

На правах рукописи

Евлагина Дарья Дмитриевна

**ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ GDF9, PRL, β -LG
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА
ОВЕЦ ПОРОДЫ ЛАКОН**

**06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных
животных**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор РАН
Селионова Марина Ивановна

Ставрополь – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	4
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
2.1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
2.1.1. Современное состояние и развитие молочного овцеводства в мире и в России.....	10
2.1.2. Молочная продуктивность овец.....	16
2.1.3. Генетические маркеры продуктивности овец.....	23
2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	35
2.2.1. Материал и методы исследований.....	37
2.2.2. Генетический полиморфизм в гене <i>GDF9</i>	46
2.2.3. Генетический полиморфизм в гене <i>PRL</i>	47
2.2.4. Генетический полиморфизм в гене β - <i>LG</i>	48
2.2.5. Генетико-статистический анализ овец породы лакон по генам <i>GDF9</i> , <i>PRL</i> , β - <i>LG</i>	50
2.2.6. Биохимические показатели крови овец породы лакон у носителей разных генотипов по генам <i>GDF9</i> , <i>PRL</i> , β - <i>LG</i>	52
2.2.7. Характеристика овцематок разных генотипов в гене <i>GDF9</i> по воспроизводительным качествам.....	59
2.2.8. Молочная продуктивность овец разных генотипов в гене <i>GDF9</i>	60
2.2.9. Молочная продуктивность овец разных генотипов в гене <i>PRL</i>	62
2.2.10. Молочная продуктивность овец разных генотипов в гене β - <i>LG</i>	63
2.2.11. Влияние живой массы на молочную продуктивность овец Разных генотипов.....	65
2.2.12. Молочная продуктивность овец породы лакон комплексных генотипов по генам <i>PRL</i> и β - <i>LG</i>	68
2.2.13. Влияние комплексных генотипов в генах <i>PRL</i> и β - <i>LG</i> на приготовление сыра типа «Адыгейский».....	71
2.2.14. Экономическая эффективность разведения овец разных генотипов для производства молока и сыра типа «Адыгейский».....	74

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	90
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	90
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	122

1. ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Овцы являются одними из старейших, наиболее универсальных и адаптируемых домашних животных. Благодаря этим характеристикам овцы, как сельскохозяйственные животные, получили наибольшее распространение (Ерохин А.И. и соавт., 2019) [38].

В последнее время заметной тенденцией является увеличение доли овец молочного направления продуктивности во всём мире. Интерес к молочному овцеводству растёт и в России, об этом свидетельствует рост производства овечьего молока в период с 2012 по 2019 годы в 7,5 раз, а в сравнении с 2000 годом – в 14,5 раз (Pulina G. et al., 2018; ФАОСТАТ 2019) [166, 80].

Растущий интерес к овечьему молоку определяет расширение направлений исследований, основанных на использовании современных молекулярно-генетических методов для выявления желательных аллельных вариантов генов, ассоциированных с молочной продуктивностью овец. Такой подход будет способствовать эффективности селекционно-племенной работы и ускорению темпов её развития (Глазко В.И. и соавт., 2017; Song-Song X.U., Meng-Hua L.I., 2017; Денискова Т.Е. и соавт., 2019; Zlobin A.S. et al., 2019; Abousoliman I. et al., 2020; Marina H. et al., 2020) [20, 177, 29, 190, 91, 147].

Представлены достаточно убедительные доказательства связи генотипов бета-лактоглобулина (β -LG), пролактина (PRL), каппа-казеина (CSN3) и других генов с молочной продуктивностью и сыродельческими качествами молока крупного рогатого скота (Горячева Т.С., Гончаренко Г.М., 2010; Калашникова Л.А. и соавт., 2015; Гончаренко Г.М. и соавт., 2016; Епишко О.А., и соавт., 2017; Бигаева А.В. и соавт., 2019; Ковалюк Н.В. и соавт., 2021) [23, 41, 21, 39, 11, 45]. Однако исследований, посвященных влиянию полиморфизма разных генов на молочную продуктивность овец, выполнено недостаточно.

В связи с этим изучение овец молочного направления продуктивности, разводимых в условиях Российской Федерации, определение полиморфизма

генов, влияющих на показатели их молочной продуктивности и репродуктивные функции, является актуальной задачей.

Степень разработанности темы исследований. В селекции овец перспективно применение маркер-ассоциированного подхода, основанного на использовании ДНК-генотипирования и отборе животных желательных генотипов (Глазко В.И., 2012; Сердюк Г.Н., 2019; Трухачёв В.И. и соавт., 2018; Притужалова А.О., Денискова Т.Е. и соавт., 2020, 2021) [19, 76, 78, 30, 31]. Среди генов-кандидатов, влияющих на важные экономические признаки молочных овец, выделены гены *GDF9*, *PRL* и *β -LG*. В ряде исследований продемонстрировано, что полиморфизм *β -LG* достоверно связан с величиной удоя, содержанием жира, белка и лактозы, выходом и составом сыра (Dario C. et al., 2008; Georgescu S.E. et al., 2016; Selvaggi M. et al., 2015; Padilla P. et al., 2018) [113, 122, 172, 159]. Установлено влияние *PRL* на количественно-качественные показатели молочной продуктивности овец, выявлена ассоциация гена *GDF9* с воспроизводительными качествами (Gras M.A. et al., 2017; Jawasreh I.K., Ismail Z.B., 2018; Al-Khuzai F.L.J., Ahmed J.R., 2019; Getmantseva L. et al., 2019; Bishop T.F., Van Eenennaam A.L., 2020; Горлов И.Ф. и соавт., 2021) [129, 138, 94, 123, 106, 22].

Цель и задачи исследований. Цель работы заключалась в установлении полиморфизма в генах *GDF9*, *PRL*, *β -LG*, определении его влияния на продуктивность овец породы лакон и выявлении желательных для селекции генотипов.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- охарактеризовать полиморфизм генов *GDF9*, *PRL*, *β -LG* у овец породы лакон;
- определить биохимические показатели крови овец разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, *β -LG*;
- сравнить воспроизводительные качества, живую массу и молочную продуктивность у овец разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, *β -LG*;
- оценить технологические свойства молока, его сыропригодность и качество овечьего сыра от овец с разными генотипами по генам *PRL*, *β -LG*;

– определить экономическую эффективность разведения овец и изготовления сыра из молока разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, *β-LG*.

Научная новизна исследований. Впервые у овец породы лакон, разводимых в Российской Федерации, проведён анализ распределения аллельных вариантов в генах *GDF9*, *PRL*, *β-LG* и установлено влияние полиморфизма в исследованных генах на биохимические показатели крови, воспроизводительные качества, живую массу и количественно-качественные признаки молочной продуктивности.

Полученные результаты исследований дополняют и расширяют теоретическую базу знаний о генетических факторах, ассоциированных с продуктивностью молочных овец, и подтверждают целесообразность их использования в качестве ДНК-маркеров в селекционной работе с овцами породы лакон.

Теоретическая и практическая значимость работы. Исследован полиморфизм генов *GDF9*, *PRL*, *β-LG* в породе овец лакон и установлена положительная связь генотипов *GDF9^{AG}*, *β-LG^{AA}*, *PRL^{AA}* с удоём, *β-LG^{BB}*, *PRL^{BB}* – с содержанием белка в молоке и лучшими его технологическими качествами для производства сыра.

Практическая значимость полученных данных заключается в перспективности отбора носителей желательных аллелей генов *GDF9*, *PRL* и *β-LG* для целенаправленного подбора родительских пар и получения большего числа потомков с гомозиготными генотипами. Целенаправленная селекция обеспечит больший удельный вес в стаде овец с лучшими количественно-качественными показателями молочной продуктивности с целью производства большего объёма молока для реализации, а также получения молока с лучшими параметрами для производства сыра.

Установленные закономерности и практические предложения могут быть использованы при подготовке специалистов зооветеринарного и биологического профиля.

Связь темы с планом научных исследований. Работа была выполнена в соответствии с государственным тематическим планом НИР №0725-2019-0024 по теме «Усовершенствовать биотехнологические методы генетического контроля и управления селекционным процессом при создании новых селекционных форм сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота, овец, коз, свиней) и разработать технологии их содержания» ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Полученные результаты исследований внедрены в производственную деятельность КФХ «Николаев» Крымского района Краснодарского края и подтверждены актом о внедрении законченных научно-исследовательских разработок в сельскохозяйственное производство (приложение Б).

