	$1,63 \pm 0,70$	$0,83 \pm 0,35$
3-я	$0,40 \pm 0,23$	$0,43 \pm 0,22$	$2,92 \pm 1,48$

Лимфоцитарный индекс (ЛИ) у коров позднего и раннего сухостойного периода составил  $0,83 \pm 0,35$  и  $0,84 \pm 0,30$  у.е. соответственно, а после отела  $2,92 \pm 1,48$  у.е., из чего следует, что у коров сухостойного периода соотношение гуморального и клеточного звеньев иммунитета имело сбалансированный характер, а у новотельных наблюдался дис-

баланс, что, вероятно, связано с физиологическими процессами в организме отелившихся коров, характеризующимися обратной миграцией клеток белой крови в кровяное русло из толщи матки.

Биохимический скрининг сыворотки крови коров в условиях теплового стресса показал достоверные изменения метаболического

профиля. Установлено, что содержание общего белка прогрессивно снижается от периода раннего сухостоя к транзитному периоду (20 дней до отела – 15 дней после отела). У коров раннего сухостоя содержание общего белка в сыворотке крови определено на уровне  $79,72 \pm 3,94$  г/л, тогда как в группе позднего сухостоя и новотельных коров показатель составил  $73,13 \pm 4,83$  и  $68,36 \pm 3,48$  г/л соответственно. Изменение белкового состава крови обусловлено общим снижением глобулиновой фракции, так как количество альбуминов у животных в указанные периоды находилось на постоянном уровне:  $32,64 \pm 2,41$  г/л у коров раннего сухостоя и  $33,00 \pm 2,13$  – у коров послеродового периода. Количество глобулинов у отелившихся коров было минимальным –

$35,36 \pm 3,89$  г/л против  $47,08 \pm 3,60$  у коров раннего сухостоя (табл. 5).

Содержание глюкозы и общего холестерина в сыворотке крови коров послеродового периода было минимальным –  $3,14 \pm 0,59$  и  $2,18 \pm 0,55$  ммоль/л соответственно, что является отражением формирования «энергетической ямы» у коров. Ранее проведенные исследования [13] показывают, что снижение этих показателей обусловлено физиологическими изменениями после отела. Однако отклонения, выявленные при тепловом стрессе, характеризуют более выраженные нарушения углеводного и липидного обмена вследствие резкого снижения потребления корма, которые можно охарактеризовать как патологические.

Таблица 5

Биохимический профиль коров разного физиологического состояния в условиях теплового стресса  
Biochemical profile of cows of different physiological conditions under heat stress

Показатели	Группа					
	1-я		2-я		3-я	
	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.
Общий белок, г/л	79,72	3,94	73,13**	4,83**	68,36**	3,48**
Альбумин, г/л	32,64	2,41	35,01**	2,68**	33,00	2,13
Глобулины, г/л	47,08	3,60	38,13**	6,04**	35,36**	3,89**
АсТ, Ед/л	79,10	13,34	76,08	13,90	111,30**	48,12**
Глюкоза, ммоль/л	3,58	0,42	3,28	0,27	3,14	0,59
Креатинин, мкмоль/л	101,41	13,85	108,08	19,48	105,22	20,60
Мочевина, ммоль/л	2,91	1,02	5,73**	1,96**	7,44**	1,48**
Общий билирубин, мкмоль/л	0,22	0,70	2,00	3,00	6,32**	5,84**
Щелочная фосфатаза, Ед/л	70,10	22,46	71,83	19,81	81,10	17,60
Гамма-ГТ, Ед/л	16,73	2,76	12,33**	4,25**	15,04	5,73
ГлДГ, Ед/л	49,81	30,89	33,48	21,63	25,02*	8,27*
КФК общая, Ед/л	151,94	138,52	228,80	342,93	321,10	426,44
Кальций, ммоль/л	2,28	0,10	2,36	0,13	2,30	0,31
Магний, ммоль/л	1,07	0,18	1,28**	0,15**	1,00	0,23
Фосфор, ммоль/л	2,12	0,39	2,31	0,47	2,11	0,30
Холестерин, ммоль/л	3,07	0,42	2,38**	0,61**	2,18**	0,55**

Групповой анализ показателей минерального обмена показал, что у коров послеродового периода регистрировали незначительное снижение общего кальция и неорганического фосфора – на 2,3 и 9,5 % при сравнении с группой позднего сухостоя. Однако анализ индивидуальных особенностей минерального профиля коров показывает, что у 60,0 % животных послеродового периода содержание

общего кальция было ниже 2,3 ммоль/л, что указывает на развитие субклинической гипокальциемии. Активность щелочной фосфатазы у коров после отела составляла  $81,10 \pm 17,60$  Ед/л, что на 12,9–15,6 % выше, чем у коров сухостойного периода, что свидетельствует о повышенном риске развития остеодистрофических процессов в первые дни после отела [14].

