при дисбактериозах : рекомендации / В. Н. Алешкевич, И. А. Субботина, П. А. Красочко [и др.]; Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – Витебск, 2017. – 40 с.

2. Лысенко Ю. А. Оценка безопасности микробного биопрепарата in vivo / Ю. А. Лысенко, А. В. Лунева, Д. В. Свистунов, [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 2 (118). – С. 347–353.

3. Миронов А. Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. – М. – 2012. – 944 с.

4. Плотникова Е. Ю. Пробиотики в современной медицинской практике: от мифов к научным доказательствам / Е. Ю. Плотникова, Ю. В. Захарова // Медицинский совет. – 2025. – Т. 19. – № 11. – С. 197–204.

5. Свазлян Г. А. Регуляция микробиома желудочно-кишечного тракта и метаболизма в организме у телят / Г. А. Свазлян, В. С. Попов // Аграрная наука. – 2025. – № 2. – С. 115–122.

6. Славгородская М. В. Оценка острого токсического действия новой кормовой добавки для перепелов / М. В. Славгородская, Г. А. Прудко, А. А. Абрамов, К. А. Железнякова, М. П. Семененко // Сборник научных трудов КНЦЗВ. – 2025. – Т. 14. – № 2. – С. 116–119.

6. Хабриев Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому изучению новых фармакологических веществ) / под ред. Р. У. Хабриева. – М.: ОАО Изд-во «Медицина». – 2005. – 832 с.

7. ГОСТ 33216-2014 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными / Москва, 2016. 17 с.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-143
УДК 575.113.2:637.12.07:363.32/.38

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ß-ЛАКТОГЛОБУЛИНА (ß-LG) И ЕГО АССОЦИАЦИЯ С КАЧЕСТВЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОКА ОВЕЦ

Степаненко Валерия Александровна
Карпова Екатерина Дмитриевна, канд. биол. наук
ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск, Российская Федерация

Изучен полиморфизм гена β-лактоглобулина у овец дагестанской горной породы и их помесей с породой лакон и его связь с качественными показателями молока. В исследование включено 100 животных: 40 чистопородных и 60 помесей; анализ молока выполнен у лактирующих овец в выборке n=45. Выявлены генотипы АА, АВ и ВВ. Частота аллеля В составила 63,75 % и 65,0 %, аллеля А – 36,25 % и 35,0 %, генотип АВ преобладал в обеих группах (47,5 % и 50,0 %). При сравнении групп выявлено, что у дагестанской горной породы содержание жира выше на 13,4 %, СОМО – на 24,1 %, калорийность – на 8,1 %, тогда как у помесей было выше содержание белка на 16,5 % (p≤0,01). У помесей генотип АА ассоциирован с повышением калорийности на 20,5 % относительно ВВ и на 10,7 % относительно АВ при p≤0,05.

Ключевые слова: полиморфизм; β-лактоглобулин; овцы; качественные показатели молока

POLYMORPHISM OF THE β-LACTOGLOBULIN (*β-LG*) GENE AND ITS ASSOCIATION WITH MILK QUALITY TRAITS IN SHEEP

Stepanenko Valeria Aleksandrovna
Karpova Ekaterina Dmitrievna, PhD Biol. Sci.
North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhailovsk, Russian Federation

The polymorphism of the β-lactoglobulin gene in Dagestan Mountain sheep and their crosses with the Lacaune breed and its association with milk quality traits was studied. The study included 100 animals, including 40 purebred and 60 crossbred individuals; milk analysis was performed in lactating ewes, n=45. Genotypes AA, AB, and BB were identified. The frequency of allele B was 63.75% and 65.0%, while allele A was 36.25% and 35.0% in purebred and crossbred animals, respectively. Genotype AB predominated in both groups, accounting for 47.5% and 50.0%. Comparative analysis showed that Dagestan Mountain sheep had higher fat content by 13.4%, solids-not-fat by 24.1%, and energy value by 8.1%, whereas crossbred animals had higher protein content by 16.5% at p≤0.01. In crossbred sheep, genotype AA was associated with increased milk energy value by 20.5% compared to BB and by 10.7% compared to AB at p≤0.05.

Keywords: polymorphism; β-lactoglobulin; sheep; milk quality traits; milk composition

В условиях интенсификации животноводства возрастает роль молекулярно-генетических методов, направленных на повышение эффективности селекционной работы и ускорение генетического прогресса. Традиционные методы оценки хозяйственно полезных признаков, основанные на фенотипических показателях, требуют длительного времени и зависят от множества факторов среды. Это ограничивает их применение при отборе по сложным количественным признакам, таким как молочная продуктивность и качество молока.

В молочном овцеводстве данная проблема приобретает особую актуальность в связи с относительно небольшими размерами популяций, недостаточной полнотой учета продуктивности и выраженными породными особенностями, что затрудняет проведение раннего отбора животных [2]. В этой связи применение маркер-ассоциированной селекции (MAS) на основе анализа полиморфизма генов-кандидатов представляет собой перспективное направление, позволяющее осуществлять генетическую оценку животных на ранних этапах онтогенеза.

Одним из ключевых генов, ассоциированных с качественными показателями молока, является ген β-лактоглобулина (*β-LG*), кодирующий одноимённый сывороточный белок молока, который играет важную роль в формировании технологических свойств молока [8, 9]. Различные вариации данного гена ассоциированы с изменениями содержания белка, жира и других компонентов молока, однако результаты исследований носят неоднозначный характер и зависят от породы животных и условий их содержания [3, 4, 7, 8].

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых полиморфизму *β-LG* у овец, данные по локальным и малоизученным породам, включая дагестанскую горную, остаются ограниченными. Кроме того, недостаточно изучены особенности проявления ассоциаций данного гена с качественными показателями молока у помесных животных.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение полиморфизма гена β-лактоглобулина и оценка его ассоциации с физико-химическими показателями молока у овец дагестанской горной породы и их помесей с породой лакон.

Методика исследований. Исследование было выполнено в 2025 году на базе лаборатории перспективных молочных ресурсов и отдела генетики и биотехнологии ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Для изучения полиморфизма гена *β-LG* в выборку было включено 100 животных (баранов и овец), разводимых в хозяйствах СХК «Агрофирма «Согратль»» и ООО «НПСП «Возрождение»» Республики Дагестан, из которых 40 относились к дагестанской горной породе (ДГ), а 60 – представляли собой помеси, полученные при скрещивании маток дагестанской горной породы с баранами породы лакон (ДГ×Л). Для молекулярно-генетического анализа использовали ДНК животных, выделенную из крови с применением набора Diatom DNA Prep 100 (ООО «Изоген», Россия). Амплификацию исследуемого участка ДНК проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с использованием набора GenPak® PCR Core (ООО «Изоген», Россия). Праймеры (прямой (F): 5'–ctctttgggttcagtgtgagtcttg–3' и обратный (R): 5'–caccatttctgcagcaggatctc–3') были синтезированы в ООО НПФ «Синтол» (Россия). Последовательности праймеров соответствовали ранее опубликованным данным и были использованы без модификаций [3]. Амплифицированные ДНК-участки гена *β-LG* подвергали

рестрикции с использованием эндонуклеазы *RsaI* (ООО «СибЭнзайм», Россия). Методом ПЦР-ПДРФ в 3 %-ном агарозном геле с присутствием бромистого этидия при УФ-свете оценивали размер продуктов рестрикции. В качестве молекулярного маркера длины фрагментов использовали DNA Ladder 50+ bp.

Пробы молока для анализа отбирали в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 26809.1-2014 у лактирующих чистопородных (n=14) и помесных (n=31) овцематок. Оценку физико-химических показателей молока, включая массовую долю жира, белка, лактозы, сухого вещества (СВ), сухого обезжиренного остатка (СОМО), минеральных солей, калорийность и точку замерзания, проводили с использованием инфракрасного анализатора «ИнфраМилк» (исполнение ПРОФИ, ООО ВПК «Сибагроприбор», Россия).

Статистическую обработку результатов выполняли с использованием стандартных методов вариационной статистики (Microsoft Excel). Соответствие распределения генотипов равновесию Харди–Вайнберга оценивали с использованием критерия χ^2. Перед анализом количественных признаков оценивали характер распределения данных. В связи с небольшим объёмом выборок и наличием трёх генотипических групп, для оценки различий между группами использовали непараметрический критерий Краскела–Уоллиса. При выявлении статистически значимых различий проводили попарные сравнения с использованием критерия Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при уровне вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. В исследуемой выборке овец дагестанской горной породы и их помесей с породой лакон по гену β-лактоглобулина были идентифицированы три генотипа: АА, АВ и ВВ, что свидетельствует о полиморфизме данного локуса. Генотипы определялись по следующим комбинациям рестрикционных фрагментов: генотип АА характеризовался наличием фрагментов длиной 241 и 60 п.н., генотип АВ – 241, 175, 66 и 60 п.н., генотип ВВ – 175, 66 и 60 п.н.

Установлено, что в обеих группах животных наблюдается неравномерное распределение аллелей с преобладанием аллеля В. Его частота составила 63,75 % у овец дагестанской горной породы и 65,0 % у помесных животных, тогда как частота аллеля А была ниже и составила 36,25 % и 35,0 % соответственно (рисунок 1)

Анализ распределения генотипов показал, что в обеих группах наиболее распространённым являлся гетерозиготный генотип АВ, доля которого составила 47,5 % у дагестанской горной породы и 50,0 % у помесей. Частота генотипа ВВ находилась на уровне 40 % в обеих группах, тогда как генотип АА встречался реже и составил 12,5 % у дагестанской горной породы и 10 % у помесных животных. Оценка генетического разнообразия показала, что для гена *β-LG* характерен относительно высокий уровень ожидаемой гетерозиготности (He = 46,2 %), что свидетельствует о сохранении полиморфизма данного локуса в исследуемых группах животных. Полученные результаты указывают на сходную структуру генетической вариабельности гена *β-LG* у чистопородных и помесных животных.

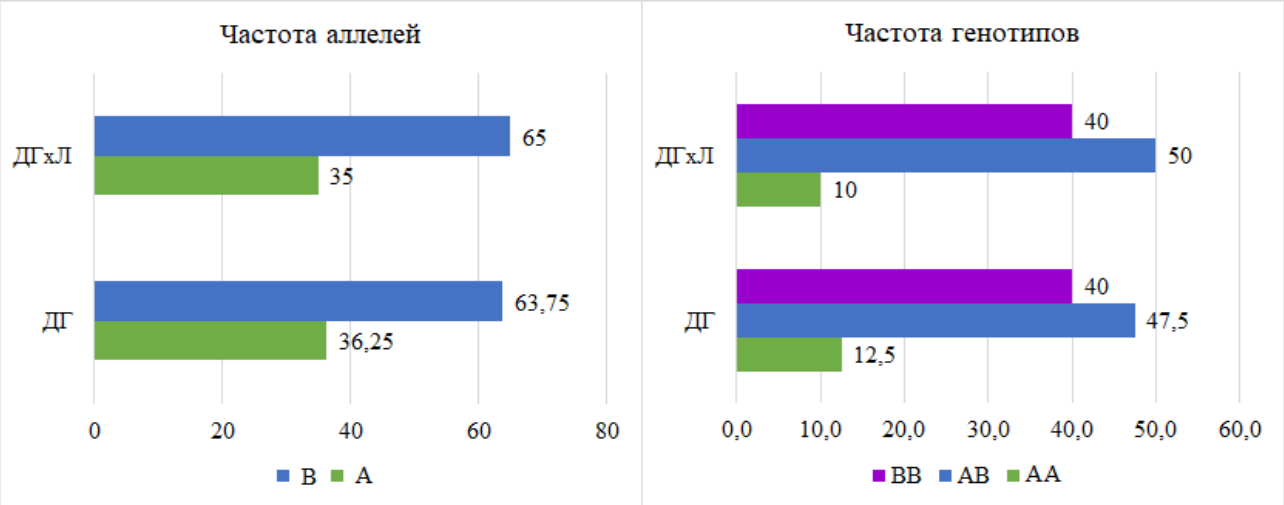

Рисунок 1 – Частота аллелей и генотипов гена β-LG у овец ДГ и ДГ×Л

Для оценки влияния породной принадлежности на качественные характеристики молока проведён сравнительный анализ физико-химических показателей молока овец дагестанской горной породы и их помесей с породой лакон (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические показатели молока овец ДГ и ДГ×Л (M ± SD)

Показатель	ДГ (n=14)	ДГ×Л (n=31)
Массовая доля жира, %	8,02±0,90*	7,07±1,31
Сухое вещество (СВ), %	16,94±4,03	17,23±3,76
СОМО, %	12,99±1,15*	10,47±3,39
Массовая доля белка, %	4,43±0,32	5,16±0,75**
Массовая доля лактозы, %	6,49±0,90	5,74±1,86
Минеральные соли (МС), %	0,88±0,06	0,89±0,32
Точка замерзания (ТЗ), °С	–0,48±0,14	–0,48±0,12
Калорийность, ккал	118,67±12,24*	109,79±13,14

Примечание: * – p≤0,05; ** – p≤0,01

Установлено, что у чистопородных овцематок массовая доля жира была достоверно выше на 13,4 % (p≤0,05), что сопровождалось увеличением калорийности молока на 8,1 % (p≤0,05). Кроме того, отмечено статистически значимое превышение содержания сухого обезжиренного остатка (СОМО) на 24,1 % (p≤0,05), что указывает на более концентрированный состав молока. В то же время у помесных животных выявлено достоверное увеличение массовой доли белка на 16,5 % (p≤0,01), что характеризует их молоко как более богатое белковыми компонентами. По остальным показателям статистически значимых различий между группами не установлено, что свидетельствует о сходстве базовых характеристик молока.

Учитывая выявленный полиморфизм гена *β-LG*, проведён анализ ассоциации его генотипов с показателями качественного состава молока овец (таблица 2).

В группе помесных животных (ДГ×Л) у носителей АА-генотипа калорийность была выше по сравнению с генотипом ВВ на 20,5 % (p≤0,05), а у носителей АВ-генотипа – на 10,7 % (p≤0,05). По остальным критериям отмечалась аналогичная направленность: значения у генотипов АА и АВ превышали уровень показателей генотипа ВВ, однако данные различия не достигали статистической значимости. У овец дагестанской горной породы (ДГ) статистически значимых различий между генотипами не выявлено. Однако, как и в помесной группе прослеживается тенденция к снижению качественных показателей молока у животных с генотипом ВВ. В частности, для данного генотипа характерны более низкие значения массовой доли жира – на 9,2 % и 4,7 %, сухого обезжиренного остатка – на 3,3 % и 1,4 % и калорийности молока – на 9,1 % и 8,5 % по сравнению с генотипами АА и АВ соответственно.

Таблица 2 – Ассоциация полиморфизма гена *β-LG* с физико-химическими показателями молока овец ДГ и ДГ×Л (M ± SD)

Генотип	n	Жир, %	Белок, %	Лактоза, %	СОМО, %	МС, %	Калорийность, ккал
ДГ							
АА	4	8,58±0,46	4,48±0,25	6,64±0,98	13,38±0,90	0,89±0,07	121,41±4,59
АВ	5	8,17±0,43	4,36±0,23	6,24±1,23	13,12±1,19	0,88±0,06	120,59±17,55
ВВ	5	7,79±1,33	4,48±0,30	6,17±0,86	12,94±0,88	0,90±0,07	110,39±5,45
ДГ×Л							
АА	4	7,92±0,95	4,65±0,38	7,25±1,43	13,43±2,33	1,09±0,22	122,53±5,09*
АВ	15	7,38±1,37	5,26±0,80	5,83±1,82	11,56±3,21	0,92±0,34	112,53±13,47*
ВВ	12	6,39±1,22	5,17±0,75	5,10±1,84	9,78±2,86	0,77±0,28	101,66±9,41

Примечание: * – p≤0,05

Сопоставление полученных результатов с литературными источниками показывает, что распределение генотипов гена *β-LG* и характер их влияния на качественные показатели молока могут различаться в зависимости от породной принадлежности животных. В настоящем исследовании установлено относительно сбалансированное распределение аллелей и наличие всех трёх генотипов с преобладанием гетерозиготного варианта АВ (47,5 % и 50,0 %). Для помесных животных (ДГ×Л) выявленная структура генотипов, характеризующаяся высокой долей гетерозигот, сопоставима как с показателями дагестанской горной породы, так и с данными по овцам породы лакон, для которой также отмечено наличие всех трёх генотипов и значительная доля генотипа АВ (40–50 %) [3, 4]. В то же время у овец породы российский мясной меринос наблюдается выраженное преобладание аллеля В (0,90) и генотипа ВВ (80,0 %) при отсутствии генотипа АА, что свидетельствует о более высокой степени гомозиготности по данному локусу [7].

Анализ ассоциаций полиморфизма гена *β-LG* с качественными характеристиками молока показывает, что даже при сходной генетической структуре популяций направленность эффектов может различаться. Так, у овец породы лакон генотип ВВ ассоциирован с более высокими значениями жира и белка молока, в отличие от данных, полученных в настоящем исследовании [3, 4]. Аналогичная направленность эффектов отмечена и у овец породы российский мясной меринос, у которых генотип ВВ также связан с повышенным содержанием жира и белка в молоке [7].

Таким образом, полученные результаты уточняют особенности проявления полиморфизма гена *β-LG* и его связи с вариабельностью качественных показателей молока в исследуемых популяциях овец.

Выводы. В результате исследования установлено, что у овец дагестанской горной породы и их помесей с породой лакон ген β-лактоглобулина (*β-LG*) характеризуется полиморфизмом с наличием трёх генотипов (АА, АВ, ВВ) при преобладании аллеля В (63,75–65,0 %) и генотипа АВ (47,5–50,0 %), что сопровождается достаточно высоким уровнем ожидаемой гетерозиготности (He = 46,2 %).

Выявлены достоверные межпородные различия по качественным показателям молока: у чистопородных овец массовая доля жира выше на 13,4% ($p \leq 0,05$), содержание СОМО – на 24,1 % ($p \leq 0,05$), калорийность – на 8,1 % ($p \leq 0,05$), тогда как у помесных животных содержание белка выше на 16,5 % ($p \leq 0,01$).

Установлено, что у помесных животных носители генотипа АА характеризуются более высокой калорийностью молока – на 20,5 % по сравнению с ВВ и на 10,7 % по сравнению с АВ ($p \leq 0,05$). У чистопородных овец статистически значимых различий не выявлено, однако отмечена тенденция к снижению содержания жира (до 9,2 %), СОМО (до 3,3 %) и калорийности (до 9,1 %) у животных с генотипом ВВ.

Таким образом, влияние полиморфизма гена *β-LG* на качественные показатели молока носит породоспецифический характер и более выражено у помесных животных, что подтверждает перспективность его использования в качестве маркера при селекции овец на улучшение качества молока.

Список литературы

1. Аязбекова М. А. Овечье молоко – резервный потенциал для производства молочных продуктов / М. А. Аязбекова // Технические науки – от теории к практике. – 2017. – № 2 (62). – С. 89–93.

2. Баситов К. Т. Молочная продуктивность мясных пород овец разного происхождения на Юго-Востоке Казахстана / К. Т. Баситов, Ю. А. Юлдашбаев, М. Прманшаев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2023. – № 1. – С. 28–29.

3. Евлагина Д. Д. Молочная продуктивность овец породы лакон разных генотипов по гену β-лактоглобулина (β-LG) / Д. Д. Евлагина, М. И. Селионова // Геномика животных и биотехнологии : материалы Международной научно-практической конференции, Махачкала, 22–23 декабря 2021 года / Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова, Ставропольский государственный аграрный университет. – Махачкала, 2021. – С. 142–146.

4. Евлагина Д. Д. Полиморфизм генов пролактина (PRL), β-лактоглобулина (β-LG) овец породы лакон и их связь с молочной продуктивностью / Д. Д. Евлагина // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 335–342.

5. Подкорытов Н. А. Влияние возраста первой случки на молочную продуктивность мя-

сошерстных овцематок / Н. А. Подкорытов, А. А. Подкорытов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 6 (212). – С. 49–54.

6. Селионова М. И. Особенности аллельного полиморфизма генов пролактина, бета-лактоглобулина у овец породы лакон / М. И. Селионова, Д. Д. Евлагина, С. И. Светличный // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2021. – № 3. – С. 28–31.

7. Суров А. И. Полиморфизм генов бета-лактоглобулин и пролактин у овец породы российский мясной меринос и его влияние на молочную продуктивность / А. И. Суров, А. А. Омаров, Е. Д. Карпова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 12. – С. 138–142.

8. Giambra I. J. Milk protein variants are highly associated with milk performance traits in East Friesian dairy and Lacaune sheep / I. J. Giambra, H. Brandt, G. Erhardt // Small Ruminant Research. – 2014. – Vol. 121. – P. 382–394.

9. Padilla J. A. Polymorphisms of α-lactalbumin, β-lactoglobulin and prolactin genes are highly associated with milk composition traits in Spanish Merino sheep / J. A. Padilla, M. Izquierdo, M. Martínez-Trancón [et al.] // Livestock Science. – 2018. – Vol. 217. – P. 26–29. – DOI: 10.1016/j.livsci.2018.09.012.

DOI: 10.48612/sbornik-2026-1-144
УДК 636.12.046/.064:798.2

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПРОМЕРОВ И ИНДЕКСОВ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ С РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬЮ ЛОШАДЕЙ В КЛАССИЧЕСКИХ ВИДАХ КОННОГО СПОРТА

Бачинина Ксения Николаевна, канд. с.-х. наук
Стефанчук Валерия Алексеевна
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация

В статье представлены результаты сравнительного анализа литературных данных о морфологических особенностях лошадей, используемых в классических видах конного спорта. Приведены и систематизированы сведения об экстерьерных промерах и индексах телосложения, определяющих спортивный потенциал животных. На основе вторичного анализа опубликованных источников установлены статистические взаимосвязи между анатомическим строением лошадей и их результативностью в конкуре, выездке и троеборье. Полученные при обобщении данных коэффициенты корреляции указывают на наличие положительных взаимосвязей между экстерьерными показателями и рабочими качествами лошадей. Сделан вывод о возможности использования экстерьерной оценки для раннего прогнозирования спортивной пригодности молодняка.

Ключевые слова: экстерьер; промеры; индексы телосложения; селекция; конный спорт; конкур

THE RELATIONSHIP BETWEEN EXTERIOR MEASUREMENTS AND BODY INDICES AND THE PERFORMANCE OF HORSES IN CLASSICAL EQUESTRIAN SPORTS

Bachinina Ksenia Nikolaevna, PhD Agr. Sci.
Stefanchuk Valeria Alekseevna
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

The article presents the results of a comparative analysis of literary data on the morphological features of horses used in classical equestrian sports. The article provides and systematizes information on the exterior measurements and body indices that determine the athletic potential of horses.