

Кобдикова Гульмира Макатаевна – докторант PhD, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики и пищевой безопасности, ТОО «Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт», Республика Казахстан, 050016, г. Алматы, пр. Райымбека, 223, тел.: 87019516270, e-mail: gulmirakobdikova@mail.ru.

МРНТИ 68.41.31

УДК 619:614.31:637.5

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631059>

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ НА БЛАГОПОЛУЧИЕ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ПРОИЗВОДСТВА

Елеусизова А.Т.* – PhD, ассоциированный профессор кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Батырбеков А.Н. – кандидат ветеринарных наук, ассоциированный профессор кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Тыштыкбаева С.Б. – магистр ветеринарных наук, ст. преподаватель кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Кауменов Н.С. – кандидат ветеринарных наук ассоциированный профессор кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

В статье рассматривается проблема управления качеством мясного сырья в рамках замкнутого технологического цикла «выращивание – предубойная выдержка – первичная переработка». Существующие подходы к оценке предубойного стресса часто не учитывают индивидуальную адаптацию у животных, что снижает точность прогнозирования дефектов туш. В ходе исследования на базе предприятий Костанайской области изучена основная динамика ключевых прижизненных биомаркеров – кортизола, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и креатинфосфокиназы (КФК) – в сопоставлении с послеубойным уровнем pH мышечной ткани в процессе автолиза. Установлена прямая связь между интенсивностью антёмортального стресс-ответа и блокированием послеубойного снижения pH говядины. Выбор экспериментальной площадки обеспечил возможность комплексного мониторинга адаптационных особенностей крупного рогатого скота (КРС) мясного скота в условиях открытого содержания, при их выводе из производства и последующем направлении на убой. Экспериментально доказано, что у критически стрессированных животных (группа III) на фоне пиковой концентрации кортизола ($180,70 \pm 3,59$ нмоль/л) к 24 часам после убоя уровень pH фиксируется на аномально высокой отметке $6,32 \pm 0,06$, что обуславливает развитие дефекта DFD в 24% туш. Доказано, что интеграция экспресс-мониторинга биохимических маркеров и замера pH в сквозную систему контроля позволяет предприятиям оперативно выявлять технологические риски и минимизировать экономические убытки.

Ключевые слова: замкнутый цикл, предубойный стресс, качество мяса, кортизол, DFD.

ТҰЙЫҚ ӨНДІРІСТІК ЦИКЛ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ МАЛ ӨСІРУ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІНІҢ ЖАНУАРЛАР ӨЛ-АУҚАТЫНА ӨСЕРІ

Елеусизова А.Т.* – PhD, ветеринарлық санитария кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Батырбеков А.Н. – ветеринария ғылымдарының кандидаты, ветеринарлық санитария кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Тыштыкбаева С.Б. – ветеринария ғылымдарының магистрі, ветеринарлық санитария кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Кауменов Н.С. – ветеринария ғылымдарының кандидаты, ветеринариялық санитария кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада «өсіру – сою алдындағы ұстау – бастапқы өңдеу» тұйық технологиялық циклі шеңберінде ет шикізатының сапасын басқару мәселесі қарастырылады. Сою алдындағы күйзелісті

бағалаудың қолданыстағы тәсілдері жануарлардың жеке бейімделуін жиі ескермейді, бұл ұша ақауларын болжаудың дәлдігін төмендетеді. Зерттеу барысында Қостанай облысы кәсіпорындарының негізінде автолиз процесіндегі бұлшықет тінінің союдан кейінгі рН деңгейімен салыстыра отырып, негізгі прижизнендік биомаркерлердің – кортизол, лактатдегидрогеназа (ЛДГ) және креатинфосфокиназаның (КФК) негізгі динамикасы зерттелді. Сою алдындағы (антемортемдік) күйзелістік жауаптың қарқындылығы мен сиыр етінің союдан кейінгі рН деңгейінің төмендеуінің блокталуы арасындағы тікелей байланыс анықталды. Эксперименттік алаңды таңдау ет бағытындағы ірі қара малдың ашық ұстау жағдайындағы, оларды өндірістен шығару және кейіннен союға бағыттау кезіндегі адаптациялық ерекшеліктеріне кешенді мониторинг жүргізу мүмкіндігін қамтамасыз етті. Сыни тұрғыдан күйзеліске ұшыраған жануарларда (III топ) кортизолдың ең жоғары концентрациясы ($180,70 \pm 3,59$ нмоль/л) аясында союдан кейін 24 сағатқа қарай рН деңгейі аномальді жоғары $6,32 \pm 0,06$ белгісінде тіркелетіні, бұл ұшалардың 24%-ында DFD ақауының дамуына әкелетіні эксперименталды түрде дәлелденді. Биохимиялық маркерлерді жедел мониторингтеу мен рН өлшеуді бірыңғай бақылау жүйесіне интеграциялау кәсіпорындарға технологиялық тәуекелдерді жедел анықтауға және экономикалық шығындарды азайтуға мүмкіндік беретіні дәлелденді.

Түйінді сөздер: тұйық цикл, сою алдындағы күйзеліс, ет сапасы, кортизол, DFD.