Статистически значимые различия установлены в отношении концентрации мочевины в сыворотке крови коров в условиях теплового стресса. Установлено, что у коров позднего сухостоя и новотельного периода в условиях теплового стресса уровень мочевины был достоверно выше, чем у коров ранней сухостойной группы. Концентрация мочевины в сыворотке крови у животных позднего сухостойного периода за 20 дней до предполагаемого отела составила  $5,73 \pm 19,6$  ммоль/л, а у новотельных –  $7,44 \pm 1,48$ , что в 2,0 и 2,6 раза выше показателей коров раннего сухостоя. Выявленные особенности указывают, что высокие температуры окружающей среды способствуют увеличению продукции аммиака в рубце и его конвертации в сывороточную мочевину на фоне высокобелкового рациона у коров транзитного периода при использовании максимальных резервов орнитинового цикла [15].

У отелившихся коров на фоне теплового стресса повышается функциональная нагрузка на печень, что подтверждается повышением содержания общего билирубина в сыворотке крови коров до  $6,32 \pm 5,84$  мкмоль/л против  $0,22 \pm 0,70$  и  $2,00 \pm 3,00$  мкмоль/л у групп сухостойного периода.

Выявлена тенденция к повышению активности аспаратаминотрансферазы и креатинфосфокиназы после отела. Так, у коров в послеродовой период установлены максимальные значения АСТ и КФК –  $111,30 \pm 48,12$  и  $321,10 \pm 426,44$  Ед/л соответственно. В группах сухостойного периода средние значения АСТ не превышали 80,0 Ед/л, а КФК – 230,0 Ед/л. Изменения показателей могут указывать на органические повреждения миоцитов на фоне развития прогрессирующей мышечной дистрофии, окислительного стресса и активного глюконеогенеза в послеродовой период.

## ВЫВОДЫ

1. Тепловой стресс приводит к изменениям клинико-метаболического статуса у

высокопродуктивных коров. Отмечалось ухудшение общего состояния, слабость, снижение потребления корма, умеренное повышение температуры, тахипноэ и тахикардия. Общеклиническим анализом мочи определены признаки гиперстенурии у 15,8 % и метаболического ацидоза у 28,6 % коров новотельного периода.

2. В условиях теплового стресса в составе красной крови у животных не было выявлено статистически значимых отличий, а показатели белой крови имели ряд отклонений – снижение абсолютного количества лимфоцитов и смещение показателей лейкоцитарной формулы. Оценка гематологических индексов ЛИИр и ИСЛК свидетельствовала об отсутствии воспалительного процесса и интоксикации у всех обследованных животных. По результатам ЛИ у коров сухостойного периода соотношение гуморального и клеточного звеньев иммунитета имело сбалансированный характер, а у новотельных наблюдался дисбаланс.

3. Метаболические изменения отражали дефицит субстратов основного обмена на фоне общего снижения потребления корма, которые были наиболее выражены у коров новотельного периода и позднего сухостоя – достоверное снижение показателей белкового, липидного и углеводного обмена. Содержание общего белка и глобулинов в сыворотке крови коров в первые дни после отела составило  $68,36 \pm 3,48$  и  $35,36 \pm 3,89$  г/л, что на 16,0 и 33,0 % ниже показателей крови крупного рогатого скота раннего сухостойного периода. Уровень глюкозы и холестерина прогрессивно снижался, достигая минимума в послеродовой период –  $3,14 \pm 0,59$  и  $2,18 \pm 0,55$  ммоль/л соответственно. Определена тенденция к накоплению мочевины у коров за 14 дней до отела и в первые дни после отела –  $5,73 \pm 1,96$  и  $7,44 \pm 1,48$  ммоль/л, к повышению активности аспаратаминотрансферазы и креатинфосфокиназы у коров новотельного периода –  $111,30 \pm 48,12$  и  $321,10 \pm 426,44$  Ед/л соответственно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буряков Н.П., Бурякова М.А., Алешин Д.Е. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота // Российский ветеринарный журнал. – 2016. – № 3. – С. 5–13.
2. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве / Е.В. Кузьминова, М.П. Семеновко, А.А. Абрамов [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2020. – № 3. – С. 10–11.
3. Attia N.E. Physiological, hematological and biochemical alterations in heat stressed goats // Benha veterinary medical journal. – 2016. – Vol. 31, N 2. – P. 56–62.