Методология и методы исследования. Методологической основой проведения диссертационного исследования явился анализ экспериментальных работ российских и зарубежных учёных в области генетики, селекции и разведения овец. При выполнении научных исследований были использованы аналитические, молекулярно-генетические, биохимические, зоотехнические, химико-технологические, физико-химические и расчётно-статистические методы исследования.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- гены *GDF9*, *PRL*, *β-LG* у овец породы лакон полиморфны;
- воспроизводительные качества овец зависят от генотипов по гену *GDF9*;
- разное аллельное состояние в генах *GDF9*, *PRL*, *β-LG* оказывает влияние на биохимические показатели крови, признаки молочной продуктивности у овец породы лакон;
- технологические свойства овечьего молока и его сыропригодность зависят от комплексных генотипов по генам *PRL*, *β-LG*;
- экономическая эффективность разведения животных разных генотипов в генах *GDF9*, *PRL*, *β-LG* для производства молока и его реализации, для производства молока и изготовления сыра различна.

Степень достоверности и апробация результатов исследований.

Достоверность основана на использовании достаточного количества подопытных животных, применении современных методов, оборудования, биометрической обработки экспериментальных данных с оценкой степени достоверности различий между животными разных генотипов с использованием пакета программ Microsoft Office Excel и BioStat. Основные положения работы доложены и одобрены на ежегодных отчётах лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, заседаниях учёного совета ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2019-2021 гг. (г. Ставрополь); XIV Выставке инновационных проектов молодых учёных Северного Кавказа (г. Нальчик, 2020); XIV Международной научно-практической конференции «Научные основы повышения продуктивности и здоровья животных» (г. Краснодар, 2020); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (г. Ставрополь, 2020); XV Выставке инновационных проектов молодых учёных Северного Кавказа (г. Нальчик, 2021); XV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы повышения здоровья и продуктивности животных» (г. Краснодар, 2021); 3-й Международной научно-практической конференции «Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных» (г. Москва, 2021); Международной научно-практической конференции «Генетика, селекция, биотехнология: интеграция науки и практики в животноводстве» (г. Пушкин, 2021); Международной научно-практической конференции «Геномика животных и биотехнологии» (г. Махачкала, 2021); XVI Выставке инновационных проектов молодых учёных Северного Кавказа (г. Нальчик, 2022).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 3 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 1 – публикация в

рецензируемом издании, входящем в международную реферативную базу данных (Scopus), 1 – методические рекомендации.

Объём и структура диссертации. Диссертация изложена на 124 страницах компьютерного текста, содержит 27 таблиц, 9 рисунков и 2 приложения, включает введение, обзор литературы, материалы и методику исследований, результаты исследований и их обсуждение, заключение, включающее выводы, практические предложения, перспективы дальнейшей разработки темы; список использованной литературы, насчитывающий 190 источников, в том числе 101 – на иностранных языках.

Личный вклад соискателя. Автором проанализировано современное состояние проблемы, обозначены цель и задачи исследования, определены схема и методы исследования, выполнен генетико-статистический анализ экспериментальных данных. Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой и свидетельствует о высоком личном вкладе автора диссертации в зоотехническую науку в области молочного овцеводства. Доля личного участия при выполнении диссертационного исследования составляет 80,0 %.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. Современное состояние и развитие молочного овцеводства в мире и в России

Овцеводство с глубокой древности является одной из важных и прибыльных отраслей сельского хозяйства. Овцы – чрезвычайно неприхотливые животные, спокойные и покладистые, дающее человеку различную продукцию – шерсть, смушки, овчину, мясо, курдючный жир, молоко (Куликов Л.В., 2000; Амерханов Х.А. и соавт., 2017) [51, 6]. Разведение овец практикуется во всём мире и имеет основополагающее значение для многих развивающихся и развитых стран. Ни одна из отраслей сельскохозяйственного сектора не предлагает такой широкий ассортимент продукции, как овцеводство, тем самым являясь системообразующей основой для многих отраслей народного хозяйства: текстильной, меховой, кожевенной, пищевой промышленности. Многообразие получаемой от овец продукции обусловлено большим числом пород. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (ФАО) в мире насчитывается более 2300 пород овец разного направления продуктивности, в Российской Федерации – 41 (Ерохин А.И. и соавт., 2019) [38].

В современных условиях экономическая эффективность овцеводства в основном базируется на производстве мяса – баранины. Сегменты спроса рынка также расширяются и на другие виды продукции овец. Овечьё молоко среди них занимает особое место. Молоко, получаемое от овец, является высокопитательным пищевым продуктом и в современных условиях оно имеет большой спрос на международном рынке. По данным ФАОСТАТ 2019 [80] в мире насчитывается около 1200 миллионов овец, при этом около 248 миллионов

(20,7 %) из них предназначены для производства молока (Thomas D.L. et al., 2014) [184].

Мировое производство молока в 2020 году достигло почти 906 миллионов метрических тонн (Тм), что на 2,0 % больше, чем в 2019 году и на 7,5 % – в сравнении с 2018 годом (843 миллионов Тм). Однако овечье молоко составляет лишь 1,3 % от общего производства молока в мире. Наибольшее количество молока получают от крупного рогатого скота (81,1 %). Значительно меньше молока получают от буйволов (15,1 %), коз (2,1 %), а наименьшее (менее 0,4 %) – от верблюдов (Mazinani M., Rude B., 2020; ФАОСТАТ, 2019) [150, 80].

Общий объём овечьего молока в мире по официальным данным ФАОСТАТ за 2019 год составил 1058,7 тыс. тонн (таблица 1) [80].

Таблица 1 – Ведущие страны по производству овечьего молока, тыс. т

Страна	Год				2019 г. в % к 2000 г.
	2000	2012	2018	2019	
В мире	8442,3	9830,1	10255,2	10587,0	125,4
Азия	3655,7	4363,3	4896,0	4960,3	135,6
Турция	744,4	1007,0	1446,3	1521,5	204,4
Китай	847,0	1207,8	1155,4	1166,3	137,7
Сирия	445,6	703,0	563,7	574,4	128,9
Европа	2876,7	3080,1	3024,6	3125,4	108,6
Греция	743,2	778,0	851,7	944,3	127,1
Испания	392,0	552,5	566,4	563,5	143,7
Италия	741,9	406,2	485,1	493,9	66,6
Румыния	320,8	650,9	401,3	425,5	132,3
Франция	253,9	270,7	319,0	321,4	126,5
Африка	1830,1	2289,2	2214,3	2410,2	131,6
Алжир	180,0	336,0	304,2	421,1	233,9
Судан	462,0	394,0	414,0	415,0	89,8
Сомали	455,0	505,0	364,4	395,9	87,0

Большая часть молока производится в Азии (46,9 %), далее следуют Европа (29,5 %), Африка (22,8 %), очень небольшое, но растущее производство, наблюдается в Северной и Южной Америке (0,9 %). Значительный рост объёмов производства овечьего молока по сравнению с 2000 годом отмечается в странах Африки и Азии – 131,6 и 135,6 % соответственно (ФАОСТАТ, 2019) [80].

В разрезе отдельных стран следует отметить, лидеров по производству овечьего молока в мире за 2019 год. Значительные объёмы приходились на Турцию (1521,5 тыс. т) и Китай (1166,3 тыс. т), за ними следуют Греция (944,3 тыс. т), Сирия (574,4 тыс. т), Испания (563,5 тыс. т), Италия (493,9 тыс. т), Румыния (425,5 тыс. т), Алжир (421,1 тыс. т), Судан (415,0 тыс. т) и Сомали (395,9 тыс. т) (рисунок 1).

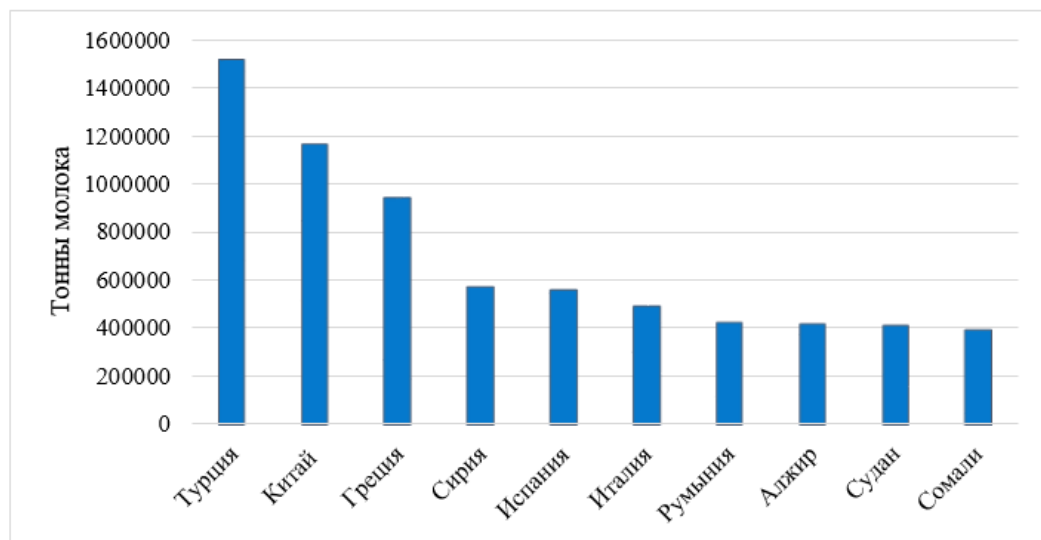


Рисунок – 1 Страны лидеры производство овечьего молока
(по данным ФАОСТАТ за 2019 год) [80].

