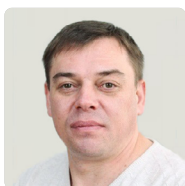


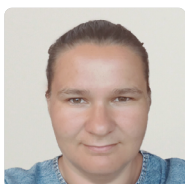
СОСТОЯНИЕ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА

© Третьяков Е.А., Коломиец С.А.



Евгений Александрович Третьяков

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация
e-mail: evgen-tretyakov@yandex.ru
ORCID: [0000-0003-0368-659X](https://orcid.org/0000-0003-0368-659X)



Светлана Анатольевна Коломиец

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация
e-mail: lady.lana-2014@yandex.ru

Современное молочное животноводство базируется на использовании высокопродуктивных генотипов, способных к реализации удоев на уровне 8–10 тыс. кг молока за лактацию. Однако столь высокая молочная продуктивность сопряжена с риском глубоких метаболических сдвигов, особенно в переходные и критические периоды годового цикла. Чернопестрая порода традиционно демонстрирует высокие адаптационные способности, тем не менее сезонные изменения состава кормов и физиологического статуса животных нередко приводят к дисбалансу обменных процессов. Это проявляется в снижении содержания белка и глюкозы, а также накоплении промежуточных продуктов метаболизма. Анализ полученных результатов показал наличие сезонной динамики биохимических показателей крови у исследуемых коров в условиях технологического стресса. Наиболее напряженным периодом метаболизма выявлен разгар лактации (100–200 дней), являющийся пиком нарушений (зимняя гепатопатия, критическая гиперуремия, осенний кетоз). В сухостойный период наблюдается наиболее критическое состояние иммунитета, а у коров в разгаре лактации – наиболее выраженная печеночная дисфункция. Для всех периодов весна характеризуется пиком липолиза и гиперуремии, осень – пиком кетогенеза (кроме раздоя) и дефицитом аминокислот азота, зима – печеночной дисфункцией и иммунодефицитом. Во все периоды и сезоны хронической патологией обменных процессов установлено тотальное снижение $\alpha 2$ -глобулинов как маркер длительной гепатоцеллюлярной дисфункции высокопродуктивных коров.

Обмен веществ, сезон, крупный рогатый скот, кровь, биохимический анализ.

Введение

На данный момент первостепенной задачей животноводства и ветеринарии является создание стабильного, высокопродуктивного стада. На современном этапе развития технологий, способствующих интенсификации процесса производства продукции животноводства, возрастает роль обеспечения животных полноценным питанием и создания комфортных условий для их содержания (Абрамова и др., 2019). Это позволит получить высококачественную продукцию и обеспечить ее надлежащее качество. У животных, которые используются в технологических целях, существует угроза подвергнуться негативному воздействию множества факторов, вызывающих стресс, который является физиологической ответной реакцией организма на воздействие из внешней среды и неблагоприятно сказывается на качестве производимой продукции (Иль, Заболотных, 2019; Третьяков, 2024).

Высокая молочная продуктивность оказывает значительную нагрузку на организм животного, что нередко становится причиной нарушения обмена веществ и появления заболеваний, вызванных процессами преобразования большого количества энергии и питательных веществ из корма в молоко. Важную роль в скорости протекания метаболических процессов играют факторы воздействия внешних условий, в особенности их комплексное воздействие на организм (Васильева, Конопатов, 2017; Закрепина и др., 2018; Фомина и др., 2017; Третьяков и др., 2025).

Таким образом, жизнедеятельность организма животных, наряду с большим значением полноценного и сбалансированного кормления, во многом определяется состоянием внешней среды. В молочном животноводстве наиболее ярко выражена сезонная цикличность. Осенний и зимний периоды считаются самыми

кризисными в жизни коровы. В этот период от животного требуются значительные физиологические и поведенческие перестройки, обусловленные влиянием целого комплекса внешних факторов, таких как снижение температуры окружающей среды, влажность, сокращение длины светового дня, перепады атмосферного давления, изменение скорости движения воздуха и др. Высокоудойные коровы реагируют на изменение условий окружающей среды нарушением обменных процессов и снижением продуктивности (Шутова и др., 2020; Корельская и др., 2022).

С целью бесперебойного обеспечения населения продуктами питания, а промышленности сырьем необходимо не только наращивание темпов производства сельскохозяйственных продуктов, но и преодоление сезонности производства. Влияние внешней среды на продуктивность и здоровье коров – это сложная, многогранная проблема, решение которой требует комплексного подхода. Изучение всех аспектов этого воздействия, от климатических условий до особенностей кормления и содержания, является ключом к повышению эффективности животноводческих предприятий. Только детальный анализ позволяет определить степень функционального состояния коров и разработать меры по оптимизации их жизни (Гусаров и др., 2024; Гусаров и др., 2025).

В связи с вышеизложенным исследование состояния обмена веществ у высокопродуктивных коров черно-пестрой породы в сезонном аспекте представляется актуальной научно-практической задачей. Ее решение позволит не только выявить критические периоды в годовом цикле жизнедеятельности животных, но и разработать эффективные методы коррекции обменных процессов, направленные на повышение эффективности молочного животноводства.

Цель исследования заключалась в анализе сезонных колебаний показателей белкового и углеводного обмена дойных и сухостойных коров в условиях Северо-Западного региона России.

Материал и методы исследований

Исследовательские работы осуществлялись на основе агропромышленного предприятия по разведению крупного рогатого скота в Вологодской области с использованием метода привязного содержания коров с доением в молокопровод. Объектом исследований служили коровы черно-пестрой породы. Для биотестирования отбирали клинически здоровых животных с учетом периода лактации, продуктивности и физиологических особенностей по принципу рандомизации (случайности) с дальнейшим контролем средних показателей. Для проведения анализа кровь отбирали из хвостовой вены утром до кормления животных. Условия содержания и кормления адаптированы с учетом породных особенностей животных и способствуют достижению максимальных показателей продуктивности. В рамках эксперимента коровы обеспечены стандартными рационами согласно техническому регламенту агропромышленного предприятия.

Анализ биохимических параметров в плазме и сыворотке крови осуществляли согласно общепринятым методикам на базе лаборатории физиологии и биохимии животных Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства им. А.С. Емельянова – обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН с использованием оборудования ЦКП «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» ФГБУН ВолНЦ РАН в рамках государственного задания № FMGZ-2025-0016.

В ходе эксперимента были определены средние значения биохимических пока-

зателей энергетического и белкового обмена в разные сезоны года. Энергетический обмен оценивался по концентрации пировиноградной кислоты, кетоновых тел, глюкозы и НЭЖК (неэстерифицированные жирные кислоты), белкового обмена по уровню содержания в сыворотке общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины, аминного азота, активности ферментов переаминирования аминокислот: аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы (АЛТ, АСТ).

Для обработки статистических данных использовались компьютерные программы Microsoft Office.

Результаты исследований

Приоритетная задача современного животноводства состоит в создании высокопродуктивного, устойчивого стада со стабильным уровнем протекания обменных процессов. Стремление увеличить молочную продуктивность влечет за собой интенсификацию всех обменных процессов, поэтому следует учитывать, контролировать и устранять возможные факторы, которые могут влиять на скорость метаболизма высокопродуктивных коров. В ходе исследования уровня обменных процессов у животных в зависимости от периода лактации было выявлено, что основные показатели сыворотки крови, связанные с углеводным и белковым обменами, демонстрируют отклонения в зависимости от сезонных изменений. Результаты исследований, характеризующие сезонную динамику показателей крови у коров в первые 100 дней лактации, представлены в *табл. 1*.

Согласно данным табл. 1, наблюдается сезонное проявление патологофизиологических изменений: весенний синдром мобилизации (активный липолиз, гиперуремия, иммунодефицит и компенсированный энергообмен), летний синдром иммуносупрессии (умеренный дефицит

Таблица 1. Сезонные изменения биохимических показателей крови коров в первые 100 дней лактации

Показатель	Норма	Сезон года			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Поголовье, голов	–	284	279	252	301
Глюкоза, мг%	40–50	48,60±0,49	37,92±2,4	32,15±0,45	40,97±0,48
НЭЖК, мг-экв/мл	0,3–0,6	0,88±0,6	0,51±0,39	0,46±0,52	0,51±0,06
Кетоновые тела, мг%	9,0–13,0	5,63±0,22	8,25±0,83	11,94±0,38	13,00±0,73
ПВК, мг%	0,7–0,9	0,75±0,14	0,99±0,05	0,85±0,12	1,01±0,09
Белок общий, г%	8,0–9,0	7,83±0,31	7,88±0,29	8,79±0,02	8,00±0,25
Альбумины, г%	3,0–4,0	3,56±0,11	3,47±0,31	3,70±0,21	3,69±0,21
α1-глобулин, г%	0,6–1,0	0,73±0,04	0,42±0,13	0,55±0,24	0,61±0,14
α2-глобулин, г%	0,9–1,2	0,77±0,12	0,68±0,12	0,73±0,28	0,79±0,19
β-глобулин, г%	0,8–1,2	0,83±0,12	0,83±0,07	0,76±0,25	0,86±0,21
γ-глобулин, г%	2,2–2,8	1,96±0,34	2,48±0,18	3,06±0,18	2,04±0,17
Мочевина, мг%	22–29	42,40±0,28	28,53±1,59	22,55±1,53	38,57±0,74
АЛат, ед/мл*ч	14–29	15,45±0,13	23,43±0,55	20,15±1,23	21,80±2,71
АСат, ед/мл*ч	23–45	32,15±1,13	26,77±0,32	31,50±0,23	30,83±0,56
Азот аминный, мг%	2,2–4,6	3,82±0,09	3,59±0,14	2,34±0,24	3,87±0,16

Источник: результаты исследований авторов.

энергии, минимальные α-глобулины, стабилизация белкового обмена), осенний синдром истощения (глубокая гипогликемия, дефицит аминного азота, иммунная активация), зимний предкетозный синдром (кетоновые тела на верхней границе, вторичная гиперуремия, иммунодефицит и риск субклинического кетоза).

Оценка углеводно-энергетического обмена позволяет констатировать, что весна – пик мобилизации жировых резервов, так как наблюдается активный липолиз, характерный для раннего послеродового периода, уровень глюкозы в норме, а кетоз подавлен, что может говорить о высоком качестве кормов в рационе с достаточным включением глюкопластических предшественников и активной адаптации к лактации. К осени мобилизационный потенциал жировых депо истощается (НЭЖК снижаются до 0,46, кетоновые тела приближаются к верхней границе нормы), организм не может компенсировать недостаток энергии за счет липолиза, что приводит к глубокой гипогликемии (дефицит глюкозы 36%), что говорит о

декомпенсации энергетического обмена. Зимой организм пытается стабилизировать энергетический гомеостаз, однако уровень кетоновых тел на верхней границе указывает на субклинический кетоз у части животных (глюкоза возвращается к нижней границе нормы, кетоновые тела достигают максимума, НЭЖК в пределах референса).

В первые 100 дней лактации весной и летом наблюдается снижение общего белка (на 2–5% ниже нормы) при нормальном уровне альбуминов, что указывает на возможную гемодилюцию и высокий расход белка на синтез молока. К осени белковый профиль нормализуется. Стойкое снижение α-глобулинов (белки острой фазы) в течение всего года, особенно летом и осенью, свидетельствует о хронической иммуносупрессии на фоне лактационной нагрузки, снижении синтетической функции печени и истощении адаптационных резервов уже в начале лактации. Весной и зимой наблюдается иммунодефицит, а осенью иммунная система активизируется (γ-глобулины 3,06 г% при норме 2,2–2,8),

Таблица 2. Сезонные изменения биохимических показателей крови коров в период 100–200 дней лактации

Показатель	Норма	Сезон года			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Поголовье, голов	–	266	282	274	290
Глюкоза, мг%	40–50	54,9±0,59	35,0±2,25	33,7±0,18	38,7±0,83
НЭЖК, мг-экв/мл	0,3–0,6	0,46±0,38	0,36±0,37	0,20±0,06	0,72±0,29
Кетоновые тела, мг%	9,0–13,0	4,88±0,22	5,75±0,74	13,38±0,34	10,88±0,05
ПВК, мг%	0,7–0,9	0,71±0,10	1,02±0,04	0,94±0,07	0,87±0,15
Белок общий, г%	8,0–9,0	9,11±0,21	8,44±0,14	8,07±0,19	8,44±0,26
Альбумины, г%	3,0–4,0	3,52±0,19	3,80±0,04	3,54±0,13	3,89±0,07
α1-глобулин, г%	0,6–1,0	0,94±0,10	0,58±0,01	0,56±0,01	0,67±0,06
α2-глобулин, г%	0,9–1,2	1,01±0,04	0,78±0,08	0,62±0,02	0,68±0,11
β-глобулин, г%	0,8–1,2	1,05±0,08	1,01±0,04	0,77±0,03	0,81±0,12
γ-глобулин, г%	2,2–2,8	2,60±0,31	2,28±0,15	2,59±0,15	2,40±0,51
Мочевина, мг%	22–29	32,4±0,50	26,3±1,73	31,5±0,29	44,17±0,86
АЛаТ, ед/мл*ч	14–29	18,2±0,70	20,6±0,90	22,6±0,48	11,90±0,85
АСаТ, ед/мл*ч	23–45	26,3±0,37	27,7±0,17	24,2±0,23	43,57±0,76
Азот аминный, мг%	2,2–4,6	4,30±0,14	3,91±0,12	1,89±0,19	4,57±0,13

Источник: результаты исследований авторов.

что может быть связано с компенсаторной реакцией на длительную иммуносупрессию, встречей организма с сезонными инфекционными агентами или воспалительными процессами в молочной железе (репродуктивных органах). В весенний сезон проявляется пиковое значение мочевины (+46–93% к норме) при нормальном уровне аминного азота, что указывает на высокое поступление протеина с кормами при дефиците легкодоступной энергии, и организм вынужденно дезаминирует аминокислоты для глюконеогенеза. Осенью наблюдается истощение пула свободных аминокислот (дефицит аминного азота 30%) на фоне энергодефицита и гипогликемии – организм экономит белковые ресурсы. В зимний период просматривается избыток протеина (вторичный подъем мочевины до +33–75% к норме, аминный азот в норме) при сохраняющемся недостатке энергии. Печень работает в режиме перегрузки.

Интерпретируя ферментную активность, отметим повышение коэффициента де Ритиса (АСТ/АЛТ) в весенний сезон, что при нормальных абсолютных значе-

ниях ферментов может указывать на начальные стадии жировой дистрофии печени, повышенную нагрузку на миокард или незначительные цитолитические процессы без массового некроза гепатоцитов. Летом – зимой ферментный профиль стабилизируется.

Результаты исследований, характеризующие сезонную динамику показателей крови у коров в период 100–200 дней лактации, представлены в *табл. 2*.

Данные *табл. 2* указывают на сезонность типов метаболизма: весной – анаболический (период восстановления), летом – компенсированный дефицит (риск снижения продуктивности), осенью – катаболический (проявления субклинического кетоза), зимой – декомпенсированный стресс (токсическая гепатодистрофия с риском патологий печени и сердца).

Анализ углеводно-энергетического обмена показывает, что весна – единственный сезон с гипергликемией (уровень глюкозы выше референса на 9–37%) при минимальной концентрации НЭЖК и кетонов. В летний период наблюдается начало энергодефицита (гипогликемия 35%) при

нормальном содержании НЭЖК и недостаточном количестве кетонов. Организм умеренно мобилизует резервы. Осень – критический период: формируется картина субклинического кетоза, вызванного дефицитом легкодоступной энергии (недостаток глюкозы 32%, уровень кетоновых тел повышен на 3%); организм находится в состоянии истощения мобилизационных резервов (НЭЖК 66% от нормы). В зимний период организм активно мобилизует жировые запасы (НЭЖК превышает референс на 20%), глюкоза ниже, а кетоны в верхней границе норматива.

Гиперпротеинемия весной может быть следствием сгущения крови или активного белкового синтеза на фоне обильного протеинового питания. Летом – зимой уровень общего белка находится в пределах нормативных значений. Анализ глобулиновых фракций показывает выраженное и устойчивое снижение α -глобулинов с лета по зиму и β -глобулинов осенью и зимой, что указывает на иммуносупрессию, связанную с длительным продукционным процессом, нарушение синтетической функции печени и истощение

адаптационных резервов. Хронического инфекционного процесса нет (γ -глобулины круглогодично в норме). В осенний период наблюдается катаболизм тканевых белков (дефицит аминного азота 59%), зимой – высокое поступление протеина с кормами при дефиците энергии и избыточный распад белков (мочевина выше референса на 52%), а также снижение детоксикационной функции печени (низкий уровень α -глобулинов).

При анализе ферментной активности в зимний период наблюдается ее диссоциация (АЛТ ниже нормы на 50–60%, АСТ выше на 30–40%), соотношение АСТ/АЛТ превышает 3,6 (норма 1,2–1,3). Такое сочетание служит маркером токсической дистрофии печени и повреждения миокарда. В сочетании с гиперуриемией, гипогликемией, высоким НЭЖК и снижением α -глобулинов формируется картина зимнего метаболического синдрома высокопродуктивных коров.

Результаты исследований, характеризующие сезонную динамику показателей крови у коров в период 200–300 дней лактации, представлены в *табл. 3*.

Таблица 3. Сезонные изменения биохимических показателей крови коров в период 200–300 дней лактации

Показатель	Норма	Сезон года			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Поголовье, голов	–	231	244	253	239
Глюкоза, мг%	40–50	51,43±0,3	31,03±0,23	33,36±0,69	38,40±1,04
НЭЖК, мг-экв/мл	0,3–0,6	0,78±0,60	0,43±0,41	0,50±0,45	0,52±0,39
Кетоновые тела, мг%	9,0–13,0	5,67±0,49	6,75±0,25	13,40±0,66	11,50±0,1
ПВК, мг%	0,7–0,9	0,81±0,19	0,99±0,02	0,88±0,08	0,98±0,04
Белок общий, г%	8,0–9,0	7,96±0,12	8,48±0,17	8,49±0,16	8,46±0,31
Альбумины, г%	3,0–4,0	3,54±0,19	3,87±0,18	3,68±0,19	4,02±0,25
α 1-глобулин, г%	0,6–1,0	0,72±0,08	0,49±0,07	0,65±0,15	0,60±0,12
α 2-глобулин, г%	0,9–1,2	0,83±0,04	0,81±0,06	0,81±0,20	0,80±0,15
β -глобулин, г%	0,8–1,2	0,88±0,09	0,86±0,01	0,82±0,09	0,85±0,16
γ -глобулин, г%	2,2–2,8	2,00±0,37	2,45±0,16	2,53±0,36	2,20±0,14
Мочевина, мг%	22–29	41,60±0,54	30,00±0,64	25,62±1,38	38,10±0,30
АЛаТ, ед/мл*ч	14–29	23,77±0,94	28,30±0,98	20,32±1,06	20,33±0,24
АСаТ, ед/мл*ч	23–45	29,90±0,41	27,30±0,06	31,52±0,86	36,67±1,13
Азот аминный, мг%	2,2–4,6	4,10±0,23	3,48±0,37	2,32±0,34	4,19±0,34

Источник: результаты исследований авторов.

Патофизиологический портрет позднего периода лактации также указывает на сезонность: в весенний период просматривается синдром запоздалой мобилизации организма (сохраняющийся липолиз, нормогликемия с тенденцией к гипергликемии, высокая протеиновая нагрузка, иммунодефицит), летом – синдром энергодефицита и иммуносупрессии (глубокая гипогликемия, минимальные α -глобулины, повышение АЛТ), в осенний сезон – кетогенный синдром (гипогликемия, пик кетоновых тел, дефицит аминного азота, стабильный иммунитет), зимой наблюдается гепатопатический синдром (умеренная гипогликемия, вторичная гиперуремия, повышение АСТ и коэффициента де Ритиса, пограничный иммунодефицит).

Оценка углеводно-энергетического обмена в данный период указывает на тотальный характер гипогликемии, за исключением весны. Летне-осенняя гипогликемия выступает характерной чертой позднего периода лактации, вероятными причинами которой являются снижение секреции молока и, вероятно, утилизации глюкозы молочной железой, восстановление запасов гликогена на фоне высокого качества кормов.

Паттерном энергетического обмена весной служит изолированный пик липолиза при нормальной/повышенной глюкозе и низких кетонах. Это указывает на полноценное окисление НЭЖК в цикле Кребса и достаточное снабжение оксалоацетатом. Организм эффективно использует жирные кислоты как источник энергии. Осенью наблюдается кетогенный сдвиг (глюкоза на минимуме, кетоновые тела на максимуме, НЭЖК в норме): резервы организма истощены, энергодефицит не компенсируется липолизом и организм переключается на кетогенез как альтернативный путь энергообеспечения. В зимний период наступает стабилизация – кетоны снижаются

до 11,5 мг%, глюкоза частично восстанавливается.

Повышение уровня пировиноградной кислоты летом и зимой указывает на интенсификацию углеводного обмена, что в сочетании с гипогликемией может свидетельствовать о высокой скорости утилизации глюкозы тканями и относительном дефиците коферментов для полного окисления ПВК в цикле Кребса.

Анализ белкового обмена на стадии затухания лактации и интенсивного развития плода указывает на весеннюю гипопроотеинемия как остаточное явление после пика продуцирования молока, возможно, связанное с высокой мобилизацией белка на синтез молока в предыдущие периоды, и зимнюю гиперальбуминемия, причинами которой могут быть дегидратация, усиление синтетической функции печени и подготовка организма к сухостю (анаболическая направленность).

В разрезе глобулиновых фракций во все сезоны наблюдается тотальный и устойчивый дефицит α_2 -глобулинов (снижение на 25–33% от нижней границы нормы), летний коллапс α_1 -глобулинов (дефицит достигает 30–51%) и зимне-весенний иммунодефицит (γ -глобулины на нижней границе и ниже референса). Отсутствие повышения α -глобулинов при наличии метаболических стрессов указывает на сниженную реактивность гепатоцитов, то есть печень не способна синтезировать белки острой фазы в ответ на стресс, что служит признаком хронической гепатопатии. Снижение иммунного статуса зимой и восстановление летом и осенью связано с качеством кормления и условиями содержания.

Весеннее и зимнее повышение уровня мочевины на 43–89% и 31–73% к норме при нормальном содержании аминного азота говорит о высоком поступлении протеина в организм при сохраняющемся относительном недостатке энергии. Происходит активное дезаминирование аминокислот

в печени. Осенью наблюдается истощение пула свободных аминокислот и организм находится в режиме жесткой экономии белковых ресурсов.

Интерпретация ферментной активности указывает на умеренную функциональную нагрузку на печень в летний период с преобладанием цитоплазматического фермента (АЛТ) над митохондриальным (АСТ), что служит признаком активных синтетических процессов. Зимой при нормальном АЛТ повышается выше референса на 20–59% АСТ и коэффициент де Ритиса на 12–50%, что может свидетельствовать о повреждении митохондриальных мембран гепатоцитов, возможной гипоксии печеночной ткани, начальной стадии жировой дистрофии печени и дополнительной нагрузке на миокард. Осенью и весной ситуация стабилизируется.

Результаты исследований, характеризующие сезонную динамику показателей крови у коров в период 200–300 дней лактации, представлены в *табл. 4*.

Сухостойный период с физиологической точки зрения является критическим, поскольку представляет собой фазу восста-

новления организма после завершения лактации, подготовки к отелу и инициации следующего лактационного цикла. Метаболический статус в данный период во многом определяет успешность последующего раздоя и здоровье новорожденного теленка.

Физиологическая норма гликемии сохраняется только весной, в остальные периоды, несмотря на отсутствие лактационной нагрузки, регистрируется выраженный дефицит глюкозы. Отсутствие молокообразования должно снижать утилизацию глюкозы и способствовать восстановлению ее уровня, однако данные свидетельствуют об обратном: в сухостойный период гипогликемия выражена сильнее, чем в некоторые фазы лактации. В числе вероятных причин этого парадокса могут быть низкое качество кормов (остаточное кормление после лактирующих коров), высокая потребность в глюкозе на рост плода или недостаточное развитие глюконеогенеза в условиях отсутствия лактационной стимуляции.

В весенний период констатируется остаточный липолиз (высокие НЭЖК, при

Таблица 4. Сезонные изменения биохимических показателей крови коров в сухостойный период

Показатель	Норма	Сезон года			
		Весна	Лето	Осень	Зима
Поголовье, голов	–	247	261	259	238
Глюкоза, мг%	40–50	48,57±1,34	33,28±0,74	38,23±0,47	34,50±0,25
НЭЖК, мг-экв/мл	0,3–0,6	0,74±0,35	0,58±0,12	0,55±0,29	0,56±0,21
Кетоновые тела, мг%	9,0–13,0	5,83±0,42	6,25±0,35	8,32±0,53	12,83±1,02
ПВК, мг%	0,7–0,9	0,73±0,07	1,02±0,08	0,90±0,07	0,88±0,09
Белок общий, г%	8,0–9,0	7,86±0,28	8,47±0,21	8,04±0,12	7,34±0,30
Альбумины, г%	3,0–4,0	3,05±0,02	3,67±0,15	3,55±0,10	3,55±0,19
α1-глобулин, г%	0,6–1,0	0,79±0,03	0,61±0,05	0,53±0,01	0,49±0,05
α2-глобулин, г%	0,9–1,2	0,86±0,18	0,75±0,09	0,71±0,11	0,68±0,09
β-глобулин, г%	0,8–1,2	0,88±0,18	0,84±0,08	0,80±0,06	0,75±0,01
γ-глобулин, г%	2,2–2,8	2,28±0,33	2,61±0,28	2,33±0,82	1,78±0,28
Мочевина, мг%	22–29	23,03±0,70	23,48±0,89	25,84±0,98	28,20±1,76
АЛаТ, ед/мл*ч	14–29	23,53±1,60	24,03±0,58	19,30±0,85	14,90±0,42
АСаТ, ед/мл*ч	23–45	31,30±0,87	26,65±0,30	28,56±0,22	30,53±1,62
Азот аминный, мг%	2,2–4,6	3,97±0,26	2,93±0,09	2,96±0,07	3,99±0,14

Источник: результаты исследований авторов.

низких кетонах и нормальной глюкозе), так как завершение лактации не приводит к мгновенному прекращению мобилизации жира. Организм продолжает использовать жировые депо, но эффективно окисляет НЭЖК без избыточного кетогенеза. Летом и осенью энергетический дефицит не компенсируется липолизом, жировые резервы либо истощены, либо их мобилизация заблокирована. Организм находится в состоянии гипоэнергетизма без включения кетогенных механизмов (гипогликемия 33–38%, гипокетонемия 6–8%, НЭЖК в норме). В зимний сезон на фоне недостатка энергии и высокой потребности плода в глюкозе активизируется кетогенез, результатом которого может стать субклинический кетоз сухостойных коров, который является существенным фактором риска для последующего отела и раннего периода лактации. Летний пик ПВК на фоне минимума глюкозы указывает на диссоциацию гликолиза и цикла Кребса. Пируват не утилизируется полностью, что может быть следствием дефицита коферментов (тиамин, липоевая кислота), сниженной активности пируватдегидрогеназного комплекса или относительной гипоксии тканей.

Анализ белкового обмена в зимний период показывает наличие гипопропротеинемии (общий белок ниже нормы); к весне проявляется рост, к лету стабилизация, а к зиме падение уровня белка, что на фоне нормальных альбуминов указывает на дефицит глобулиновых фракций. С весны по зиму наблюдается прогрессирующее сезонное снижение $\alpha 1$ -глобулинов, тотальный дефицит $\alpha 2$ -глобулинов (-24–43%) во все сезоны и зимний коллапс γ -глобулинов (дефицит 36%), что свидетельствует о снижении резистентности к инфекциям, угнетении острофазного ответа организма и дефиците транспортных белков: такая ситуация создает неблагоприятный фон для отела и новой лактации. Гипер-

уремия отсутствует, что говорит об адекватном соотношении энергии и протеина в рационах.

Ферментная активность крови в течение весенне-летне-осеннего периода указывает на компенсированную функцию печени (ферменты в пределах нормы, индекс де Ритиса в норме или слегка снижен), в то время как в зимний период просматривается высокая вероятность патологий печени и миокардиодистрофии.

Выводы

Результаты проведенного исследования позволяют констатировать существование зависимости состояния обмена веществ высокопродуктивных коров черно-пестрой породы от сезона.

Первые 100 дней лактации характеризуются сезонно-детерминированной смесью метаболических синдромов: весна – период максимальной мобилизации жировых резервов при сохранной энергетике и высокой протеиновой нагрузке; осень – наиболее уязвимый период с декомпенсированным энергодефицитом, истощением аминного пула и парадоксальной иммунной активацией; зимой проявляется предкетозное состояние с риском развития субклинических нарушений. Летний период умеренно благоприятный.

В разгар лактации (100–200 дней) результаты демонстрируют глубокую сезонную перестройку метаболизма, наиболее уязвимыми периодами являются осень (кетогенный сдвиг, белковый катаболизм) и зима (токсическая нагрузка на печень, дисферментемия). Выявленные нарушения носят метаболический и функциональный характер и поддаются коррекции через оптимизацию сезонных рационов. Система кормления должна быть дифференцирована не только по периодам лактации, но и по сезонам года с учетом выявленных критических точек обмена веществ.

Период затухания лактации представляет собой фазу метаболической инволюции, характеризующуюся затуханием энергетического дефицита, сохраняющимся кетогенным риском в осенний период, хронической печеночной дисфункцией, нарастающей к зиме, сезонным иммунодефицитом в зимне-весенний период и устойчивым недостатком $\alpha 2$ -глобулинов как специфичной особенности высокопродуктивного скота. Метаболические нарушения, возникшие в первые 100 дней лактации, не компенсируются полностью к ее завершению, а трансформируются в хронические субклинические состояния (гепатопатия, иммуносупрессия), требующие сезонно-адаптированной системы коррекции.

Сухостойный период не является периодом метаболического покоя, напротив, это время латентно протекающих патологических процессов, которые маскируются отсутствием клинических признаков и традиционно недооцениваются в системе ведения животноводства. Наибольшую опасность представляет зимний синдром преддотельной декомпенсации (комплекс метаболических, печеночных и иммун-

ных нарушений), формирующийся на фоне хронического энергодефицита и достигающий максимума непосредственно перед отелом. Корова входит в новую лактацию уже имея истощенные энергетические резервы, сниженную белоксинтезирующую функцию печени, подавленный гуморальный иммунитет и субклинический кетоз. Это предопределяет высокий риск синдрома послеродовой многопатии (кетоз, гепатоз, эндометрит, мастит, задержание последа) и низкую эффективность раздоя. Система кормления и содержания сухостойных коров требует кардинального пересмотра с учетом выявленных сезонных закономерностей. Ее ключевыми элементами должны стать круглогодичный мониторинг энергетического статуса, обязательная гепатопротекторная поддержка в осенне-зимний период, иммунокоррекция в преддотельный период и сезонная дифференциация рационов с акцентом на зимний критический период. Только такой подход позволит реализовать генетический потенциал продуктивности и обеспечить здоровье животных на протяжении всего продуктивного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Н.И., Хромова О.Л., Власова Г.С., Богорадова Л.Н. (2019). Динамика генеалогической структуры племенного поголовья популяции крупного рогатого скота черно-пестрой породы Вологодской области и перспективы ее развития // *АгроЗооТехника*. Т. 2. № 4.
- Васильева С.В., Конопатов Ю.В. (2017). Клиническая биохимия крупного рогатого скота. СПб.: Лань. С. 188.
- Гусаров И.В., Обряева О.Д. (2024). Систематизация подходов к формированию модели полноценного кормления высокопродуктивных молочных коров в условиях европейского севера России // *Молочное и мясное скотоводство*. № 6. С. 41–45. DOI: 10.33943/MMS.2024.57.82.008
- Гусаров И.В., Обряева О.Д. (2025). Корма и кормление высокоудойных коров в условиях промышленного предприятия с учетом пищеварения жвачных // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. № 11 (244). С. 3–16. DOI: 10.33920/sel-05-2511-01
- Закрепина Е.Н., Фомина Л.Л., Третьяков Е.А., Кулакова Т.С. (2018). Влияние стартерных комбикормов на общеклинические, иммунологические и биохимические показатели крови телят // *Молочнохозяйственный вестник*. № 1 (29). С. 36–45.
- Иль Е.Н., Заболотных М.В. (2019). Выявление нарушений обмена веществ у высокопродуктивных коров // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. № 2. С. 83–89.

- Корельская Л.А., Гусаров И.В., Обряева О.Д., Коломиец С.А. (2022). Содержание глюкозы в крови высокопродуктивных коров по периодам лактации и способам содержания как критерий оценки энергетического обмена // *АгроЗооТехника*. Т. 5. № 2. DOI: 10.15838/alt.2022.5.2.3
- Третьяков Е.А. (2024). Влияние возраста и живой массы телок голштинизированной черно-пестрой породы при первом осеменении на показатели последующей молочной продуктивности // *АгроЗооТехника*. Т. 7. № 2. DOI: 10.15838/alt.2024.7.2.5
- Третьяков Е.А., Мирошкин А.Н., Механикова М.В. (2025). Оценка биохимического статуса крови высокопродуктивных коров при скармливании муки из личинки черной львинки // *Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. Т. 263. № 3. С. 94–99. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_3_263_94
- Фомина Л.Л., Закрепина Е.Н., Кулакова Т.С., Третьяков Е.А. (2017). Влияние фитобиотиков и адсорбентов на состояние крови сухостойных коров // *Научная жизнь*. № 11. С. 74–81.
- Шутова М.В., Гусаров И.В., Обряева О.Д. (2020). Биохимический статус высокопродуктивных коров при разных способах содержания // *АгроЗооТехника*. Т. 3. № 3. DOI: 10.15838/alt.2020.3.3.3

Сведения об авторах

Евгений Александрович Третьяков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: evgen-tretyakov@yandex.ru)

Светлана Анатольевна Коломиец – научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: lady.lana-2014@yandex.ru)

METABOLIC STATUS OF HIGHYIELDING RUSSIAN BLACK PIED COWS DEPENDING ON THE SEASON

Tretyakov E.A., Kolomiets S.A.

Modern dairy farming relies on the use of highproducing genotypes capable of achieving milk yields of 8,000–10,000 kg per lactation. However, such high productivity is associated with the risk of profound metabolic shifts, particularly during transition and critical periods of the annual cycle. The Russian Black Pied cattle breed traditionally exhibits high adaptive capacity; nevertheless, seasonal changes in feed composition and the physiological status of animals often lead to an imbalance in metabolic processes. This manifests in reduced protein and glucose levels, as well as the accumulation of intermediate metabolites. Analysis of the obtained results revealed seasonal dynamics in blood biochemical parameters of the studied cows under conditions of technological stress. The most metabolically challenging period was identified as the peak of lactation (days 100–200), which represents the pinnacle of metabolic disorders (winter hepatopathy, critical hyperuremia, autumn ketosis). During the dry period, the most critical state of immunity is observed, while at the peak of lactation the most pronounced hepatic dysfunction is found. Across all periods, spring is characterized by a peak of lipolysis and hyperuremia, autumn by a peak of ketogenesis (except during the early lactation phase) and a deficiency of amino nitrogen, and winter by hepatic dysfunction and immunodeficiency. In all periods and seasons, a chronic metabolic pathology was identified as a total reduction in α 2globulins, serving as a marker of longterm hepatocellular dysfunction in highyielding cows.

Metabolism, season, cattle, blood, biochemical analysis.

REFERENCES

- Abramova N.I., Khromova O.L., Vlasova G.S., Bogoradova L.N. (2019). The dynamics of the genealogical structure of the breeding stock of the black-and-white cattle population of the Vologda region and the prospects for its development. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 2(4) (in Russian).
- Fomina L.L., Zakrepina E.N., Kulakova T.S., Tretyakov E.A. (2017). The effect of phytobiotics and adsorbents on the blood condition of dry cows. *Nauchnaya zhizn'*, 11, 74–81 (in Russian).
- Gusarov I.V., Obryaeva O.D. (2024). Systematization of approaches to the formation of a model of full-fledged feeding of highly productive dairy cows in the conditions of the European north of Russia. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo=Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*, 6, 41–45. DOI: 10.33943/MMS.2024.57.82.008 (in Russian).
- Gusarov I.V., Obryaeva O.D. (2025). Feed and feeding of high-yielding cows in an industrial enterprise, taking into account the digestion of ruminants. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*, 11(244), 3–16. DOI: 10.33920/sel-05-2511-01 (in Russian).
- Il E.N., Zabolotnykh M.V. (2019). Detection of metabolic disorders in highly productive cows. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2, 83–89 (in Russian).
- Korelskaya L.A., Gusarov I.V., Obryaeva O.D., Kolomiets S.A. (2022). Glucose content in the blood of highly productive cows by lactation periods and maintenance methods as a criterion for assessing energy metabolism. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 5(2). DOI: 10.15838/alt.2022.5.2.3 (in Russian).
- Shutova M.V., Gusarov I.V., Obryaeva O.D. (2020). Biochemical status of highly productive cows with different methods of keeping. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 3(3). DOI: 10.15838/alt.2020.3.3.3 (in Russian).
- Tretyakov E.A. (2024). The effect of age and live weight of Holstein black-and-white heifers at the first insemination on subsequent milk productivity. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 7(2). DOI: 10.15838/alt.2024.7.2.5 (in Russian).
- Tretyakov E.A., Miroshkin A.N., Mekhanikova M.V. (2025). Assessment of the biochemical status of the blood of highly productive cows when feeding flour from the larva of the black lion. *Uchenye zapiski Kazanskoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman*, 263(3), 94–99. DOI: 10.31588/2413_42_01_1883_3_263_94 (in Russian).
- Vasileva S.V., Konopatov Yu.V. (2017). *Klinicheskaya biokhimiya krupnogo rogatogo skota* [Clinical Biochemistry of Cattle]. Saint Petersburg: Lan'.
- Zakrepina E.N., Fomina L.L., Tretyakov E.A., Kulakova T.S. (2018). The effect of starter feeds on the general clinical, immunological and biochemical parameters of calf blood. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik*, 1(29), 36–45 (in Russian).

Information about the authors

Evgeny A. Tretyakov – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Leading Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Molochnoe Rural Settlement, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: evgen-tretyakov@yandex.ru)

Svetlana A. Kolomiets – Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Molochnoe Rural Settlement, Vologda, 160555, Russian Federation; e-mail: lady.lana-2014@yandex.ru)