4. Проблема репродуктивных потерь в молочном скотоводстве / М.В. Ряпосова, М.Н. Исакова, Н.Н. Семенова [и др.] // Генетика, селекция и биотехнология животных: на пути к совершенству: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Пушкин, 2020. – С. 248–249.
5. 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 (15). – С. 58–65.
6. Анализ репродуктивной функции маточного поголовья крупного рогатого скота в племенных организациях Свердловской области / О.В. Соколова, М.В. Ряпосова, О.Е. Лиходеевская [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017. – № 3. – С. 139–142.
7. Донник И.М., Шкуратова И.А. Молекулярно-генетические и иммунно-биохимические маркеры оценки здоровья сельскохозяйственных животных // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87, № 4. – С. 362–366.
8. Liam Polsky, Marina A.G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100, Is. 11. – P. 8645–8657.
9. Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows / P.R. Menta, V.S. Machado, J.M. Piñeiro [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2022. – Vol. 105, Is. 5. – P. 4474–4489.
10. Burgos Z.R., Collier R.J. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity // Proc. 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference. – 2011. – P. 111–126.
11. Сперанский И.И., Самойленко Г.Е., Лобачева М.В. Общий анализ крови – все ли его возможности исчерпаны? Интегральные индексы интоксикации как критерии оценки тяжести течения эндогенной интоксикации, ее осложнений и эффективности проводимого лечения // Острые и неотложные состояния в практике врача. – 2009. – № 6 (19). – С. 3–12.
12. Diagnostic value of integral indexes of intoxication to assess the risk of complications development in gastric and intestinal diseases of calves / A.P. Poryvaeva, N.A. Vereshchak, S.V. Malkov [et al.] // E3S Web of conferences «International scientific and practical conference “Development of the Agro-Industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad”. – 2020. – P. 2015.
13. Белоусов А.И., Соколова О.В., Беспамятных Е.Н. Применение биохимического скрининга при оценке продуктивного здоровья высокопродуктивных коров в Свердловской области // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 4. – С. 278–280.
14. Эленшлегер А.А., Соловьева В.В. Биохимический статус крови как диагностический критерий при ацидозе рубца у молочных коров до и после отела // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 8 (154). – С. 133–135.
15. Влияние природного метамодулятора на биохимические показатели и продуктивность молочных коров в условиях Юга России / Е.Н. Рудь, В.А. Гринь, Е.В. Кузьминова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 3 (63). – С. 291–300.

#### REFERENCES

1. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Aleshin D.E., *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal*, 2016, No. 3, pp. 5–13. (In Russ.)
2. Kuz'minova E.V., Semenenko M.P., Abramov A.A., Rud' N.A., Rud' E.N., *Veterinariya Kubani*, 2020, No. 3, pp. 10–11. (In Russ.)
3. Attia N.E., Physiological, hematological and biochemical alterations in heat stressed goats, *Benha veterinary medical journal*, 2016, Vol. 31, No. 2, pp. 56–62.
4. Ryaposova M.V., Isakova M.N., Semenova N.N., Likhodeevskaya O.E., *Genetika, selektsiya i biotekhnologiya zhivotnykh: na puti k sovershenstvu* (Genetics, breeding and biotechnology of animals: on the way to perfection), Proceedings of the Scientific-Practical Conference with international participation, Pushkin, 2020, pp. 248–249. (In Russ.)

5. Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2022, No. 2 (15), pp. 58–65. (In Russ.)
6. Sokolova O.V., Ryaposova M.V., Likhodeevskaya O.E., Isakova M.N., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2017, No. 3, pp. 139–142. (In Russ.)
7. Donnik I.M., Shkuratova I.A., *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2017, Vol. 87, No. 4, pp. 362–366. (In Russ.)
8. Liam Polsky, Marina A.G., Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare, *Journal of Dairy Science*, Vol. 100, Is. 11, 2017, pp. 8645–8657.
9. Menta P.R., Machado V.S., Piñeiro J.M., Thatcher W.W., Santos J.E.P., Vieira-Neto A., Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows, *Journal of Dairy Science*, Vol. 105, Is. 5, 2022, pp. 4474–4489.
10. Burgos Z.R., Collier R.J., Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity, *Proc. 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 2011, pp. 111–126.
11. Speranskii I.I., Samoilenko G.E., Lobacheva M.V., *Ostrye i neotlozhnye sostoyaniya v praktike vracha*, 2009, No. 6 (19), pp. 3–12. (In Russ.)
12. Poryvaeva A.P., Vereshchak N.A., Malkov S.V., Krasnoperov A.S., Pechura E.V., Diagnostic value of integral indexes of intoxication to assess the risk of complications development in gastric and intestinal diseases of calves, *E3S Web of conferences "International scientific and practical conference "Development of the Agro-Industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad"*, 2020, p. 2015.
13. Belousov A.I., Sokolova O.V., Беспамятных E.N., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2018, No. 4, pp. 278–280. (In Russ.)
14. Elenshleger A.A., Solov'eva V.V., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 8 (154), pp. 133–135. (In Russ.)
15. Rud' E.N., Grin' V.A., Kuz'minova E.V., Semenenko M.P., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021, No. 3 (63), pp. 291–300. (In Russ.)