IMPACT OF THE TECHNOLOGICAL REARING PROCESS ON ANIMAL WELFARE UNDER CLOSED-CYCLE PRODUCTION CONDITIONS

Yeleussizova A.T.* – PhD, Associate Professor, Department of veterinary sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Batyrbekov A.N. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of veterinary sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Tyshtykbayeva S.B. – Master of Veterinary Sciences, Senior Lecturer, Department of veterinary sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Kaumenov N.S. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

The article addresses meat raw material quality management within the closed technological cycle of "rearing – pre-slaughter handling – primary processing". Existing approaches to assessing pre-slaughter stress often fail to account for individual animal adaptation, reducing carcass defect prediction accuracy. In the research conducted at the Kostanay region enterprises, the dynamics of key antemortem biomarkers – cortisol, lactate dehydrogenase (LDH), and creatine phosphokinase (CPK) – were studied in comparison with post-slaughter muscle tissue pH during autolysis. A direct correlation was established between antemortem stress intensity and the inhibition of post-slaughter pH decline in beef. The experimental site enabled comprehensive monitoring of beef cattle adaptive characteristics under open housing conditions during marketing and slaughter. It was experimentally proven that in critically stressed animals (Group III), against peak cortisol concentration (180.70 ± 3.59 nmol/L), the 24-hour post-slaughter pH level fixes at an anomalously high 6.32 ± 0.06 , causing DFD defects in 24% of carcasses. Integrating rapid biochemical monitoring and pH measurement into quality control allows enterprises to promptly identify technological risks and minimize economic losses.

Keywords: closed cycle, pre-slaughter stress, meat quality, cortisol, DFD.

Введение. Эффективность современного мясного сектора в рамках вертикально интегрированных систем и замкнутых циклов производства («ферма – убойный пункт») напрямую зависит от минимизации потерь на финальных этапах логистики. Предубойный транзит и кратковременное содержание животных на скотопригонных дворах выступают критическими звеньями технологической цепочки, где кумулятивное воздействие физических и физиологических стресс-факторов (погрузка, транспортное перенапряжение, депривация корма и воды) дестабилизирует гомеостаз КРС [1, с. 2; 2, с. 7].

Патофизиологический механизм антемортемного стресса связан с резкой активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Выброс глюкокортикоидов (кортизола) инициирует интенсивный прижизненный анаэробный гликолиз *in vivo*. Истощение запасов мышечного гликогена лимитирует последующее накопление молочной кислоты в процессе автолиза, обуславливая высокий конечный рН говядины и формирование дефекта DFD (dark, firm, dry) [3, с. 19; 4, с. 111].

Кроме того, нерегламентированные условия логистики приводят к травматизации тканей, увеличивая брак и объемы вынужденных зачисток туш [5, с. 1658].

Для сквозного контроля качества в замкнутом цикле необходим мониторинг прижизненных индикаторов стресса: кортизола (маркер психоэмоционального напряжения), ЛДГ и КФК (индикаторы тканевой гипоксии и микроструктурных повреждений миоцитов) [6, с. 84; 7, с. 5].

Развитие антемортемного стресса приводит к активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, гиперсекреции глюкокортикоидов (в частности, кортизола) и резкому усилению анаэробного гликолиза *in vivo*. В результате интенсивного прижизненного распада гликогена в

мышечной ткани истощаются запасы углеводов, необходимых для нормального протекания послеубойного автолиза. Это влечет за собой нарушение процессов созревания мяса, лимитирует накопление молочной кислоты и приводит к формированию необратимых технологических дефектов качества, таких как DFD (*dark, firm, dry* – темное, жесткое, сухое мясо) или, в некоторых случаях, PSE (*pale, soft, exudative* – бледное, мягкое, водянистое мясо) [8, с. 69; 9, с. 655]. Кроме того, стрессирование и физическое перенапряжение животных в процессе логистики часто сопровождаются микро- и макротравматизацией мышечной ткани и сосудистого русла, увеличивая процент брака, зачисток и гематом на тушах, что наносит существенный экономический ущерб перерабатывающим предприятиям [10, с. 559].

Важное диагностическое значение в оценке интенсивности предубойного стресса у сельскохозяйственных животных имеет мониторинг специфических биохимических маркеров. В многочисленных исследованиях было показано, что сывороточная концентрация кортизола, а также уровень активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и креатинфосфокиназы (КФК) являются достоверными и высокочувствительными индикаторами стрессового состояния организма. Эндогенный выброс кортизола позволяет оценить выраженность острого психоэмоционального напряжения животных во время погрузки и транзита [11, с. 14; 12, с. 224]. В свою очередь, динамика мышечных ферментов (ЛДГ и КФК) отражает степень гипоксии тканей, интенсивность анаэробного гликолиза и уровень микроструктурных повреждений миофибрилл, вызванных транспортными перегрузками. Таким образом, сочетанный анализ данных показателей позволяет объективно верифицировать глубину технологического стресса и прогнозировать риски последующего снижения качества мясного сырья [13, с. 112].

Целью данного исследования была комплексная оценка влияния финальных этапов замкнутого цикла производства (выращивание, предубойное содержание и первичная переработка КРС) на физиологический статус животных и обоснование прижизненного мониторинга биомаркеров стресса для минимизации рисков формирования технологических дефектов говядины (DFD).

Задачи.

- Изучить процесс содержания, выращивания животных в условиях откормочной площадки.
- Изучить влияние предубойной выдержки и убоя на состояние здоровья животных.
- Изучить биологические маркеры стресса.

Методы исследования. Экспериментальные исследования по оценке прижизненного стрессового статуса убойных животных проводились в период с ноября 2025 по апрель 2026 г. на базе животноводческого комплекса замкнутого цикла (ТОО «Терра», Костанайская область, Карабалыкский район). Лабораторные исследования выполнялись на базе аккредитованной лаборатории И. В. Смолина (г. Костанай) и в лаборатории контроля пищевой продукции и сырья биологического происхождения Научно-исследовательского института инновационных технологий КПУ имени Ахмет Байтұрсынұлы.

Выбор экспериментальной площадки обеспечил возможность комплексного мониторинга адаптационных особенностей крупного рогатого скота (КРС) мясного скота в условиях открытого содержания, при их выводе из производства и последующем направлении на убой.

Объектом исследования являлись телята мясного направления (породы ангус и беспородистые), в возрасте от 10 мес. до 1 года, находящиеся на интенсивном финальном откорме в условиях открытой откормочной площадки.

Для оценки благополучия животных в процессе откорма и предубойной выдержки в наблюдении находились 3 опытные группы животных (по 25 голов в каждой группе).

В ходе исследования была проанализирована динамика основных показателей стресса (кортизола, ЛДГ и КФК) у животных во время предубойной выдержки и после убоя. Взятие крови проводили из яремной вены (в области шеи): на этапе предубойной выдержки в загоне и при последующем обескровливании животных во время убоя.

Пробы крови собирали в вакуумированные пробирки (C.D.RICH® Evacuated Tube, Китай) для оценки биохимических показателей и биологических маркеров стресса (кортизол, лактатдегидрогеназа (ЛДГ/ LDH) и креатинфосфокиназа (КФК/ CK)).

Пробы, отобранные прижизненно, хранили в изолированных термоконтейнерах с пакетами льда при температуре около +5 °С и доставляли в лабораторию. Центрифугирование образцов проводили при 1330 g (для гепаринизированной крови) и при 2500 об/мин (для негепаринизированных образцов сыворотки) в течение 10 мин. Полученную плазму замораживали и хранили при температуре –20 °С до проведения лабораторного анализа.

Статистическую обработку результатов проводили методами вариационной статистики с вычислением средних значений, стандартных ошибок среднего и достоверности различий по критерию Стьюдента. Результаты признавались статистически значимыми при $p \leq 0.05$.

Концентрацию водородных ионов (pH) в мышечной ткани определяли потенциометрическим методом через 1 и 24 часа после убоя непосредственно в полутушах на глубине 3–5 см с использованием портативного pH-метра для мяса, прошедшего предварительную калибровку по буферным растворам с pH 4,01 и 7,00.

Результаты. Исследования проводились на базе животноводческого комплекса с замкнутым технологическим циклом выращивания, что исключает этап транспортировки животных, являющийся критическим стресс-фактором. Молодняк КРС мясного направления (телята) поступает в животновод-

ческий комплекс в возрасте трех месяцев и содержится в загонах открытого типа до достижения массы (более 450 кг) и упитанности, пригодных для реализации. Данная модель организации производства позволяет минимизировать уровень предубойного стресса и обеспечить непрерывный ветеринарный мониторинг на всех этапах выращивания и откорма. Животные находятся в условиях, максимально приближенных к естественным, однако подвержены влиянию климатических факторов региона.

Результаты наблюдения процесса содержания, откорма и его влияние на благополучие животных в условиях замкнутого цикла производства представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты оценки процесса содержания и выращивания телят в условиях откормочной площадки ТОО «Терра»

Показатели	Период исследований, кол-во гол.	
	осенне-зимний (n=50)	весна (n=25)
Среднесуточная темп. воздуха, °С	-12,5; -25	-5.0; +8.0
Условия содержания животных	Под открытым небом, в ограждённом загоне с глубокой соломенной подстилкой, которая регулярно обновляется; защита от ветра обеспечивается частично за счёт деревянных щитов; животные имеют постоянный доступ к воде и корму, а также возможность свободного передвижения в пределах загона; освещение и микроклимат полностью зависят от естественных погодных условий.	
Поведение животных	Активность умеренная, чаще передвигаются, проявляют внутригрупповое взаимодействие	
Клинический статус животных: в т.ч.		
- Состояние слизистых оболочек	Бледно-розовые, влажные, блестящие, без видимых повреждений и наложений.	
- Шерстный покров	Густой, плотный, с развитым подшерстком, плотно прилегающий, матовый.	На стадии сезонной линьки, местами взъерошенный, менее плотный, тусклый.
- Аппетит	Высокий, устойчивый, поедаемость корма активная	
Суточное потребление корма, (кг)	14.0–14.5	12.5–13.0
Суточное потребление воды, (л)	40-45	45-50
Прирост живой массы, (г/сут)	950 – 1050	1100 – 1200
Частота дыхательных движений (ЧДД), мин	25.1±0.7	30.4±1.3
Частота сердечных сокращений (ЧСС), мин	80.4±1.2	85.8±1.8
Температура тела, Т°С	38,6 ±0,6	39,1±0,3

Анализ условий содержания и состояния крупного рогатого скота в разные сезоны выявил четкие изменения в их поведении и продуктивности.

В осенне-зимний период (при температуре от минус 12,5 до минус 25,0 °С) бычки много двигались и активно поедали корм – 14,0-14,5 кг в сутки. Среднесуточный привес составлял 950-1050 г. Повышенный аппетит при умеренном росте веса связан с тем, что в морозы много энергии уходило на согревание тела. Защитой от холода служила густая плотная шерсть с развитым подшерстком. Потребление воды составляло 40-45 л.

В весенний период (при температуре от минус 5,0 до + 8,0 °С) суточное потребление корма снизилось до 12,5–13,0 кг, а расход воды вырос до 45–50 л. При этом привесы заметно увеличились – до 1100-1200 г в сутки. Это объясняется тем, что с потеплением затраты на обогрев организма снизились, и питательные вещества пошли на рост. При осмотре весной у бычков отмечалась обычная сезонная линька, поэтому шерсть местами была тусклой и взъерошенной.

В оба сезона видимые слизистые оболочки у всех животных оставались бледно-розовыми, влажными и без повреждений. Это доказывает, что принятая технология содержания под открытым небом полностью обеспечивает сохранение здоровья и адаптацию скота.

Следующим шагом в технологическом процессе замкнутого цикла предприятия был перевод крупного рогатого скота на предубойную выдержку. Результаты влияния условий предубойной выдержки на физиологические показатели животных представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Влияние условий предубойной выдержки на благополучие животных

Показатель	Период исследований, кол-во гол.	
	осенне-зимний (n=50)	весна (n=25)
Время выдержки, ч	24	24
Условия содержания	Убойные животные находились под открытым небом, в загоне размером 4х4 метра. Животных размещали группами по 10 голов на глубокой соломенной подстилке и деревянными щитами для частичной защиты от ветра. Поилки находились в свободном доступе.	
Двигательная активность (баллы 1-5)	4.2	3.8
Поведение животных	Беспокойное, возбужденное. Животные часто меняют положение тела, проявляют признаки оборонительного поведения и борьбы за место из-за нехватки площади. Равномерное распределение по загону отсутствует.	
Частота дыхательных движений (ЧДД), мин	40.1±0.2	48,6±1.1
Частота сердечных сокращений (ЧСС), мин	120.4±1.1	126,2±1.4
Температура тела, Т°С	39,8 ±0,7	40,1±0,6

Анализ физиологического состояния бычков в период 24-часовой предубойной выдержки показал, что условия размещения оказали заметное влияние на поведение и клинические показатели животных.

Размещение бычков группами по 10 голов в загоне размером 4х4 метра создавало высокую плотность посадки – всего 1,6 кв. м площади на одно животное. Такой дефицит пространства привел к выраженному изменению поведения скота в оба периода исследований. Животные вели себя беспокойно и возбужденно, часто меняли положение тела и конфликтовали за место в загоне, из-за чего их равномерное распределение по площади отсутствовало. При этом двигательная активность в осенне-зимний период была несколько выше и составила 4,2 балла, тогда как в зимне-весенний период она снизилась до 3,8 баллов.

Технологическая скученность в сочетании с погодными условиями вызвала напряжение в работе дыхательной и сердечно-сосудистой систем бычков, что наиболее ярко проявилось в зимне-весенний период. Частота дыхательных движений (ЧДД) у животных весной достоверно выросла до $48,6 \pm 1,1$ в минуту, что значительно выше показателей осенне-зимнего периода ($40,1 \pm 0,2$ в минуту).

Аналогичная тенденция обнаружена и при анализе пульса. Частота сердечных сокращений (ЧСС) в зимне-весенний период достоверно увеличилась до $126,2 \pm 1,4$ ударов в минуту против $120,4 \pm 1,1$ ударов в минуту в осенне-зимний период.

Несмотря на то, что абсолютные значения ЧДД и ЧСС оставались в пределах физиологической нормы для здорового КРС, их достоверный рост свидетельствует о повышенной стрессовой нагрузке на организм в зимне-весеннее время. В переходный период из-за повышенной влажности воздуха и перепадов температур бычки острее реагируют на тесноту, затрачивая больше внутренних ресурсов на адаптацию перед убоем.

Следующим технологическим этапом является процесс убоя. Убойный пункт Терра расположен на территории комплекса ТОО «Терра». Данный пункт состоит из зоны убойного цеха, цеха переработки и разделки, упаковочного участка и холодильных камер.

Физиологические состояния отражает интенсивность метаболических процессов в ответ на данные реакции у животных всех трех групп, которые представлены в Таблице 3.

Таблица 3. – Влияние процесса убоя на состояние животных в условиях убойного пункта ТОО «Терра»

Показатель	Результаты исследований, кол-во голов (n=75)
Физиологический статус	Острая стрессовая реакция: выраженная тахикардия, гипертермия
Частота сердечных сокращений (ЧСС), мин	141±0,9
Температура тела, Т°С	41,1±0,3
Реакция на шум	Повышенная пугливость, судорожные вздрагивания, острая оборонительная реакция, паника, активные попытки к бегству, интенсивное мычание.
Поведение в станке	Хаотичные движения, сильный тремор конечностей, частые падения и отказ двигаться вперед из-за мышечного утомления.
Качество фиксации	Хорошее (полное). Фиксация достигается быстро из-за слабой сопротивляемости животных.
Травматизм	Минимальный. Кол-во животных- 2, были поверхностные гематомы в точках соприкосновения с прижимами из-за активного сопротивления крупных особей.
Риск потерь	Умеренный. Короткое время фиксации снижает риски ухудшения качества мяса, пороки DFD проявляются реже благодаря скорости убоя.

Убой животных всех трех опытных групп осуществлялся с использованием специализированного ротационного бокса для ритуального убоя (тип «Халяль»). Животные направлялись в ротационный бокс, где осуществлялась жесткая фиксация тела и головы для обеспечения безопасности персонала и соблюдения норм убоя, после чего станок поворачивают на 180 градусов, затем квалифицированный резник производит быстрый и глубокий поперечный разрез мягких тканей шеи, захватывая сонные артерии, яремные вены, трахею и пищевод.

Данный этап является критическим, так как ограничение свободы перемещения воспринимается животным как угроза.

Анализ поведенческих и технологических показателей животных на этапе их фиксации в ротационном боксе перед убоем свидетельствует о развитии у них выраженного предсмертного стресс-синдрома.

Оценка физиологического статуса животных выявила острую стрессовую реакцию, которая клинически проявлялась в виде выраженной тахикардии (ЧСС-141±0,9 мин) и гипертермии (41,1±0,3°С).

Среди убойных животных отмечались повышенная пугливость, судорожные вздрагивания, панические состояния и интенсивное мычание. Животные проявляли острую оборонительную реакцию и совершали активные попытки к бегству.

При загоне в фиксационный станок поведение животных становилось хаотичным, отмечался сильный тремор конечностей. Ситуация усугублялась тем, что животные отчетливо чувствовали запах крови от предыдущих технологических операций, что провоцировало у них острую оборонительную реакцию. Из-за нарастающего мышечного утомления животные часто падали и полностью отказывались продвигаться вперед по убойному каналу.

Несмотря на высокое психоэмоциональное напряжение, качество фиксации в ротационном боксе оценивалось как удовлетворительное. Технологическое ограничение подвижности достигалось быстро, что объясняется общим физическим истощением и слабой сопротивляемостью утомленных животных на заключительном этапе.

После разреза животное остается в боксе до полной остановки сердечной деятельности. Боковая часть ротационного бокса открывается и животное падает на решетчатую часть до полного обескровливания туши.

Благодаря скорости проведения манипуляций, уровень прижизненного травматизма удалось сохранить на минимальном уровне (n=2).

В связи с высокой скоростью убойной операции и коротким временем нахождения бычков в фиксированном состоянии, риск технологических потерь оценивается как умеренный.

С целью оценки глубины стрессового воздействия были оценены биохимические показатели крови и гуморальных факторов стресса.

Результаты представлены в Таблице 4.

Таблица 4. – Результаты биохимического анализа крови убойных животных

Показатель	Единицы	Контрольная группа (n=25)	Группа I (n=25)	Группа II (n=25)	Группа III (n=25)
Глюкоза	ммоль/л	2,2 – 3,9	3,025 ± 0,09	2,71 ± 0,07	3,42 ± 0,13

Продолжение таблицы 4

Мочевина	мг/дл	8-25	13,2 ± 0,11	19,2 ± 0,02	14,8 ± 0,09
Лейкоциты	*10 ⁹ /л	4,0 – 10,0 × 10 ⁹ /л	10,43 ± 0,23	9,60 ± 0,19	11,70 ± 0,27
Креатинин	мг/дл	1,0-2,0	1,01 ± 0,01	1,06 ± 0,03	1,12 ± 0,02
Кортизол	нмоль/л	15,0–85,0	141,43 ± 2,80	118,80 ± 2,30	180,70 ± 3,59
ЛДГ	Ед/л	300–800	681,35 ± 9,86	632,75 ± 8,66	736,85 ± 13,99
КФК	Ед/л	50–350	436,16 ± 9,21	367,49 ± 7,47	539,39 ± 10,98

По результатам таблицы 4 уровень глюкозы во всех группах (от 2,71 до 3,42 ммоль/л) находится в пределах нормы (2,2–3,9 ммоль/л). Наиболее высокие значения наблюдаются в III группе, что может указывать на активацию энергетических ресурсов. Значение мочевины во всех экспериментальных группах соответствует показателям контрольной группы (8–25 мг/дл), в пределах от 13,2 до 19,2 мг/дл. Наблюдается тенденция к лейкоцитозу (превышение нормы 4,0–10,0 × 10⁹/л) во всех группах, особенно в III (11,70 × 10⁹/л), что может отражать реакцию организма на стрессовые факторы. Показатель креатинина находится в диапазоне от 1,01 до 1,12 мг/дл. Значительное превышение показателей значений кортизола, ЛДГ и КФК во всех группах является классическим примером острого предубойного стресса и повышенной мышечной активности. Максимальные значения зафиксированы в III группе, что говорит о наиболее выраженном стрессовом ответе именно у этих животных.

Для объективного подтверждения утверждения о формировании технологического порока DFD под влиянием предубойного стресса была изучена концентрация водородных ионов (pH) в мышечной ткани подопытных животных в процессе автолиза.

Результаты представлены в Таблице 5.

Таблица 5. – Динамика pH мышечной ткани убойных животных в зависимости от интенсивности предубойного стресса

Показатель	Контрольная группа (n=25)	Группа I (n=25)	Группа II (n=25)	Группа III (n=25)
pH через 1 ч после убоя	6,15 ± 0,05	6,22 ± 0,04	6,18 ± 0,06	6,45 ± 0,05
pH через 24 ч после убоя	5,55 ± 0,03	5,72 ± 0,04	5,61 ± 0,05	6,32 ± 0,06
Выявляемость дефекта DFD, %	0	4,0 (1 гол.)	0	24,0 (6 гол.)

По результатам таблицы 5 pH показал, что у бычков контрольной группы и II группы послеубойный автолиз протекал в пределах физиологической нормы: к 24 часам произошло созревание мяса и уровень pH снизился до 5,55±0,03 и 5,61±0,05 соответственно.

В то же время у животных III группы, испытавших максимальный уровень психоэмоционального и мышечного напряжения при предубойной фиксации (что подтверждается пиковыми значениями кортизола – 180,70±3,59 нмоль/л, ЛДГ и КФК), снижение pH было заблокировано. Из-за прижизненного истощения запасов гликогена конечный уровень pH через 24 часа зафиксирован на аномально высокой отметке – 6,32±0,06, что превышает показатели других групп. В соответствии с критериями ветеринарно-санитарной экспертизы, данное состояние мышечной ткани характеризует необратимый порок качества DFD, который был определен у 24,0% туш данной группы.

Заключение. Проведенные исследования показывают, что технология содержания крупного рогатого скота мясного направления в условиях замкнутого цикла обеспечивает благополучие животных, однако процесс предубойной выдержки и фиксации является критическим стресс-фактором. Установлена сезонная зависимость продуктивности и метаболической активности: в зимне-весенний период при снижении затрат энергии на терморегуляцию наблюдалось повышение среднесуточных приростов живой массы (до 1100–1200 г/сут).

Установлено, что критическим моментом, нарушающим благополучие животных, является высокая плотность размещения в период предубойной выдержки (1,6 м²/гол). Дефицит пространства провоцирует беспокойство, конфликтное поведение и физическое напряжение, что подтверждается достоверным ростом частоты сердечных сокращений и дыхательных движений, особенно в зимне-весенний период. Данный этап является первичным звеном формирования стрессовой нагрузки перед убоем.

Анализ показателей крови на этапе фиксации и обескровливания выявил развитие острого предсмертного стресс-синдрома у всех подопытных животных. Зафиксирована значительное повышение

кортизола (до $180,70 \pm 3,59$ нмоль/л), свидетельствующая о выраженном психоэмоциональном шоке. Достоверное превышение физиологических норм активности ферментов ЛДГ и КФК подтверждает повреждение мышечных волокон и их мембран вследствие интенсивной борьбы и силового сопротивления животных при фиксации в ротационном боксе.

Реализованная модель замкнутого цикла производства позволяет достичь высоких показателей выращивания, однако требует оптимизации этапа предубойной подготовки. Последовательность метаболических ответов (где III группа стабильно демонстрирует наивысший уровень стресса) указывает на необходимость увеличения площади загонов и сокращения времени принудительной фиксации. Минимизация данных факторов позволит предотвратить негативные сдвиги в биохимическом статусе бычков и обеспечит получение мясного сырья высокого качества, исключая проявление пороков DFD.

Информация о финансировании. Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP26101229 – "Обеспечение благополучия животных, безопасности и качества мясных туш, за счет повышения эффективности процесса первичной переработки убойных животных").

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Протоколы лабораторных исследований сыворотки крови убойных животных методом ЭХЛ № Корт-04/26 от 28.04.2026 г.** [Текст] // ИП «Смолин И.В.» – Костанай.
2. **Научно-производственные отчеты по биохимическому и гормональному мониторингу КРС от 05.12.2025 г., 11.12.2025 г., 12.12.2025 г.** [Текст] // НАО «КРУ им. А. Байтұрсынұлы» – Костанай.
3. **Карташов, Н. И., Петров, В. А. Патофизиология стресса у продуктивных животных при транспортировке и убойе** [Текст] / Карташов Н. И., Петров В. А. // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 4. – С. 18–22.
4. **Grandin, T. Effect of animal welfare on meat quality** [Текст] / T. Grandin // Meat Science. – 2020. – Vol. 165. – P. 108–115.
5. **Carrasco-García, A. A., Pardio-Sedas, V. T., León-Banda, G. G., Ahuja-Aguirre, C., Paredes-Ramos, P., Hernández-Cruz, B. C., & Vega Murillo, V. Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle** [Текст] / A. A. Carrasco-García et al. // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2020. – 33(10). – P. 1656–1665. – DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0804>.
6. **Terlouw, E. M. C., Picard, B., Deiss, V., Berri, C., Hocquette, J.-F., Lebret, B., Lefèvre, F., Hamill, R., & Gagaoua, M. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: Stress at slaughter and other missing keys.** [Текст] / E. M. Terlouw et al. // *Foods*. – 2021. – 10. – P. 84.
7. **Бусловская, Л.К., Ковтуненко, А.Ю., Рыжкова, Ю.П. Адаптационные реакции у коров при технологических операциях** [Текст] / Бусловская Л.К., Ковтуненко А.Ю., Рыжкова Ю.П. // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2019. – № 2 (12). – С. 3-9.
8. **Дерюгина, А.В., Иващенко, М.Н., Игнатьев, П.С. и др. Морфофункциональные показатели эритроцитов крупного рогатого скота при стрессе и его коррекции низкоинтенсивным лазерным излучением** [Текст] / Дерюгина А.В., Иващенко М.Н., Игнатьев П.С. [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 1. – С. 67-71.
9. **Muchenje, V., Dzama, K., Edward Webb, E. C., & Strydom, P. E. Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three steer breeds** [Текст] / V. Muchenje et al. // *Meat Science*. – 2009. – 81(4). – P. 653-657.
10. **Bourguet, C., Deiss, V., Tannugi, C. C., & Terlouw, E. M. C. Behavioural and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: relationships with meat quality traits** [Текст] / C. Bourguet et al. // *Meat Science*. – 2011. – 88(3). – P. 558-565.
11. **Ferguson, D. M., & Warner, R. D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants** [Текст] / D. M. Ferguson et al. // *Meat Science*. – 2008. – 80(1). – P. 12-19.
12. **Pighin, D. G., Pazos, A., Chamorro, V., et al. Impact of pre-slaughter handling on objective indicators of stress and meat quality in cattle** [Текст] / D. G. Pighin et al. // *Meat Science*. – 2013. – 95(2). – P. 223-228.
13. **Gagaoua, M., Picard, B., Soulat, J., & Monteils, V. Biomarkers of beef meat quality: A focus on tenderness, color, and water-holding capacity** [Текст] / M. Gagaoua et al. // *Meat Science*. – 2015. – 109. – P.107-118.

REFERENCES:

1. **Protokoly' laboratorny'h issledovaniy sy'vorotki krovi ubojny'h zhivotny'h metodom EHL No. Kort-04/26 ot 28.04.2026 g.** [Laboratory protocols of blood serum examination of slaughtered animals by ECL method]. 2026, IP «Smolin I.V.», Kostanay. (In Russian)
2. **Nauchno-proizvodstvenny'e otchety' po biohimicheskomu i gormonal'nomu monitoringu KRS ot 05.12.2025 g., 11.12.2025 g., 12.12.2025 g.** [Scientific and production reports on biochemical and hormonal

monitoring of cattle dated 05.12.2025, 11.12.2025, 12.12.2025]. 2025, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay. (In Russian)

3. Kartashov N.I., Petrov V.A. Patofiziologiya stressa u produktivny'h zhivotny'h pri transportirovke i uboe [Pathophysiology of stress in productive animals during transport and slaughter]. *Veterinariya i kormlenie*, 2023, (4), pp. 18-22 (In Russian)

4. Grandin T. Effect of animal welfare on meat quality. *Meat Science*, 2020, vol. 165, pp. 108-115.

5. Carrasco-García A.A., Pardio-Sedas V.T., León-Banda G.G., et al. Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2020, 33(10), pp. 1656-1665.

6. Terlouw E.M.C., Picard B., Deiss V., et al. Understanding the determination of meat quality using biochemical characteristics of the muscle: Stress at slaughter and other missing keys. *Foods*, 2021, vol. 10, art. 84.

7. Buslovskaya L.K., Kovtunenkov A.Yu., Ryzhkova Yu.P. Adaptatsionny'e reakcii u korov pri tehnologicheskikh operatsiyah [Adaptation reactions in cows during technological operations]. *Aktualnye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii*, 2019, (2), pp. 3-9 (In Russian)

8. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignatyev P.S., et al. Morfofunktsional'ny'e pokazateli e'ritrotsitov krupnogo rogatogo skota pri stresse i ego korrektsii nizkointensivny'm lazerny'm izlucheniem [Morphofunctional indicators of cattle erythrocytes under stress and its correction by low-intensity laser radiation]. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2021, (1), pp. 67-71 (In Russian).

9. Muchenje V., Dzama K., Edward Webb E.C., Strydom P.E. Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three steer breeds. *Meat Science*, 2009, 81(4), pp. 653-657.

10. Bourguet C., Deiss V., Tannugi C., Terlouw E.M.C. Behavioural and physiological reactions of cattle in a commercial abattoir: Relationships with meat quality traits. *Meat Science*, 2011, 88(3), pp. 558-565.

11. Ferguson D. M., Warner R.D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants. *Meat Science*, 2008, 80(1), pp. 12-19.

12. Pighin D.G., Pazos A., Chamorro V., et al. Impact of pre-slaughter handling on objective indicators of stress and meat quality in cattle. *Meat Science*, 2013, 95(2), pp. 223-228.

13. Gagaoua M., Picard B., Soulat J., Monteils V. Biomarkers of beef meat quality: A focus on tenderness, color, and water-holding capacity. *Meat Science*, 2015, 109, pp. 107-118.

Дата поступления: 19 июня 2026 г. Принято: 11 августа 2026 г.

Опубликовано: 30 сентября 2026 г.

Информация об авторах:

Елеусизова Анара Тулегеновна* – PhD, ассоциированный профессор кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Маяковского, 99/1, корпус 4, тел.: 87142537876, e-mail: yeleusizova_a@inbox.ru.

Батырбеков Асылбек Нурлыбекович – кандидат ветеринарных наук, заместитель декана по учебной работе, факультет сельскохозяйственных наук, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Маяковского, 99/1, корпус 4, тел.: 87057125099, e-mail: asylbek555@mail.ru.

Тыштыкбаева Сания Бикмановна – магистр ветеринарных наук, ст. преподаватель кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Маяковского, 99/1, корпус 4, тел.: 87029308194, e-mail: saniya_yz@mail.ru.

Кауменов Нурлан Сарсенбаевич – кандидат ветеринарных наук ассоциированный профессор кафедры ветеринарной санитарии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, у г. Костанай, ул. Маяковского, 99/1, корпус 4, тел.: 87768284747, e-mail: nurlan77783@mail.ru.

Елеусизова Анара Тулегеновна* – PhD, ветеринариялық санитария кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы., 110000, Қостанай қ., Маяковский көш, 99/1, 4 ғимарат, тел.: 87142537876, e-mail: yeleusizova_a@inbox.ru.

Батырбеков Асылбек Нурлыбекович – ветеринария ғылымдарының кандидаты, Ауыл шаруашылығы ғылымдары факультеті деканының оқу ісі жөніндегі орынбасары, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы 110000, Қостанай қ., Маяковский көш, 99/1, 4 ғимарат, тел.: 87057125099, e-mail: asylbek555@mail.ru.

Тыштыкбаева Сания Бикмановна – ветеринария ғылымдарының магистрі, ветеринариялық санитария кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік

университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы 110000, Қостанай қ., Маяковский көш, 99/1, 4 ғимарат, тел.: 87778987161, e-mail: saniya_yz@mail.ru.

Кауменов Нұрлан Сәрсенбайұлы – ветеринария ғылымдарының кандидаты, ветеринариялық санитария кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Маяковский көшесі, 99/1, 4 ғимарат, тел.: 87768284747, e-mail: nurlan77783@mail.ru.

Yeleussizova Anara Tulegenovna* – PhD, Associate Professor, Department of veterinary sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy, bld. 4, tel.: 87142537876, e-mail: yeleusizova_a@inbox.ru.

Batyrbekov Assylbek Nurlybekovich – Candidate of Veterinary Sciences, Deputy Dean for Academic Affairs, Faculty of agricultural sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan. 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy, bld. 4, tel.: 87057125099, e-mail: asylbek555@mail.ru.

Tyshtykbayeva Saniya Bikmanovna – Master of Veterinary Sciences, Senior Lecturer, Department of veterinary sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy, bld. 4, tel.: 87778987161, e-mail: saniya_yz@mail.ru.

Kaumenov Nurlan Sarsenbaevich – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of veterinary sanitation, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy, bld. 4, tel.: 87768284747, e-mail: nurlan77783@mail.ru.

МРНТИ 68.41.49

УДК 618.19-002:575.22:636.234.1

<https://doi.org/10.52269/SEPT2631068>

СОДЕРЖАНИЕ СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК В МОЛОКЕ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ И ЕГО СВЯЗЬ С ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИЕЙ

Нурпеисова Р.К.* – магистр ветеринарных наук, докторант, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», г. Алматы, Республика Казахстан.

Қанатов Б. – кандидат ветеринарных наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Алматы, Республика Казахстан.

Ниязбекова Ж.Н. – PhD доктор, профессор кафедры биологической безопасности, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», г. Алматы, Республика Казахстан.

Усенбеков Е.С. – кандидат биологических наук, профессор кафедры клинических дисциплин, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», г. Алматы, Республика Казахстан.

В работе изучено содержание соматических клеток (SCC) в молоке коров голштинской породы и оценена его связь с воспроизводительной способностью животных. Актуальность исследования обусловлена тем, что повышенный уровень соматических клеток является важным индикатором состояния молочной железы, риска субклинического мастита, снижения качества молока и возможного ухудшения репродуктивной функции коров. Исследование проведено на базе молочного комплекса ТОО «Байсерке-Агро» Алматинской области с использованием данных контрольной дойки 515 коров и журнала учёта отёлов. Содержание соматических клеток в молоке определяли с помощью анализатора Fossomatic FC; результаты выражали в тыс. клеток/мл молока. Животных распределяли по категориям SCC и возрастным группам, после чего оценивали распространённость повышенного содержания соматических клеток, возрастные особенности показателя и его связь с воспроизводительными параметрами. Установлено, что у 67,6% животных уровень SCC превышал 150 тыс./мл, а у 23,7% коров значения были выше 1000 тыс./мл. С увеличением возраста отмечалось повышение доли животных с высоким SCC; корреляция между возрастом и содержанием соматических клеток составила $r \approx 0,42$. По данным журнала учёта отёлов было рассчитано 705 межотельных интервалов; средняя продолжительность составила 461,8 дня, медиана – 419 дней. Повышенный SCC ассоциировался с ухудшением воспроизводительных показателей, включая удлинение межотельного интервала и сервис-периода. Таким образом, у исследуемых коров наблюдается тенденция увеличения цифрового значения индекса осеменения коров с увеличением количества соматических клеток в молоке, что является нежелательным явлением для молочных ферм. Полученные результаты подтверждают практическую значимость регулярного мониторинга SCC для раннего выявления животных группы риска, профилактики мастита и повышения эффективности воспроизводства молочного стада.

Ключевые слова: соматические клетки, SCC, молоко коров, субклинический мастит, репродуктивная функция, сервис-период, межотельный интервал.