За последние 60 лет благодаря совершенствованию методов кормления, повышению генетического потенциала, улучшенным контролем воспроизводства и профилактикой основных патологий, связанных с интенсивными условиями выращивания, производство овечьего молока во всём мире увеличилось более чем вдвое (+207,0 %). Если эта тенденция сохранится, ожидается, что к 2030 году она

вырастет примерно на 2,3 млн. тонн и достигнет 12 Мт (Pulina G. et al. 2018; ФАОСТАТ, 2019) [166, 80] (рисунок 2).

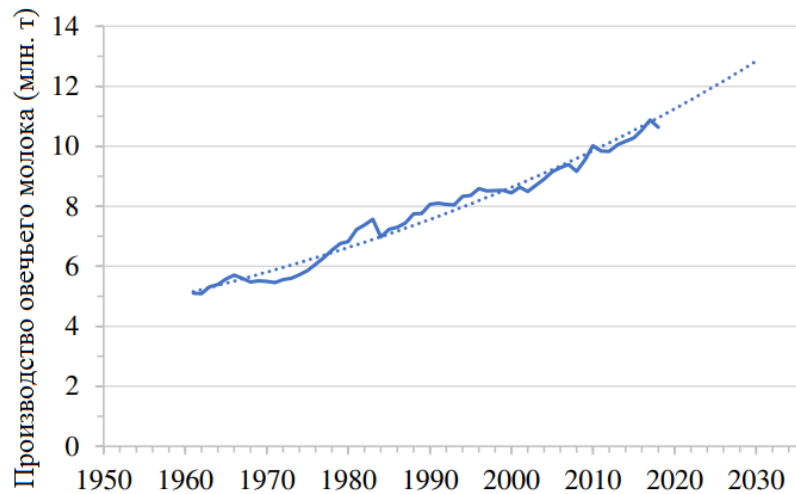


Рисунок – 2 Мировые тенденции производства овечьего молока с 1961 по 2019 год (сплошная линия) и прогноз до 2030 года (пунктирная линия) (ФАОСТАТ, 2019) [80].

Фермы по разведению молочных овец в основном расположены в Европе, Азии, Африке, в зонах субтропического и умеренного климата (Pulina G. et al. 2018) [166]. В странах СНГ темп роста производства овечьего молока особенно выражен за последние 20 лет. Лидирующее место по производству овечьего молока занимает Армения, объём получаемой продукции с 2000 по 2019 годы увеличился в 4,9 раза и в настоящее время здесь производится 47,9 тыс. тонн овечьего молока. В Азербайджане производство овечьего молока увеличилось более чем в 2 раза. Это связано с тем, что в 2004 году из Южной Турции туда были завезены овцы молочного направления продуктивности породы авасси. В Киргизстане производство овечьего молока увеличилось в 1,5 раза (Аветисян Г.Б., 2010; Балакишиев М.Г., 2011; Погосян Г.А., 2013) [2, 9, 66].

В Российской Федерации молочное овцеводство, как самостоятельная подотрасль, практически не существует. Для России с её многолетней известной историей мериносового овцеводства – молочное овцеводство является, по сути, новым направлением. Численность молочных овец в России настолько мала, что

их даже не выделяют в отдельную статистику. Поскольку фермы по производству овечьего молока в России не являются приоритетными, то селекцией молочных овец в нашей стране не занимаются. Тем не менее, интерес к молочному овцеводству растёт, о чём свидетельствует рост производства овечьего молока с 2012 по 2019 годы в 7,5 раз, а в сравнении с 2000 годом – 14,5 раз (ФАОСТАТ) [80] (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика производства молока овец в странах СНГ, тыс. т

Страна	Год				2019 г. в % к 2000 г.
	2000	2012	2018	2019	
Азербайджан	12,6	32,0	32,1	30,7	243,6
Армения	9,7	40,2	48,0	47,9	493,8
Грузия	14,4	4,8	7,0	6,7	46,5
Казахстан	34,8	34,0	34,7	35,3	101,4
Киргизстан	26,0	28,5	38,1	38,6	148,5
Молдова	13,9	18,7	18,9	16,5	118,7
Россия	0,40	0,77	5,7	5,8	1450,0
Украина	17,6	45,3	18,1	14,9	84,7

В России молочное овцеводство в основном сосредоточено на животных цигайской, асканийской, романовской, балбасской, каракульской, тушинской, мазехской пород. За 100-140 дней лактации матки мясных пород могут дать 60-80 кг молока, меринсы – 60-100 кг (Тощев В.К. и соавт., 2013; Алайчиев А.С., 2015) [77, 5]. Надой молока этих пород значительно ниже по сравнению с европейскими и ближневосточными породами, селекционируемые в течение многих лет для производства молока.

За последние 20 лет одной из причин увеличения производства овечьего молока на территории нашей страны стал импорт высокоудойных молочных овец. Однако завоз овец молочных пород зарубежной селекции по ряду причин носит

крайне ограниченный характер, о чём сообщают Селионова М.И. и Багиров В.А. (2014) [70].

Сельскохозяйственное предприятие «Лукоз», расположенное в Республике Марий Эл, одно из первых отечественных предприятий, которое стало разводить специализированных молочных овец восточно-фризской породы (Новопашина С.И. и соавт., 2016) [60]. Также овцы восточно-фризской породы голландской селекции были завезены в Тверскую область Бежецкого района на сельскохозяйственное предприятие ООО «Тверской урожай» в количестве 218 голов (192 ярок и 26 баранчиков) в возрасте 8-12 месяцев, с целью дальнейшего чистопородного разведения и скрещивания с местными овцами (Шувариков А.С. и соавт., 2019) [84].

В 2015 году в Крымском районе Краснодарского края семейным предприятием КФХ Николаев М.И. был реализован один из первых проектов промышленного производства и переработки овечьего молока в России. С этой целью было завезено 276 ярок и 10 баранов специализированной молочной породы лакон (Lacaune) из коммуны Бараквиль, расположенной на юге Франции (Svetlichniy S.I. et al., 2018) [182].

Увеличение спроса на продукты питания, основанные на животных белках, наряду с потенциальными последствиями изменения климата, нехватки воды, питательных веществ и энергии может привести к проблемам в их производстве. Поэтому крайне важно систематически применять технические и научные достижения в кормлении, генетике, воспроизводстве, контроле здоровья животных (Steinfeld H., Gerber P., 2010; Eggen A., 2012) [179, 115].

По мнению В.И. Комлацкого экономическая структура рынка способствует развитию молочного овцеводства во всём мире и в связи с этим появляются новые разработки учёных, касающиеся различных факторов, обуславливающих молочную продуктивность овец (Комлацкий В.И., 2016) [50].

Молочный сектор мелких жвачных во всём мире небольшой, хотя представлен значительным количеством овец и коз. При этом, производство молока мелких жвачных сосредоточено в странах, где оно тесно связано с

социально-культурными аспектами и наличием ресурсов. Текущая производственная ситуация показывает существенные возможности для улучшения и увеличения производства молока: к 2030 году ожидается рост от 30 до 50,0 %. Четыре страны – Франция, Греция, Италия и Испания выделяются в разведении молочных овец. У этих стран есть характерные производственные модели, основанные на использовании определённых пород и производстве сыров, изготавливаемых по традиционным рецептам и в настоящее время признанных в качестве ингредиентов здорового питания.

2.1.2. Молочная продуктивность овец

Мировое производство молока постоянно растёт. Молочная продукция овец по экономической эффективности превосходит производство баранины и шерсти (Светличный С.И. и соавт., 2019) [68]. Такое увеличение частично связано с ростом населения, а частично – с более высоким общим потреблением молока. По известным данным на душу населения потребление баранины составляет 1,29 кг, шерсти – 0,23 кг, а овечьего молока – 1,7 кг (Оноприйко В.А., 2009; Войтюк М.М., Мачнева О.П., 2021) [61, 16].

Теоретически, доить и получать высококачественное овечьё молоко можно от любых овец. Количество и качество молока может зависеть от породной принадлежности овцематки, возраста, длительность лактационного периода, условий содержания и кормления (Ульянов А.Н., Куликова А.Я., 2012; Борисов Д.Р., Попов А.П., 2014; Вологирова Д.А., Жекамухов М.Х., 2021) [79, 14, 17].

К овцам со сравнительно высокой молочностью относятся полутонкорунные и полугрубошерстные овцы стран Балканского полуострова? почти все горные грубошерстные породы Кавказа и Закавказья, некоторые породы стран Азии, а также Средиземноморья и некоторых регионов Африки (Ерохин А.И. и соавт., 2014) [37].

Основной породой овец, разводимой в странах Ближнего Востока, является авасси. Период лактации продолжительностью 4-5 месяцев, получают от овец 40,0 кг товарного молока, при хорошем кормлении удой достигает 130-140 кг, максимальный – 808,5 кг. В среднем содержание жира в молоке – 7,2 %, белка – 5,0-6,5 % (Dag B. et al., 2005; Galal S., Gürsoy O., Shaat I., 2008; Наззал Е., 2010) [112, 119, 58]. В основном молоко, получаемое от овец, используют в сыроделии: выход сыра из 100 кг молока – 31,0 кг (Ahmed M., Abdallah J., 2013; Китянина К.И., Куликова Н.И., 2018) [93, 43].

По мнению Л.В. Матвеевой [55] ост-фризские (восточно-фризские) овцы считаются одной из важнейших высокомолочных овец в мире. По данным А.С. Шуварикова и соавторов [84] молочность овцематок за продолжительный период лактации (210-245 дней в году) составляет до 500-700 кг, от лучших до 1000 кг молока, жирность приближена к 7,0 %, а содержание белка – 5,0 %.

В Израиле при скрещивании пород авасси и восточно-фризской выведена порода молочно-мясного направления – ассаф. Продолжительность лактации овцематок 230-235 дней. В среднем молочность с одинаковыми ягнятами – 294 кг молока, с двойневыми – 311 кг (Gootwine E., 2011; Китянина К.И., Куликова Н.И., 2018) [131, 43].

Порода овец манча (манчег) – автохтонная молочная порода Испании, молоко которой используется для производства очень популярного испанского сыра «Манчег». Молочная продуктивность 40 кг за 5 месяцев лактации, жирность молока 8,0 % (Calvo J.H. et al., 2006) [109].

В Греции самыми популярными для производства молока являются породы хиос и карагунико. Молочная продуктивность за лактацию овец породы хиос составляет 180-200 литров молока и 140-150 литров породы карагунико (Gelasakis A.I. et al., 2012; Sinanoglou V.J. et al., 2015) [121, 174]. Содержание жира в молоке овец этих пород находится в диапазоне 6,0-7,0 %, белка 5,0-6,5 % (Triantaphyllopoulos K.A. et al., 2016) [186].

Сардинская порода овец одна из 17 автохтонных итальянских пород. В Италии считается лучшей молочной породой, молоко которой используется для

производства сыра Пекорино Сардо. Жирность молока 6,0-7,0 %, со средней молочностью 82-150 кг, выход сыра 150 г/кг (Pietrola E. et al., 2000; Petrovic P.M. et al., 2013) [164, 163].

Путём скрещивания пород лайчестер, дорсет, лейн с ост-фризскими овцами в Англии вывели породу британских молочных овец. Продолжительность лактации – 300 дней, средний удой овцематок более 300 литров, при хороших условиях содержания, можно получать более 600 литров молока с 5,5-9,0 % жира и 5,0-7,0 % белка (Petrovic P. M. et al., 2013; Ерохин А.И. и соавт., 2014) [163, 87].

Petrovic Milan P. [163] и соавторы сообщают, что в Болгарии самой распространенной является плевенская порода овец. Молочность составляет от 150 до 170 литров, у высокомолочных овцематок удой может достигать до 300 литров, с 6,0-8,0 % жира и 5,0 % белка за лактацию периодом 180-200 дней.

Цыгайская порода в течение многих столетий разводится во всём мире. За 4-4,5 месяца периода лактации от цыгайских овцематок можно получить 140-150 литров молока, с массовой долей жира – 11,0 %, белка – 5,8 % (Остапчук П.С., Емельянов С.А., 2015, 2018) [62, 63]. В своих исследованиях, выполненных на молдавском шерстно-мясо-молочном типе цыгайских овец, Люцканов П.И. [54] и соавторы, установили, что за полную лактацию от них можно получить 126,3 кг молока.

Романовская порода распространена в разных регионах России. За весь лактационный период овцематки могут дать 160-180 литров молока с жирностью молока 6,0-7,35 %, белка – 5,0-6,2 % (Лобков В.Ю. и соавт., 2012; Костылев М.Н., и соавт., 2015; Костылев М.Н., Барышева М.С., 2019) [52, 48, 49].

Курдючные овцы могут за период лактации продуцируют от 125 до 185 литров молока, с жирностью – 11,4 %, содержание белка – 6,13 % (Михалев Е.В. и соавт., 2019) [57]. Юлдашбаев Ю.А. [88] и соавторы, исследуя молочную продуктивность калмыцких курдючных овцематок, установили, что за 115-120 дней их удой составил 28,6 кг, при этом молочная продуктивность маток с баранчиками была выше, чем у овец с ярочками (Юлдашбаев Ю.А. и соавт., 2013) [88]. В ОАО ПЗ «Кировский» общий удой за лактацию у калмыцких курдючных

овец составил 90-95 кг молока, в котором в начале лактации содержание жира колебалось от 7,0 до 11,2 % (Надбитов Н.К. и соавтр., 2018) [59].

Наиболее разводимой молочной породой во Франции и в последнее время получившей распространение во многих странах мира, является порода лакон (лакаунэ, лакаюн – Lacaune). Поголовье в мире этой породы составляет более 1 млн. (ФАОСТАТ, 2019) [80].

Порода получила своё название от округа Мон-де-Лакон департамента Тарн на юго-востоке Франции, где эти животные появились, предположительно около 5 тысяч лет назад. Официально порода лакон утверждена в 1902 году, выводилась она в XIX-XX столетиях в результате прилития крови (вводного скрещивания) мериносов и саутдаунов с местными овцами. На сегодняшний день она поглотила аборигенные породы: камар, ларзак, косе-де-родез, сегальскую (Varillet F et al., 2001) [101].

При разведении овец молочного направления до середины 60-х годов XX столетия доение не было главной чертой. Во Франции была задействована государственная программа генетического улучшения породы. В первую очередь основное внимание было уделено продуктивности овец и стада, при этом критерии отбора включали увеличение производства молока для доения, а также количество жира и белка (Carta A. et al., 2009) [110]. За несколько десятилетий после внедрения селекционных методов овцы породы лакон превратились из породы двойного назначения с низкой молочной продуктивностью в породу с высокими удоями, сохраняя при этом мясную продуктивность и быстрый темп роста ягнят (Duchemin S.I. et al., 2012; Петухова Д.Д., 2020) [114, 65]. За 30 лет селекции средний удой удалось увеличить в четыре раза – с 70 до 280 литров, что сделало породу одной из самых высокопродуктивных молочных пород в мире (Baloche G. et al., 2014) [98].

Овцы породы лакон хорошо акклиматизированы к горным районам с высотой 300-1000 м и засушливым климатом. Живая масса баранов достигает 80-100 кг, овцематок 55-57 кг. Ягнят после раннего отъёма от овцематок

подкармливают сеном и брикетированным кормом, получая к 3-4-месячному возрасту живую массу 30-40 кг (Svetlichniy S.I. et al., 2018) [183].

Голова овец слегка удлинённая, небольшая, покрыта рунной шерстью светло-желтого цвета. По сравнению с другими породами уши немного висячие и наклонены вниз. Морда слегка закруглена, рога отсутствуют. Глубокая грудь, задняя часть с хорошо развитой мускулатурой. Лакон – порода, у которой генетически заложен сильный иммунитет к разным заболеваниям. Не поражается она и паразитами.

Овцематки имеют телосложение молочного типа. Вымя объёмное, с тонкой эластичной кожей без шерсти, хорошо адаптировано к машинному доению. Шерсть лакон белого или желто-белого цвета, полутонкая, настриг у баранов 2,5, у маток – 1,5 кг (Светличный С.И. и соавт., 2019) [68].

Порода овец лакон относится к скороспелым, в 7-10 месячном возрасте до 60,0 % ярок идут в случку. Средняя плодовитость составляет 130 ягнят на 100 овцематок (Айбазов А.М.М., Мамонтова Т.В., 2020) [4].

Сейчас эта порода идеально подходит для интенсивной молочной промышленности. D. Panayotov и соавторы в своих исследованиях установили, что молоко овец породы лакон является хорошей и подходящей средой для роста *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* групп молочнокислых бактерий применяемых в пищевой промышленности при приготовлении различных молочных продуктов. Именно благодаря составу, а также богатому вкусу и аромату, молоко лакон широко используется в производстве элитных сыров (Panayotov D. et al., 2018) [160].

Сравнение состава овечьего, козьего и коровьего молока показывает различия в уровне питательных веществ. В частности, овечье молоко содержит меньше воды, чем козье и коровье, но больше жира и белка. Однако процент лактозы примерно одинаков как для овечьего, так и для коровьего молока (Mayer K., Fiechter G., 2012; Шуварииков А.С. и соавт., 2017; Balthazar C.F. et al., 2017) [148, 86, 99].

В таблице 3 обобщены и сопоставлены некоторые характеристики овечьего, козьего и коровьего молока.

Таблица 3 – Сравнение характеристик молочной продукции мелкого и крупного рогатого скота

Молоко	Содержание в молоке, %				Кальций (в 100 г/мл)
	Вода	Жир	Белок	Лактоза	
По данным А. С. Шуварикова и соавторов [86] (2017)					
Овечье	82,13	6,0	6,09	4,94	203,70
Козье	86,77	4,3	3,87	4,40	133,86
Коровье	87,74	3,5	3,38	5,07	120,28
По данным С.Ф. Balthazar и соавторов [99] (2017)					
Овечье	82,90	5,9	5,50	4,80	197,5
Козье	87,60	3,8	3,70	4,10	130,0
Коровье	87,90	3,3	3,40	4,70	112,0

Овечье молоко в основном используется для производства изысканных сортов сыра, йогурта и других молочных продуктов (Moioli В.М., Pilla А.М., 1994; Аязбекова М.А., 2017; Pulina G. et al., 2018) [153, 8, 166]. Макроэлемент кальций, способствующий коагуляции сычужного фермента, вызывает образование поперечных связей и агрегацию параказеина (Guinee Т.Р., О'Brien В., 2010) [132]. Более богаты кальцием мицеллы казеина в овечьем молоке (таблица 3), по сравнению с мицеллами коровьего молока. Известно, что при производстве овечьего сыра добавка CaCl_2 не требуется, это является технологическим преимуществом, поэтому молоко овец особенно подходит для переработки в сыр (Balthazar С.Ф. et al., 2017) [99].

Из козьего или коровьего молока выход сыра обычно составляет около 1:10, тогда как из овечьего он ближе к 1:5. Отсюда следует, что из литра молока овец выход сыра в два раза больше, чем из молока коров и коз. Кроме того, меньше сычужного фермента или химозина по сравнению с коровьим или козьим

молоком нужно для получения творога из овечьего молока (Данкверт С.А. и соавт., 2011; Milani F.X., Wendorff W.L., 2011) [27, 152].

Овечье молоко имеет сладкий, мягкий вкус и аромат, а также кремообразную консистенцию из-за присутствия в молоке мелких жировых шариков, что делает его более легко усваиваемым. Это также означает, что жирное овечье молоко можно замораживать при этом способность к коагуляции посредством сычужного свертывания и упругость сычужного сгустка не снижается (Богатова О.В., Догарева Н.Г., 2004; Thomas D.L., Haenlein G.F.W., 2017; Balthazar C.F. et al., 2018) [12, 185, 99].

По данным G. Pulina и соавторов, мировой экспорт сыра из овечьего молока в 2013 году составил около 374 млн. долларов США (Pulina G. et al., 2018) [166]. Италия является лидером по экспорту сыра из овечьего молока, занимая 36,0 % доли рынка, за ней следует Франция с 20,0 %. К настоящему времени объёмы производства элитных сортов сыра из овечьего молока достигли 690-720 тыс. тонн, при этом качество и узнаваемость различных видов сыра напрямую зависят от состава и характеристик молока, используемого в его производстве (Mazinani M., Rude B., 2020) [150]. Овечий сыр богат белками, витаминными комплексами, такими элементами, как магний и калий, незаменимыми аминокислотами и полезными жирами. Взрослому организму достаточно 100 г в день, чтобы получить норму белков, жиров, аминокислот и витаминов. Наиболее популярными являются испанские сыры «Манчего» и «Кабралес», «Французский рокфор», «Ронкаль», болгарская брынза, румынский «Халлуми», итальянские «Пекорино» и «Качкавал» (Оноприйко В.А., 2009; Санович М.А., Торопова А.Г., 2018; Ospanov A., Toxanbayeva B., 2020) [61, 67, 157].

Следует отметить, что молоко – это натуральный продукт, и его состав, особенно белков и жиров, варьирует между животными, а также зависит от сезона, стадии лактации, природно-климатических параметров, различных систем кормления и генетического разнообразия животных (Алайчиев А.С., 2015) [5]. Любая порода овец – итог целенаправленного и длительного труда селекционеров. В процессе интенсивного многолетнего отбора у пород

складываются устойчивые коадаптивные генные комплексы, которые определяют специфические признаки той или иной породы и адаптивную норму популяций. Свой уникальный генофонд есть в каждой породе овец (Бектуров А.Б. и соавт., 2017) [10].

В настоящее время накоплен достаточно обширный экспериментальный материал по генотипической характеристике животных разных пород по SNP, их связи с молочной продуктивностью, качественным составом молока, его технологическими свойствами и сыропригодностью (Денискова Т.Е. и соавт., 2020; Ozmen O., Kul S., 2016; Hu Z.L. et al., 2016) [30, 158, 137]. В связи с этим ведутся исследования по комплексу генотипов молочных белков и гормонов, что обеспечивает более точную прогнозную оценку количественных и качественных характеристик хозяйственно ценных признаков (Калашникова Л.А. и соавт., 2015) [41].

2.1.3. Генетические маркеры продуктивности овец

С момента начала одомашнивания животных, человек неосознанно проводил искусственный (направленный) отбор видов. Действительно, домашние популяции животных генетически эволюционировали иначе, чем их сородичи, оставшиеся в дикой природе. С одной стороны, это происходило из-за адаптации к новой домашней среде, а с другой в соответствии с человеческими потребностями. Процесс отбора, проводимый людьми на молочных овцах на протяжении тысячелетий, привёл к тому, что удой молока заметно превысил тот, который требуется для кормления новорожденных ягнят, а также к значительному увеличению периода лактации (Амерханов Х.А. и соавт., 2017; Вобликова Т.В., Кригер О.В., 2019) [6, 15].

За последние несколько десятилетий устоявшиеся методы разведения, использующие расчётную племенную ценность на основе информации о

фенотипе и родословной, значительно повысили продуктивность овец. Однако эти подходы были ограничены медленным прогрессом в генетическом улучшении из-за сложности отделения желательных и нежелательных признаков (Wang S.H. et al., 2016) [188]. Так, например, молочная продуктивность, как правило, измеряется у взрослых овцематок, этот факт затрудняет анализ перспективного молодняка и селекционно-значимых баранов-производителей. Чтобы преодолеть такие ограничения, исследователи картировали локусы количественных признаков (QTL) и идентифицировали геномные области-кандидаты для целевых признаков у овец (Zhang H. et al., 2012) [189]. Молекулярные методы, основанные на ДНК-исследованиях, сделали возможным генотипирование животных любого возраста и пола, тем самым предоставляя потенциально более эффективный и гибкий инструмент отбора (Денискова Т.Е. и соавт., 2020; Abousoliman I. et al., 2020) [30, 91].

Отбор с помощью маркеров (Marker Assisted Selection, MAS) – это процесс непрямого отбора, при котором интересующий признак выбирается не на основе самого признака, а на основе связанного с ним маркера. Преимущество использования MAS заключается в том, что влияние генов на продуктивность непосредственно измеряется на генетическом уровне, с учётом фенотипических особенностей. Интеграция традиционного метода отбора с методами молекулярной генетики, будет способствовать успешной селекционно-племенной работе (Селионова М.И., Айбазов А.-М.М., 2014) [69].

Важной характеристикой генетических маркеров является полиморфизм, представляющий собой изменения в нуклеотидной последовательности ДНК-маркера, обусловленные различными типами мутаций, его проявления – аллельный спектр. Наличие двух или более аллелей является необходимой предпосылкой для использования локуса в качестве возможного генетического маркера. Генотип можно назвать гомозиготным, когда два аллеля идентичны, или гетерозиготным, когда аллели различны. Не все локусы в геноме являются полиморфными (т.е. обладают несколькими аллельными основаниями),

существуют участки генома, где все особи в популяции гомозиготны (Широкова Н.В. и соавт., 2015) [83]. Когда в локусе выявляется полиморфизм, называемый SNP (однонуклеотидный полиморфизм), он представляет интерес для крупномасштабного генотипирования.

Генетическая изменчивость, присутствующая в популяции, является результатом естественной модификации генома из поколения в поколение, то есть геном потомка не является точной комбинацией генома его родителей, так как существует феномен мутации (Goddard M.E., Hayes B.J., 2009) [127].

С 1990 годов идентификация локус количественного признака (QTL) у сельскохозяйственных животных позволила составить карту генетического детерминизма фенотипов, представляющих интерес для разведения, и определить местонахождение основных генов, содержащих точечные мутации (Hu Z.L. et al., 2013) [136]. Количество исследований QTL на овцах относительно невелико по сравнению с исследованиями на крупном рогатом скоте и свиньях. Текущая база данных QTL овец (Sheep QTLdb) содержит информацию о 1658 QTL для 225 различных признаков (Hu Z.L. et al., 2016) [137].

В своей работе X.U. Song-Song и L.I. Meng-Hua обобщили исследования о генетических механизмах и предоставили важную информацию о функциональных генах и генетических вариантах, связанных с экономически важными признаками овец (мясо, рост, молоко, шерсть, размножение) (Song-Song X.U. и Meng-Hua L.I., 2017) [177].

В 2019 году A.S. Zlobin и соавторы провели всесторонний поиск QTL, сосредоточив внимание на однонуклеотидных полиморфизмах, связанных с признаками роста и мяса у овец. В результате исследований была создана база данных, содержащая информацию о 156 ассоциациях SNP с признаками (123 уникальных SNP) и список из 165 ассоциированных генов (Zlobin A.S. et al., 2019) [190].

Многими отечественными исследователями так же установлено влияние генетического полиморфизма генов-кандидатов на продуктивные признаки овец.

В литературе чаще встречаются исследования, связанные с репродуктивными, мясными и откормочными качествами, овец (Колосов Ю.А. и соавт., 2015; Дейкин А.В. и соавт., 2016) [46, 28]. Исследовательских статей, посвященных влиянию полиморфизма генов на молочную продуктивность овец, значительно меньше. Возможно, это связано с отсутствием отечественных специализированных молочных пород овец.

Список ДНК-маркеров постоянно дополняется, поиск мутаций, вызывающих изменение экономически значимых признаков, представляет огромный интерес в животноводстве. Гены дифференциального фактора роста (*GDF9*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (β -*LG*) на сегодняшний день считаются одними из самых перспективных генов-маркеров, ассоциированных с основными хозяйственно-полезными признаками овец, уровень проявления которых напрямую определяется экономическим успехом развития молочного овцеводства (Marina H. et al., 2020) [147].

Ген дифференциального фактора роста (GDF9) является составляющим суперсемейства трансформирующего фактора роста бета (*TGFb*) (Sudiman J. et al., 2014; Getmantseva L. et al., 2019) [181, 123]. Исследования по изучению роли *GDF9* в фолликулогенезе показали, что он выполняет важную роль в поддержании нормального фолликулогенеза яичников у овец и является ооцит-специфическим фактором роста и играет ключевую роль в росте и дифференцировке клеток гранулезы, а также в формировании клеток теки и, соответственно, влияет на фертильность большинства видов млекопитающих (Gorlov I.F. et al., 2018) [128].

У овец ген *GDF9* расположен на 5 хромосоме, последовательность составляет 2491 п.н., состоит из двух экзонов (первый экзон содержит 397 п.н., кодирующих 134 аминокислоты, второй экзон – 968 п.н., кодирующих 322 аминокислоты), разделённых одним интроном (1126 п.н.). Пропептид представлен 453 аминокислотами, зрелый пептид состоит из 135 аминокислот (Ghaderi A. et al., 2010; Kolosov Yu.A. et al., 2015) [124, 145].

Bodensteiner K.J. и соавторы [107] в 1999 году были первыми, кто установил экспрессию гена *GDF9* в яйцеклетках овец.

В исследованиях Hanrahan J.P. и соавторов в гене *GDF9* было выявлено 8 полиморфизмов: G1-G8. Три мутации из восьми – G2, G3 и G5, не приводят к изменению аминокислотной последовательности. Пять оставшихся нуклеотидных замен – G1, G4, G6, G7 и G8, приводят к заменам аминокислот (Hanrahan J.P. et al., 2004) [134].

Kolosov Yu.A. и соавторы методом ПЦР-ПДРФ определили полиморфизма *GDF9* у овец сальской и романовской пород в точках G1 (G260A) и G4 (G721A). У сальской породы овец в точке G1 частота встречаемости аллеля A составляла 0,05, аллеля G – 0,95; в точке G4 частота аллеля A – 0,95 и аллеля G – 0,05. В романовской породе в точке G1 частота встречаемости аллеля A составляла 0,20, аллеля G – 0,80; в точке G4 частота A составляла 0,80 и аллеля G – 0,20 (Kolosov Yu. A. et al., 2015) [145].

При исследовании полиморфизма гена *GDF9* в популяции овец дагестанской горной породы, распределение гомозиготных генотипов *GDF9^{AA}* и *GDF9^{GG}* составило 20,0 и 80,0 % соответственно, однако при этом отсутствовал гетерозиготный *GDF9^{AG}* генотип. В поместном стаде этих овец (дагестанская горная × дорпер) частота встречаемости полиморфизм гена *GDF9* составила 0,19 для аллеля *GDF9^A* и 0,81 для аллеля *GDF9^G*, что обеспечило присутствие (61,0 %) гомозиготного *GDF9^{GG}* и гетерозиготного *GDF9^{AG}* (39,0 %) генотипов, при этом не было ни одного животного с генотипом *GDF9^{AA}* (Абдулмуслимов А.М. и соавт., 2020) [1].

И.Ф. Горлов с соавторами отмечают, что частота аллеля *GDF9^A* гена дифференциального фактора роста 9 у эдильбаевской породы составила 0,05, аллеля *GDF9^B* – 0,95, а у овец волгоградской породы аллель *GDF9^A* встречался с частотой 0,08, аллель *GDF9^B* – 0,92 (Горлов И.Ф. и соавт., 2021) [22].

K.I. Jawasreh и Z.B. Ismail, проводя исследования по определению корреляции между полиморфизмом гена фактора дифференцировки роста 9 с

признаками роста у ягнят авасси, выявили два генотипа – $GDF9^{AB}$ и $GDF9^{BB}$, с частотой 0,96 и 0,04 соответственно. Также в работе было отмечено, что связь между какими-либо признаками роста до отъёма и вариантами $GDF9$ не установлена (Jawasreh K.I., Ismail Z.B., 2018) [138].

Результаты исследований гена $GDF9$ у овец горно-алтайская шерстно-мясной породы показывают, что частота встречаемости аллеля $GDF9^A$ – 45,0 %, тогда как на долю аллеля $GDF9^G$ приходится 55,0 % (Селионова М.И. и соавт., 2020) [75].

Имеются данные о влиянии полиморфных вариантов гена $GDF9$ репродуктивные функции, живую массу, мясную и молочную продуктивность овец разных пород.

В результате исследований, проведенных А. Barzegari и соавторами, была обнаружена мутация G1 у иранских пород могани и гезель. Овцы с гетерозиготным генотипом были более плодовитыми, и двойные помёты встречались чаще (53,8 %), в то время как у гомозиготных овец доля двойных помётов была небольшой (6,3 %) (Barzegari A. et al., 2009) [103].

В литературе имеются противоречивые данные об ассоциации гомозиготных и гетерозиготных генотипов с размером помёта или частотой овуляции. Например, исследование, проведённое на бангладешских овцах, показало, что гомозиготные овцы (AA) имели более высокий коэффициент окота ($2,00 \pm 0,41$), чем гетерозиготные (GA) ($1,59 \pm 0,41$). Напротив, у сальской и волгоградской породы были более высокие показатели ягнения (от $1,80 \pm 0,12$ до $1,88 \pm 0,17$) у гетерозиготных (AG) овец по сравнению с гомозиготными (GG) овцами (от $1,13 \pm 0,09$ до $1,22 \pm 0,11$) (Gorlov I.F. et al., 2018) [128].

I.K. Jawasreh, Z.B. Ismail сообщили, что гомозиготные овцы (MM) по гену $GDF9$ произвели на 0,792 ягнят больше, чем гетерозиготные генотипы (NM) (Jawasreh I.K., Ismail Z.B., 2018) [138].

Однако в другом исследовании сообщалось о том, что ни мутация G1, ни мутация G4 не были связаны с размером приплода у ряда иранских пород овец: афшари, гезэль, лори-бахтиари и шал (Eghbalsaied S. et al., 2017) [116].

F.L.J. Al-Khuzai, J.R. Ahmed проводили исследование с целью выявления полиморфизма гена *GDF9* в первом экзоне для определения взаимосвязи между генотипами и продуктивными, репродуктивными признаками овец авасси. Было выявлено, что влияние генотипа *GDF9* на общую молочную продуктивность и период лактации было незначительным, однако по процентному содержанию жира и сухих обезжиренных веществ преобладали животные с гетерозиготным генотипом GA (Al-Khuzai F.L.J., Ahmed J.R., 2019) [94].

Нужно отметить, что большое влияние на молочность овцематок оказывает количество ягнят, выращенных под ней. С повышением плодовитости маток их молочная продуктивность повышается. Принято считать, что у овцематок с двойнёвым приплодом, молочность выше на 30,0-40,0 %, по сравнению с матками, имеющими одного ягнёнка (Владимиров Н.И., и соавт., 2009) [18].

Ген пролактина (PRL) у овец располагается на 20 хромосоме, включает пять экзонов и четыре интрона. Белковый продукт данного гена является лактогенным гормоном, который секретируется в передней доле гипофиза и выполняет ряд важных физиологических функций. Процесс транскрипции гена *PRL* подвергается регулируемому воздействию со стороны множества факторов, среди которых ключевое место занимают другие гормоны и нейромедиаторы. Помимо гипофиза, пролактин вырабатывается клетками центральной нервной системы, эндометрия, молочной железы, простаты, лимфоцитами. *PRL* также присутствует в спинномозговой, слезной, фолликулярной и амниотической жидкостях, грудном молоке и в крови (Soares M.J., 2004) [176]. За счёт широкой секреции пролактин оказывает влияние на многие важные процессы внутри организма: участвует в регуляции развития молочных желёз, инициировании и поддержании лактации, иммунной модуляции, осморегуляции и модификации поведения. На клеточном

уровне *PRL* проявляет митогенную, морфогенную или секреторную активность (Ben-Jonathan N. et al., 2008) [104].

Согласно данным, основное действие пролактина связано с размножением и лактацией. Секреция гена способствует созреванию молока из молозива, оказывает влияние на молочные альвеолы, тем самым воздействуя на синтез и секрецию молочных белков. Снижение секреции гормона сказывается на резком снижении выработки молока (Knight С.Н., 2001; Khaizaran Z. et al., 2014) [144, 142].

У сельскохозяйственных животных ген пролактина относится к молекулярным маркерам молочной продуктивности, о чём свидетельствует ряд исследований. И.Ю. Долматова [32] приводит данные о влиянии полиморфных вариантов *PRL* на показатели молочной продуктивности у коров бестужевской и симментальской пород. Согласно полученным результатам, животные бестужевской породы с генотипами *PRL^{BB}* и *PRL^{AB}* имели высокие показатели надоев, в то время как животные симментальской породы достоверных различий не показали (Долматова И.Ю., 2010) [32].

Ряд исследований подтверждают положительную динамику влияния генотипа *PRL^{BB}* на показатели молочной продуктивности у других пород крупного рогатого скота (Горячева Т.С., Гончаренко Г.М., 2010; Епишко О.А. и соавт., 2017; Закирова Г.М. и соавт., 2011) [24, 39, 40]. Напротив, у коров красной степной породы выявлена достоверная связь генотипа *PRL^{AA}* с показателями удоя за лактацию (Леонова М.А. и соавт., 2016) [53].

У овец ген *PRL* расположен в области 20 хромосомы, где был определён предполагаемый QTL (локус количественного признака), связанный с процентным содержанием жира (Gutiérrez-Gil В., 2009) [133] и выхода молока, жира и белка (Barillet F., 2005) [102]. Полиморфизмы А и В, идентифицированные в интроне 2, оказывают значительное влияние на показатели молока у овец. Так, генотип *PRL^{BB}* связан с высоким содержанием белка и жира, а также высокими показателями удоя у овец серра-да-эштрела (Ramosa А.А.М. et al., 2009) [167].

Однако в работе E.A. Staiger с соавторами, проведённой на восточно-фризских овцах, приводятся данные, демонстрирующие сильную связь генотипа PRL^{AA} с высоким уровнем удоя (Staiger E.A. et al., 2010) [178].

Дальнейшие исследования позволили подтвердить влияние полиморфных вариантов пролактина с признаками молочной продуктивности у других пород овец (Staiger E.A., 2010; Ozmen O., 2016; Gras M.A. et al., 2016; Padilla P. et al., 2018) [178, 158, 130, 159].

P. Padilla и соавторы проанализировали действие делеции g.460_483del, расположенной в интроне 2, для аллеля PRL^{BB} на молочные показатели у испанских мериносовых овец. Согласно полученным результатам, у овец, несущих делецию – генотип PRL^{BB} , наблюдалось более высокое содержание белка по сравнению с овцами с генотипом PRL^{AA} (Padilla P. et al., 2018) [159]. Следовательно, PRL может действовать как ген-маркер для признаков молочной продуктивности овец.

Ген бета-лактоглобулин (β -LG). Биологической функцией бета-лактоглобулина является участие в регуляции обмена фосфора в молочной железе, транспорте ретинола и жирных кислот в кишечнике. Бета-лактоглобулин является основным сывороточным белком в молоке жвачных животных. Он не обнаружен в молоке человека, грызунов, кроликов и верблюдов (Pérez M.D. et al., 1995) [162]. Синтезируется секреторирующими клетками молочной железы, причём высокий уровень экспрессии приходится на период беременности и вскармливание (Clark A.J. et al., 1998) [111]. В сыворотке овечьего молока доля бета-лактоглобулина составляет 17,0-22,0 % от общего количества белков (Selvaggi M. et al., 2015) [171].

У жвачных животных ген β -LG является высокополиморфным. Так, у крупного рогатого скота известно 12 полиморфных вариантов этого белка, причём варианты А и В являются наиболее часто встречаемыми и обычно связаны с показателями выхода и качества молочного белка (Ахметов Т.М. и соавт., 2010; Martin P. et al., 2013; Калашникова Л.А., и соавт., 2015) [7, 149, 41]. Так,

например, генотип АА связывают с высоким надоем и содержанием сывороточных белков (Strzalkowska N. et al., 2002) [180]. Другие учёные отмечают, что присутствие В-аллеля гена бета-лактоглобулина в генотипе животных значительно улучшает характеристики казеинового сгустка, что очень важно в сыроделии (Ахметов и соавт., 2010) [7].

Полиморфизм гена бета-лактоглобулина был исследован у многих пород овец. В базе данных нуклеотидных последовательностей в сборке Oar_v3.1-oviAri3 ген β -LG обозначен как PAEP. В геноме овец он находится на 3 хромосоме и состоит из 6 экзонов и 5 интронов. Проведённые исследования позволили идентифицировать в пределах экзона 2 три аллельных варианта (А, В и С) на основании различных аминокислотных замен (Rozbicka-Wieczorek A., 2015) [170]. Генетический вариант β -LG^A отличается от варианта β -LG^B аминокислотной последовательностью в положении 20 (Tyr → His) (Kolde H.J., Braunitzer G., 1983; Bell K., 1997) [143, 105]. Позже F. Erhardt обнаружил новый и редкий вариант, обозначенный как β -LG^C, который является подтипом β -LG^A и отличается заменой аминокислоты в положении 148 (Arg → Gln) (Erhardt F., 1989) [118]. Аллели β -LG^A и β -LG^B оказались наиболее распространёнными и обнаружены у многих пород овец, в то время как β -LG^C обнаружен только у нескольких пород, таких как мериноланд, лача, карранцана, испанский меринос, серра да эштрела, белый меринос и черный меринос (Selvaggi M., 2015) [171].

G. Erhardt предположил, что аллель β -LG^C, возможно, произошёл от испанских мериносов, учитывая, что и мериноланд, и венгерский меринос, у которых был обнаружен данный аллель, содержат кровь испанских мериносов (Erhardt G., 1989) [118]. Эта гипотеза может быть подкреплена обнаружением аллеля β -LG^C у чёрных и белых мериносов (Ramos A.M. et al., 2009) [167].

Четыре породы овец из Саудовской Аравии оказались мономорфными: в частности, у пород ноами и савакни обнаружен только аллель β -LG^A; тогда как породы нагди и гарри были генотипированы как β -LG^B (El-Shazly S.A. et al., 2012) [117]. Более того, у большинства пород овец из Индии преобладал аллель В.

R. Arora и соавторы предположили, что аллель В можно считать наследственным вариантом β -LG у индийских овец (Arora R., 2010) [97]. Фактически, у многих пород из Индии частота аллеля В была выше, чем у пород из Юго-Западной Азии, Восточной и Центральной Европы, и стран Средиземноморья. Кроме того, лишь несколько исследований по полиморфизмам β -LG проводились в странах, отличных от Европы и Азии; породы овец из Африки, Америки и Океании показали частоту аллеля А в пределах 0,704-0,950, а аллеля С не было обнаружено (Selvaggi M., 2014) [171].

Дальнейшие исследования показали влияние полиморфных вариантов гена бета-лактоглобулина на такие показатели молока, как надои, содержание белка, жира и лактозы, а также на его свойства. Роль различных генетических вариантов гена β -LG, на показатели качества молока у испанских мериносовых овец была изучена в работе P. Padilla [159] и соавторов. Был проанализирован несинонимичный вариант g.1617T>C, расположенный в экзоне 2. Этот SNP (rs 430610497) вызывает замену p.Tyr38His, которая различает аллели β -LG^A и β -LG^B. По всем признакам качества молока (процентное содержание жира, белка, общего количества сухих веществ) овцы с генотипом β -LG^{AA} демонстрировали более высокие показатели, чем овцы β -LG^{BB}. Аллель β -LG^A показала значительное положительное влияние только на процент белка (ПБ) и процент жира (ПЖ). Овцы, несущие один аллель β -LG^A, продуцировали на +0,136 и +0,140 больше ПБ и ПЖ, чем овцы без аллеля А (Padilla P. et al., 2018) [159].

В исследовании, проведённом на овцах пород лакон и восточно-фризской, приводятся данные по влиянию полиморфных вариантов генов на их молочную продуктивность (Giambra I.J. et al., 2014) [126]. Согласно полученным результатам, аллель А преобладает в группе восточно-фризских овец (0,83) в сравнении с породой лакон (0,45), в то время как у лаконов более высокую частоту встречаемости имела аллель В (0,55). Животные с генотипов β -LG^{AB} у восточно-фризских овец имели высокие показатели удоя, но более низкое содержание жира и белка, чем у животных с генотипом β -LG^{AA}. У овец породы

лаконт генотип $\beta-LG^{AB}$ характеризуется более высокими показателями молочной продуктивности, в то время как $\beta-LG^{BB}$, вероятно, оказывает влияние на низкие надои, что уже ранее описано в работе А. Nudda и соавторов у сардинских овец (Nudda A., 2003) [156]. Поскольку результаты, касающиеся молочной продуктивности и генотипов $\beta-LG$, являются противоречивыми (Barillet F. et al., 2005) [102], необходимы дальнейшие исследования.

Изучение полиморфизма генов, связанных с хозяйственно-полезными признаками у сельскохозяйственных животными, в частности у молочных овец, является перспективным направлением научных исследований. Можно с уверенностью констатировать, что ведение селекционно-племенной работы с учётом генотипирования по аллельным вариантам генов-маркеров позволит расширить научные познания о генетическом потенциале животных и будет способствовать раскрытию механизмов формирования признаков их молочной продуктивности.

2.2. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведённые исследования, анализ полученных результатов позволили получить новые данные, которые были опубликованы в следующих работах автора:

Публикации в журналах ВАК Минобрнауки РФ и работы к ним приравненные:

1. 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. – doi: 10.26897/2074-0840-2021-3-28-31.

2. **Евлагина**, Д.Д. Полиморфизм генов пролактина (PRL), бета-лактоглобулина (B-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. – doi: 10.30914/2411-9687-2021-7-4-335-342.

3. **Евлагина**, Д.Д. Связь генотипов по генам β -LG и PRL с молочной продуктивностью овец породы лакон, составом и выходом сыра / Д.Д. Евлагина, М.И. Селионова // Зоотехния. – 2022. – №4. – С.37-40.

Публикации в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus:

4. Selionova, M. Lacaune Sheep Beta-Lactoglobulin (β -LG) Gene Polymorphism and the Relationship of Its Genotypes to Milk Productivity Indices / M. Selionova, S. Svetlichny, **D. Evlagina** // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 354 LNNS. – P. 270-276. – doi: 10.1007/978-3-030-91405-9_29.

Публикации в других изданиях

5. Селионова, М.И. Полиморфизм генов PRL, B-LG у овец породы лакон / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, Е.С. Суржикова, Д.Д. Петухова (Д.Д. **Евлагина**), С.И. Светличный // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по

зоотехнии и ветеринарии. – 2020. – Т. 9. – № 1. – С. 54-57. – doi:10.34617/e8nh-z971.

6. **Петухова, Д.Д. (Евлагина Д.Д.)** Характеристика аллельного спектра генов GDF9, PRL, β -LG овец породы лакон / **Д.Д. Петухова (Д.Д. Евлагина)** // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5(13). – С. 73-79. – doi: 10.25930/2687-1254/012.5.13.2020.

7. Селионова, М.И. Полиморфизм гена GDF9 и его связь с молочной продуктивностью овец породы лакон / М.И. Селионова, **Д.Д. Евлагина**, С.И. Светличный // В сборнике: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных». – 2021. – С. 396-403.

8. **Евлагина, Д.Д.** Биохимические показатели крови овец породы лакон разных генотипов по гену пролактина / Д.Д. Евлагина // Генетика, селекция, биотехнология: интеграция науки и практики в животноводстве: Материалы международной научно-практической конференции, Пушкин, 01–03 декабря 2021 года. – Пушкин: Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных РАСХН, 2021. – С. 53-55.

9. **Евлагина, Д.Д.** Молочная продуктивность овец породы лакон разных генотипов по гену бета-лактоглобулина (β -LG) / **Д.Д. Евлагина**, М.И.Селионова // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции «Геномика животных и биотехнологии», Махачкала, 22-23 декабря 2021 г. – Дагестанский аграрный университет им. М.М. Джамбулатова – Ставропольский аграрный университет, 2021. – С. 142-146.

Методические рекомендации

10. Система комплексной оценки селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК-диагностики: Методические рекомендации / Чижова Л.Н., Бобрышова Г.Т., Суржикова Е.С., Ефимова Н.И., Михайленко Т.Н., Селионова М.И., Михайленко А.К., Оздимиров А.А., Луцива Е.Д., **Петухова Д.Д. (Евлагина Д.Д.)**, Саприкина Т.Ю., Суховеева А.В., Чудновец А.И., Евлагин В.Г. – Ставрополь. – 2020. – С. 97.

2.2.1. Материал и методы исследований

Условия проведения опыта. Научно-исследовательская работа проводилась в период 2019-2021 гг. в крестьянско-фермерском хозяйстве (КФХ) «Николаев» Краснодарского края Крымского района. Ферма расположена недалеко от реки Адагу, в предгорье Кавказского хребта. Климат умеренно-континентальный, средняя температура воздуха летом составляет +24 °С, в зимний период +4 °С. Среднегодовое количество осадков – 450-480 мм. Растительность типичная для среднеувлажненной зоны степей Предкавказья.

Овцы находились на стойловом содержании, в сухой овчарне на глубокой соломенной подстилке, обеспечивающей сбор влаги и экскрементов. Микроклимат комфортный для содержания овец обеспечивается аэрационным коньком, который располагается вдоль всей кровли помещения, также по периметру здания есть «разгонные» вентиляторы над «кормовым столом». В помещениях, где содержатся овцематки породы лакон, поддерживается оптимальная температура от +12 °С до +24 °С.

В осенне-зимний период кормление овец осуществляется однотипным монокормом, состоящим из 60,0 % объёмистых кормов (сено луговое, люцерновое, сенаж злаково-бобовый, жом свекловичный силосованный) и 40,0 % концентрированных кормов (гранулы злаково-бобового комбикорма с содержанием 17,5 % протеина). В весенне-летний период жом силосованный и сенаж злаково-бобовый постепенно заменяются на зелёную массу люцерны (из расчёта 1 кг на одно животное в сутки). Групповое водопоение осуществляется циркуляционной системой с подогревом и подачей воды в автопоилки чашечного типа.

Доение овцематок породы лакон проводится дважды в сутки с 12 часовым интервалом. