

УДК 8612.015.348:636.2.034

DOI:10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2025.1.29-39

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИПОРОДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРОФИЛЯ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ У КОРОВ ЧЁРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Себежко О.И.

*Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Российская Федерация*

Изучены параметры белкового обмена у скота черно-пестрой породы, разводимого в хозяйствах Западной Сибири, расположенных на экологически безопасных территориях: чистопородных, ирменского и приобского типов. Особенности внутрипородных типов, являющихся структурными элементами чёрно-пестрой породы, проявляется в различных аспектах, включая особенности биохимического профиля. Исследование проводилось на здоровых коровах в период с 71 до 120 дня второй лактации. Анализ сыворотки крови, полученной из хвостовой вены, проводился фотометрически с использованием биуретового метода (общий белок) и бромкрезолового метода (альбумин). Статистический анализ межгрупповых данных проводили используя программного обеспечения R с применением робастных методов, устойчивых к отклонениям эмпирического вероятностного распределения от нормального (Гауссовского). Чистопородные животные демонстрировали наибольшую фенотипическую изменчивость параметров, что отражает высокую адаптивность породы. Межгрупповой анализ выявил существенные ($P < 0,05$) различия по всем исследованным сывороточным белкам, причем наибольшая величина силы влияния внутрипородной принадлежности отмечена для общего белка ($\eta^2 = 0,15$). По результатам апостериорного анализа, уровни общего белка и альбумина были выше у чистопородных и помесных коров по сравнению с приобскими ($P < 0,05$). В то же время, соотношение альбумина к глобулинам было выше у приобских коров ($P < 0,05$). Содержание глобулинов варьировало в порядке уменьшения: ирменский тип – чистопородные – приобский тип. Представлены 95% референсные интервалы всех показателей для чистопородных коров, приобского и ирменского типов. Различия в показателях белкового обмена в сыворотке крови у чистопородных коров и исследованных внутрипородных типов отражают особенности их метаболизма.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, чёрно-пестрая порода, сывороточные белки, общий белок, альбумин, внутрипородные типы.

Проблемы биологии продуктивных животных. 2025. 1: 29-39

Введение

Молочное скотоводство в настоящее время является одной из ведущих отраслей животноводства, и его развитие имеет важное значение не только в обеспечении продовольственной независимости страны, но и в социальном аспекте (Фисинин, 2017). Начиная с 2017 года, в России наблюдается стабильное увеличение валового надоя молока, что к 2022 году привело к росту производства на 9,3%. В 2024 году тенденция роста

сохранилась, и валовый надой молока увеличился на 0,8%, достигнув объема в 34,1 млн тонн (Бекбергенева, 2022; Шичкин, 2023).

Интенсификация молочного скотоводства предполагает ускоренное улучшение генетического потенциала животных, что позволяет повысить продуктивность при снижении затрат. С середины 70-х г.г. в России накоплен значительный опыт использования голштинского скота для улучшения различных пород (Левина и др., 2013; Фисинин, 2017; Шевелева и др., 2022; Лефлер и др., 2022). Использование голштинского скота, завозимого из США и Канады, стало основой для создания новых популяций молочного скота, в частности, на базе наиболее распространённой в тот период времени чёрно-пёстрой породы. Этот опыт привел к созданию 12 новых зональных внутрипородных типов чёрно-пёстрого скота (Дунин и др., 2013; Левина и др., 2013). В течение последних 30 лет селекционной работа по совершенствованию молочного скота в условиях Сибири осуществлялось с применением быков-производителей голштинской породы, что завершилось выведением нескольких зональных типов чёрно-пёстрой породы, включая приобский и ирменский (Солошенко и др., 2009; Лефлер и др., 2022). Особенности внутрипородных типов проявляются в различных аспектах (Тулинова и др., 2021), включая особенности биохимического профиля крови.

К настоящему времени обнаружено около 5000 циркулирующих в кровотоке индивидуальных белков, которые составляют примерно 25% протеома (Schwenk et al., 2017); при этом всего лишь 20 белков составляют 90% от всей массы сывороточных протеинов; среди них главными составляющими являются альбумин, иммуноглобулины, фибриноген, трансферрин и различные глобулины (Kim et al., 2014; Schwenk et al., 2017). Для общего белка крови характерен более высокий уровень вариабельности по сравнению с другими показателями гомеостаза, например, pH крови. Широкий диапазон вариации уровня общего белка, и тот факт, что содержание многих индивидуальных белков сильно колеблется в зависимости от физиологического статуса или наличия заболевания, указывает на значимый вклад паратипических факторов в величину данного признака (Suhre et al., 2021; Soufleri et al., 2023; Panousis et al., 2023).

В настоящее время накапливаются данные, свидетельствующие о том, что особенности генотипа играют решающую роль в определении референсных значений концентрации общего белка в сыворотке крови (Cecchinato et al., 2018; Ferkingstad et al., 2021; Себежко и др. 2023; Soufler et al., 2023; Тарасенко и др., 2024; Kalnapenkis et al., 2024). Например, исследование, проведённое на молочных коровах голштинской породы, показало, что коэффициенты наследуемости концентрации общего белка в сыворотке крови составляет 0,21 для телят и 0,20 для коров, что указывает на наличие определённого генетического влияния на этот признак (Soufler et al., 2023). Выявлено, что генетические вариации, включая однонуклеотидные полиморфизмы и варианты с разным числом копий, ассоциативно связаны с уровнем различных белков в плазме крови (Kalnapenkis et al., 2024). Немного ранее, в масштабной работе (Ferkingstad et al., 2021) было выявлено множество полиморфных генетических локусов, влияющих на содержание белков в плазме, а также установлены ассоциативные связи этих полиморфизмов с риском развития различных болезней.

Предполагается, что белки, циркулирующие в плазме крови, теоретически могут иметь любое происхождение, будь то различные органы, клетки или даже процесс трансплацентарного обмена между матерью и плодом (Pernemalm et al., 2019). Тем не менее, наиболее распространённые сывороточные белки, такие как альбумин, аполипопротеины и компоненты комплемента, в основном, синтезируются и высвобождаются в печени. Недавние исследования показали, что у человека приблизительно 730 из 2600 секретируемые белков в значительном количестве попадают в кровь (Suhre et al., 2021), а остальные белковые

составляющие секрета могут локализоваться в межклеточном матриксе или в других биологических жидкостях (Uhlen et al., 2019). Белки, которые секретируются или проникают в кровоток, представлены в широком диапазоне концентраций и участвуют во множестве процессов, таких как поддержание гомеостаза крови, транспортировка различных веществ, иммунная защита, передача сигнальных молекул, переваривание и ингибирование других протеинов, регуляция воспалительных процессов и заживление ран. Помимо транспортировки белков за пределы клетки в процессе секреции, появление внутриклеточных белков в крови может являться следствием множества механизмов, включая реакцию организма на повреждение тканей органов (Suhre et al., 2021).

Концентрацию общего белка в крови у молочных коров принято рассматривать в качестве одного из биохимических маркеров общего физиологического состояния (Bobbo et al., 2017; Andjelić et al., 2022). Фракции альбуминов и глобулинов выполняют множество функций, а колебания их уровней могут указывать на наличие патологических или физиологических изменений (Bobbo et al., 2017; Cecchinato et al., 2018). Альбумин, как главный белок плазмы, присутствует у всех позвоночных, что говорит о его широком распространении и универсальной роли. У позвоночных животных сывороточный альбумин выступает основным белком, обеспечивающим перенос разнообразных молекул в общей циркуляции крови, в том числе метаболитов, гормонов, микроэлементов и лекарственных средств (Xu et al., 2023; Shi et al., 2024). Концентрация альбумина в плазме или сыворотке крови является типичным примером количественного признака, который характеризуется разной степенью генетической обусловленности (Lin et al., 2020). В исследованиях, выполненных ранее на людях, получены значения коэффициентов наследуемости в диапазоне от 0,10 до 0,24 для гликированного альбумина и от 0,30 до 0,39 для экскретируемого с мочой (Loomis et al., 2019). У молочного скота уровень наследуемости альбумина несколько ниже – $0,13 \pm 0,09$ (Cecchinato et al., 2018), в то время как для сывороточного альбумина у молочных коров в начальный период лактации он составляет $0,27 \pm 0,06$ (Loomis et al., 2019).

Сывороточный альбумин у крупного рогатого скота состоит из 583 аминокислот и имеет сложную организацию. В бычьем альбумине содержится 34 остатка цистеина (Cys). Эти 34 цистеина образуют 17 дисульфидных связей; при этом пептидная цепь альбумина характеризуется наличием свободной сульфгидрильной группы, а также присутствием множества amino- и карбоксильных групп (Cho et al., 2022). Альбумин синтезируется гепатоцитами, участвует в поддержании осмотического давления плазмы, нейтрализации свободных радикалов, в иммунных реакциях. Сывороточный альбумин играет важную роль в выживании клеток и в процессах регенерации тканей (Piccione et al., 2011). Пониженное содержание альбумина может служить маркером дисфункции печени, обусловленной воспалительными процессами (Bertoni et al., 2008; Bobbo et al., 2017; Andjelić et al., 2022).

Глобулины – это гетерогенная группа белков, включающая антитела и другие молекулы, связанные с воспалением, а также белки, транспортирующие липиды, витамины и гормоны (Bobbo et al., 2017). Концентрация глобулинов может служить индикатором иммунного ответа (Chorf et al., 2004). В повседневной ветеринарной практике отношение альбумина к глобулину (альбумин-глобулиновый коэффициент) представляет большой интерес, являясь ценным инструментом для диагностики диспротеинемий воспалительного генеза, для оценки белоксинтезирующей функции печени, анализа состояний, связанных с потерями белка, обусловленных энтеро- или нефропатиями. Кроме того, альбумин-глобулиновый коэффициент предложен к использованию в качестве показателя для оценки иммунного статуса коров (Overton et al., 2017; Andjelić et al., 2022; Soufleri et al., 2023).

Коровы молочных пород с высокими показателями продуктивности нередко страдают от производственных патологий, возникающих вследствие несбалансированного кормления или нарушений в условиях содержания. Контроль биохимических параметров крови и молока в период лактации применяется достаточно широко, особенно для групп животных, подверженных риску развития метаболических заболеваний. Основные проблемы со здоровьем у высокопродуктивных коров проявляются в перинатальный период и во время лактации, при этом у здоровых животных генетические факторы оказывают значительное влияние на вариабельность физиологических признаков. Селекция молочного скота сопровождается формированием внутривидовых типов, отличающихся как от исходной породы, так и от уже существующих.

Цель данной работы - исследование внутривидовой изменчивости уровня сывороточных белков крови как биохимических маркеров общего физиологического состояния у коров чёрно-пестрой породы в условиях Западной Сибири.

Материал и методы

Изучены профили сывороточных белков у чистопородных животных чёрно-пестрой породы и коров внутривидовых Ирменского и Приобского типов, разводимых на территории Новосибирской, Кемеровской, Омской областей и Алтайского края. Количество животных составляло 91, 95, 93 соответственно. В каждую группу были отобраны только здоровые животные с продуктивностью 8-9 тыс кг за 305 дней предыдущей лактации, оцененной в соответствии с ГОСТ Р 57878-2017. В экспериментальные группы включали коров в период с 71 до 120 дней второй лактации.

В каждую группу были отобраны животные с неотягощённым акушерско-гинекологическим анамнезом, без проявлений мастита, бронхо-пневмоний, заболеваний желудочно-кишечного тракта и конечностей. На территориях разведения скота не выявлено превышения ПДК тяжелых металлов и других загрязняющих веществ (Шишин и др., 2017; Narozhnykh et al., 2018).

Материалом для исследования была сыворотка крови, взятой из хвостовой вены. Применяли системы вакуумного забора со стандартным резьбовым держателем для игл в пробирки с диоксидом кремния (SiO_2) (красная крышка) объёмом 9 мл (Gongdong Medical, Китай). При взятии крови использовали двусторонние тонкостенные инъекционные иглы диаметром 0,9 мм (20G) Bodywin (Китай).

Анализ сывороточных белков проводился в лаборатории ветеринарной генетики и биохимии кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии Новосибирского ГАУ на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Photometyr 5010v5+ (ROBERT RIELE's, GmbH & Co KG, Германия). Концентрацию общего белка оценивали биуретовым методом, альбумина – бромкрезоловым методом. Использовали коммерческие наборы фирмы «Вектор Бест» (Новосибирская область, рп. Кольцово) «Протеин Ново» и «Альбумин Ново». На основании полученных данных проведен расчёт уровня глобулинов и альбумин-глобулинового коэффициента.

Статистический анализ данных проводили с использованием программного обеспечения R (комплекс на основе языка программирования R со встроенными методами статистического анализа). Степень соответствия нормальному распределению оценивали по критерию Шапиро-Уилка, выявление выбросов - методом Тьюки и множественное сравнение групп - по критерию Краскера-Уоллиса. Однородность дисперсий оценивали по критерию Левена. Для оценки силы влияния факторов на изучаемые признаки применяли коэффициент η^2 . Его величина рассчитывалась с учётом критерия Краскела-Уоллиса (H), количества

сравниваемых групп (k) и величины выборки (n) по формуле: $\eta^2 = (H - k + 1) / (n - k)$. Методом bootstrap были рассчитаны референсные интервалы с 95%-ным уровнем охвата и 90% доверительные интервалы верхнего и нижнего пределов РИ.

Результаты и обсуждение

Анализ вероятностного распределения уровня сывороточных белков показал, что все исследованные показатели у коров ирменского типа, уровни глобулинов у чистопородных животных, а также значения глобулинов и соотношения альбумина к глобулинам у скота приобского типа демонстрируют соответствие Гауссовскому распределению. В остальных случаях вероятностное распределение уровня белковых фракций отличалось от нормального по тесту Шапиро-Уилка ($P < 0,05$)

Концентрация всех исследованных сывороточных белков находилась в пределах обычно рекомендуемых референтных интервалов: общий белок – 65-85 г/л, альбумины – 27-50 г/л, глобулины – 29-49 г/л, альбумин-глобулиновый коэффициент – 0,8-1,4. Для всех показателей были рассчитаны их робастные оценки с использованием методов, устойчивых к отклонениям от нормального (Гауссовского) распределения (табл. 1, 2).

Таблица 1. Показатели содержания сывороточных белков по трём квартилям эмпирического распределения у коров чёрно-пестрой породы

Показатели	Чистопородные				Ирменский тип				Приобский тип			
	Me	Q1	Q3	IQR	Me	Q1	Q3	IQR	Me	Q1	Q3	IQR
Общий белок, г/л	73,8	63,2	85,6	22,4	79,6	72,7	83,4	10,7	62,9	61,5	66,7	5,2
Альбумин, г/л	31,8	26,1	38,4	12,3	31,7	28,1	38,4	10,3	28,9	27,0	31,1	4,1
Глобулины, г/л	42,9	29,5	55,1	25,6	47,9	39,1	54,5	15,4	35,2	30,6	40,5	9,9
А/Г	0,65	0,44	0,98	0,54	0,63	0,47	0,79	0,32	0,8	0,67	0,98	0,31

Примечания: Me – медиана, Q1– первая квартиль, Q3 – третья квартиль, IQR – межквартильный размах

Чистопородные животные демонстрировали наибольшую фенотипическую изменчивость по изучаемым параметрам белковых фракций. Интерквартильный размах всех показателей, характеризующий разброс данных вокруг медианы и нечувствительный к выбросам, был значительно выше у чистопородных коров по сравнению с животными ирменского и приобского типов. Это свидетельствует о достаточно выраженном адаптационном потенциале чёрно-пёстрой породы и о формировании специфических биохимических профилей у внутрипородных типов в результате адаптивных реакций на локальные условия разведения и выращивания животных.

Для показателей, характеризовавшихся нормальным распределением, были рассчитаны показатели описательной статистики (табл. 2).

Таблица 2. Описательная статистика уровней сывороточных белков

Показатели	Характеристика коров Западной Сибири								
	Чистопородные			Ирменский тип			Приобский тип		
	M±m	σ	Cv,%	M±m	σ	Cv,%	M±m	σ	Cv,%
Общий белок, г/л				78,4±1,5	10,2	12,9			
Альбумин, г/л				32,7±1,0	7,33	22,4			
Глобулины, г/л	43,4±2,2	19,8	45,6	48,4±1,8	13,3	27,6	36,2±1,3	7,04	19,4
А/Г				0,64±0,03	0,24	37,5	0,83±0,04	0,22	26,5

Примечания: M±m – среднее арифметическое и стандартная ошибка среднего, σ – среднеквадратическое отклонение, Cv – коэффициент вариации, 100 (σ/M) .

Данные по сравнительной характеристике были получены только для уровня глобулинов, наибольшая вариативность по данному показателю наблюдалась в группе чистопородных животных. У ирменского скота, для которого плотность вероятности всех значений признаков соответствовала нормальному распределению, параметры белкового обмена характеризовались умеренной вариацией.

Необходимым условием для оценки статистической значимости межгрупповых различий по критерию Стьюдента и F–критерию является соответствие эмпирического распределения вероятности измеряемых показателей нормальному (Гауссовскому) распределению, т.е. отсутствие «выбросов» на всём диапазоне дисперсий (гомоскедастичность дисперсий). Проведённый тест Левена показал, что по всем оцениваемым параметрам белкового обмена разброс данных вокруг среднего значения в сравниваемых выборках не был одинаковым (гетероскедастичность дисперсий) (табл. 3).

Таблица 3. Статистика теста Левена

Показатели	F	Критерий Левена
Общий белок, г/л	19,5	3,08*
Альбумин, г/л	9,92	0,00008
Глобулины, г/л	15,7	5,66
Альбумин/глобулины	4,26	0,016

Примечание: F - значение F-статистики теста Левена

* $P < 0,05$ по тесту Левена (дисперсии гомоскедастичны). –

Учитывая гетероскедастичность дисперсий и наличие отклонений ряда показателей от нормального распределения, для двух межгрупповых сравнений использовали критерий Краскера-Уоллеса. Для всех показателей белкового обмена установлены существенные различия ($P < 0,05$) (табл. 4). Наибольшая сила влияния принадлежности к внутривидовому типу зафиксирована для уровня общего белка ($\eta^2 = 0,15$), наименьшая – для уровня альбумина ($\eta^2 = 0,035$).

Таблица 4. Межгрупповые сравнения уровня сывороточных белков (df=2)

Показатели	H	P	η^2
Общий белок, г/л	25,4	0,000003	0,15
Альбумин, г/л	7,92	0,019	0,035
Глобулины, г/л	15,3	0,00047	0,082
Соотношение альбумины/глобулины	8	0,018	0,038

Примечания: H – критерий Краскера-Уоллеса; η^2 – показатель силы влияния фактора.

Различия по содержанию белковых фракций в крови коров разных внутрипородных типов могут отражать особенности их метаболизма и общего состояния организма. Исходя из средних значений, представленных в табл. 1 и 2, следует, что у чистопородных коров и у ирменского типа показатели общего белка, альбуминов были выше чем у коров приобского типа. Соотношение же альбуминов и глобулинов было, наоборот, более высоким у животных приобского типа и составляло $0,83 \pm 0,04$. По количеству глобулинов в порядке уменьшения ранжированный ряд выглядит следующим образом: ирменский тип ($43,4 \pm 2,18$ г/л) → чистопородные ($43,4 \pm 2,18$ г/л) → приобский тип ($36,2 \pm 1,28$ г/л).

Учитывая установленные межгрупповые различия и принимая во внимание то, что все коровы были здоровы, были рассчитаны референсные интервалы показателей для чистопородных коров, приобского и ирменского типов по всем показателям (табл. 5).

Таблица 5. Референсные интервалы уровня сывороточных белков у коров чёрно-пёстрой породы (90% ДИ)

	Чистопородные	Ирменский тип	Приобский тип
Общий белок, г/л			
Нижний предел	49,9 (45,9 - 54,0)	72,2 (70,1 - 74,3)	57,5 (57,5)
Верхний предел	92,7 (88,6 - 96,79)	87,0 (84,9 - 89,1)	67,0 (65,82 - 69,3)
Альбумины, г/л			
Нижний предел	20,3 (18,2 - 22,3)	24,6 (22,6 - 26,7)	26,5 (25,2 - 27,7)
Верхний предел	41,3 (39,3 - 43,3)	41,2 (39,2 - 43,3)	32,6 (31,4 - 33,8)
Глобулины, г/л			
Нижний предел	13,4 (8,33 - 18,5)	32,2 (28,9 - 35,5)	27,0 (24,0 - 30,0)
Верхний предел	68,2 (63,1 - 73,20)	56,5 (53,2 - 59,8)	44,7 (41,7 - 47,7)
Соотношение альбумины/глобулины			
Нижний предел	0,30 (0,22 - 0,38)	0,20 (0,11 - 0,28)	0,51 (0,40 - 0,62)
Верхний предел	1,07 (0,99 - 1,15)	1,04 (0,96 - 1,13)	1,15 (1,04 - 1,26)

Для верхних и нижних пределов были рассчитаны 90%-ые доверительные интервалы, что обеспечивает высокую точность определения границ нормы для каждого показателя в каждой группе. Установленные референсные интервалы имеют практическое значение для мониторинга здоровья и своевременной диагностики отклонений у животных анализируемых внутрипородных типов и чистопородных коров, разводимых в климато-географических условиях Западной Сибири.

Заключение

Проведенное исследование внутривидовой изменчивости профиля сывороточных белков, как информативного индекса состояния белкового обмена, у коров чёрно-пестрой породы в Западной Сибири выявило значительные различия между группами животных: чистопородных, ирменского и приобского типов. Эти различия могут быть обусловлены формированием специфических биохимических профилей у внутривидовых типов в результате адаптации к локальным условиям разведения и выращивания, а также особенностями их метаболизма и общего состояния организма. Наибольшая сила влияния фактора внутривидовой принадлежности коров продемонстрирована для общего белка. Установлено, что чистопородные коровы демонстрируют наибольшую фенотипическую изменчивость по изучаемым параметрам белкового обмена, что отражает высокий адаптационный потенциал данной породы.

Полученные данные подчеркивают необходимость учитывать внутривидовую изменчивость при оценке физиологического состояния и здоровья коров чёрно-пестрой породы, а также при разработке стратегий селекции и кормления, направленных на повышение продуктивности и адаптивности животных.

Список литературы

1. Векбергенева, Д.Е., Баранник, В.А. Продовольственная безопасность Российской Федерации. // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 4-1. С. 38-43. doi: 10.24412/2411-0450-2022-4-1-38-43
2. Дунин И.М., Шапочкин В.В., Амерханов Х.А. и др. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2012 г.). М: ВНИИплем, 2013. 268 с.
3. Левина, Г., Тюриков, В., Горин, В. и др. Динамика параметров экстерьера и продуктивных качеств коров типа Бессоновский чёрно-пестрой породы. // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 4. С. 10-12.
4. Лефлер, Т.Ф., Крашенинникова И.В. Оценка продуктивно-биологических показателей коров разных внутривидовых типов. // Вестник ИрГСХА. 2022. № 110. С. 144-153. DOI 10.51215/1999-3765-2022-110-144-153.
5. Себежко О.И., Климанова Е.А., Нарожных К.Н., Нарожных К.Н., Короткевич О.С., Александрова Д.А. Содержание и изменчивость показателей азотистого обмена у крупного рогатого скота голштинской породы в условиях Западной Сибири. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2022. № 3. С. 125-133. doi: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-125-133
6. Солошенко, В.А., Клименок И.И. Создание новых типов молочного скота и эффективность их разведения в условиях Сибири. // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 12. С. 35-37. EDN MNMFMP.
7. Тарасенко Е.И., Себежко О.И. Азотистый обмен у черно-пестрого скота Кузбасса. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2024. № 3. С. 267-276. doi: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-267-276
8. Тулинова О.В. Позовникова М.В., Сермягин А.А., Васильева Е. Внутривидовые типы айрширского скота России. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1. С. 260-278.
9. Фисинин В.И. Создание высокопродуктивных пород и кроссов животных и птицы. // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 4. С. 333-336. doi: 10.7868/S0869587317040077
10. Шевелева О.М., Бахарев А.А. Линейная оценка экстерьера коров породы салерс в условиях Западной Сибири. // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 130-136.
11. Шичкин Г.И., Бутусов Д.В., Сафина Г.Ф. и др. Состояние молочного скотоводства в Российской Федерации. // Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 год). Лесные Поляны: ВНИИ племенного дела, 2023. С. 3-20. EDN PKKXNZ

12. Andjelić B., Djoković R., Cincović M., Bogosavljević-Bošković S., Petrović M., Mladenović J., Čukić A. Relationships between milk and blood biochemical parameters and metabolic status in dairy cows during lactation. // *Metabolites*. 2022. Vol. 12, nr 8. P. 733. doi.org/10.3390/metabo12080733
13. Bertoni G., Trevisi E., Han X., Bionaz M. Effects of inflammatory conditions on liver activity in puerperium period and consequences for performance in dairy cows. // *J. Dairy Sci.* 2008. Vol. 91. P. 3300–3310. doi: 10.3168/jds.2008-0995
14. Bobbo T., Fiore E., Ganesella M., Morgante M., Gallo L., Ruegg P.L., Bittante G., Cecchinato A. Variation in blood serum proteins and association with somatic cell count in dairy cattle from multi-breed herds. // *Animal*. 2017. Vol. 11. P. 2309-2319. doi: 10.1017/S1751731117001227
15. Cecchinato A., Bobbo T., Ruegg P.L., Gallo L., Bittante G., Pegolo S. Genetic variation in serum protein pattern and blood beta-hydroxybutyrate and their relationships with udder health traits, protein profile, and cheese-making properties in Holstein cows. // *J. Dairy Sci.* 2018. Vol. 101. P. 11108–11119. doi: 10.3168/jds.2018-14907
16. Cho H., Jeon S.I., Ahn C.H., Shim M.K., Kim K. Emerging albumin-binding anticancer drugs for tumor-targeted drug delivery: current understandings and clinical translation. // *Pharmaceutics*. 2022. nr 14., P. 728. doi: 10.3390/pharmaceutics14040728
17. Chorfi Y., Lanevski-Pietersma A., Girard V., Tremblay A. Evaluation of variation in serum globulin concentrations in dairy cattle. // *Vet. Clin. Pathol.* 2004. Vol. 33. P. 122-127. doi: 10.1111/j.1939-165x.2004.tb00360.x.
18. Ferkingstad E., Sulem P., Atlason B.A. et al. Large-scale integration of the plasma proteome with genetics and disease. // *Nature genetics*. 2021. Vol. 53. nr 12. P. 1712-1721. doi: 10.1038/s41588-021-00978-w
19. Kalnapenkis A., Jõeloo M., Lepik K., et al. Genetic determinants of plasma protein levels in the Estonian population. // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14, nr 1. P. 7694. doi.org/10.1038/s41598-024-57966-3
20. Kim M.S., Pinto S.M., Getnet D., et al. A draft map of the human proteome. // *Nature*. 2014. Vol. 509, nr 7502. P. 575-581. doi: 10.1038/nature13302
21. Lin S., Wan Z., Zhang J., Xu L., Han B., Sun D. Genome-wide association studies for the concentration of albumin in colostrum and serum in Chinese Holstein. // *Animals*. 2020. Vol. 10, nr 12. P. 2211. doi.org/10.3390/ani10122211
22. Loomis S.J., Tin A., Coresh J., Boerwinkle E., Pankow J.S., Kottgen A., Selvin E., Duggal, P. Heritability analysis of nontraditional glycemic biomarkers in the atherosclerosis risk in communities study. // *Genet. Epidemiol.* 2019. Vol. 43. P. 776–785. doi: 10.1002/gepi.22243
23. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J. I. et al. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in western siberia (Russia). // *Ind. J. Ecol.* 2018. Vol. 45. nr 4. P. 866-871.
24. Overton T.R., McArt J.A.A., Nydam D.V. A 100-Year Review: Metabolic health indicators and management of dairy cattle. // *J. Dairy Sci.* 2017. Vol. 100. P. 10398-10417. doi: 10.3168/jds.2017-13054
25. Pernemalm M., Sandberg A., Zhu et al. In-depth human plasma proteome analysis captures tissue proteins and transfer of protein variants across the placenta. // *Elife*. 2019. Vol. 8. P. e41608. doi: 10.7554/eLife.41608
26. Piccione G., Messina V., Schembari A., Casella S., Giannetto C., Alberghina D. Pattern of serum protein fractions in dairy cows during different stages of gestation and lactation. // *J. Dairy Res.* 2011. Vol. 78, nr 4. P. 421-425. doi: 10.1017/S0022029911000562
27. Schwenk J.M., Omenn G., SunZ., Campbell D.S., Baker M.S., Overall C.M., Aebersold R., Moritz R., Deutsch, E.W. The human plasma proteome draft of 2017: building on the human plasma PeptideAtlas from mass spectrometry and complementary assays. // *J. Prot. Res.* 2017. Vol. 16. nr 12. P. 4299-4310. doi:10.1021/acs.jproteome.7b00467
28. Soufleri A., Banos, G., Panousis, N., Kougioumtzis, A., Tsiamadis, V., Arsenos, G., Valergakis, G. E. Genetic parameters of serum total protein concentration measured with a brix refractometer in Holstein Newborn calves
29. Uhlén M., Karlsson M.J. et al. The human secretome. // *Sci. signal*. 2019. Vol. 12. nr 609. P. eaaz0274. doi: 10.1126/scisignal.aaz0274
30. Xu X., Hu J., Xue H., Hu Y., Liu Y.N., Lin G., Liu L., Xu R.A. Applications of human and bovine serum albumins in biomedical engineering: a review. // *Inter. J. Biol. Macromol.* 2023. P. 126914. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126914

References (for publications in Russian)

1. Bekbergeneva D.E., Barannik V.A. [Food security y of the Russian Federation]. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika - Economics and Business: Theory and Practice*. 2022. 4-1: 38-43. doi: 10.24412/2411-0450-2022-4-1-38-43
2. Dunin I.M., Shapochkin V.V., Amerkhanov Kh.A. et al. *Ezhegodnik po plemennoy rabote v molochnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii (2012) (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding on farms of the Russian Federation (2012))*. Moscow: VNIIPlem Prod.; 2013. 268 pp.
3. Fisinin V.I. [Creation of highly productive breeds and crosses of animals and poultry]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk (Bulletin of the Russian Academy of Sciences)*. 2017;87(4):333-336. doi: 10.7868/S0869587317040077
4. Lefler T.F., Krashenninnikova I.V. [Assessment of productive and biological indicators of cows of different intra-breed types]. *Vestnik IrGSKhA (Vestnik of Irkutsk State Agricultural Academy)*. 2022. 110: .144-153. doi: 10.51215/1999-3765-2022-110-144-153. EDN YBTWXT.
5. Levina, G., Tyurikov, V., Gorin, V. et al. [Dynamics of exterior parameters and productive qualities of cows of the Bessonovsky type of Black-and-White breed]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo (Dairy and meat cattle breeding)*. 2013. 4: 10-12.
6. Sebezhko O.I., Klimanova E.A., Narozhnykh K.N., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Aleksandrova D.A. [Content and variability of nitrogen metabolism indicators in Holstein cattle in Western Siberia]. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University Bulletin)*. 2022. 3: 125-133. doi: 10.31677/2072-6724-2022-64-3-125-133.
7. Soloshenko V.A., Klimenok I.I. [Creation of new types of dairy cattle and the effectiveness of their breeding in Siberia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology of AIC)*. 2009. 12: 35-37. EDN MNMFMP.
8. Tarasenko E.I., Sebezhko O.I. [Nitrogen metabolism in black-and-white cattle of Kuzbass]. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University Bulletin)*. 2024. 3 :267-276. doi: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-267-276.
9. Tulinova O.V., Pozovnikova M.V., Sermyagin A.A., Vasil'eva E.N. [Intra-breed types of Ayrshire cattle in Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye (News of the Nizhnevolzhsk agro-University complex: science and higher professional education)*. 2021. 1: 260-278.
10. Sheveleva O.M., Bakharev A.A. [Linear assessment of the exterior of Salers breed cows in the conditions of Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU (Krasnoyarsk State Agrarian University Bulletin)*. 2022. 1:130-136.
11. Shichkin G.I., Butusov D.V., Safina G.F. et al. *Sostoyaniye molochnogo skotovodstva v Rossiyskoy Federatsii [The state of dairy cattle breeding in the Russian Federation]. Ezhegodnik po plemennoy rabote v molochnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii (2022) (Yearbook on breeding work in dairy cattle breeding in farms of the Russian Federation (2022))*. Lesnye Polyany: FGBNU (Russia Institute of Breeding). 2023. P. 3-20. EDN PKKXMZ.
12. Shishin N.I., Sebezhko O.I., Fedyaev Yu.I., Skiba T.V., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N. [Elemental status of blood of Holstein cattle in biogeochemical conditions of the Kemerovo region]. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University Bulletin)*. 2017. 3: 70-79.

UDC 8612.015.348:636.2.034

**Study of intrabreed variability of the serum proteins
in Black-and White cows in Western Siberia**

Sebezhko O.I.

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT. The parameters of protein metabolism in Black-and White cattle bred on farms in Western Siberia located in ecologically safe areas were studied: purebred, Irmensky and Priobsky types. The features of intrabreed types, which are structural elements of the black-pied breed, are manifested in various aspects, including the features of the biochemical profile. The study has been conducted on healthy cows in the period from 71 to 120 days of the second lactation. The analysis of blood serum obtained from the tail vein was carried out photometrically using the biuret method (total protein) and the bromocresol method (albumin). In all animals, the levels of total protein, albumin, globulins, and the albumin to globulin ratio were within the physiological norms. Purebred animals demonstrated the greatest phenotypic variability of parameters, which reflects the high adaptability of the breed. Intergroup analysis revealed significant ($P < 0.05$) differences in all studied serum proteins, and the greatest value of the influence of the intrabreed factor was noted for total protein ($\eta^2 = 0.15$). According to the results of the post-hoc analysis, the levels of total protein and albumin were higher in purebred and crossbred cows compared to Priobskaya cows ($P < 0.05$). At the same time, the ratio of albumin to globulins was higher in Priobskaya cows ($P < 0.05$). The content of globulins varied in the following order (decrease): Irmensky type – purebred – Priobskaya type. 95% reference intervals of all parameters for purebred cows, Priobskaya and Irmensky types are presented. Differences in the parameters of protein metabolism in the blood serum of purebred cows of the studied intrabreed types reflect the peculiarities of their metabolism.

Key words: cattle, Black-and White breed, whey protein profile, total protein, albumin, intrabreed types

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh (Productive Animal Biology). 2025. 1: 29-39.

Поступило в редакцию: 02.03.2025

Получено после доработки: 22.03.2025

Сведения об авторах:

Себежко Ольга Ивановна, к.б.н., доцент, 8-953-862-49-28, sebezkhoolga@yandex.ru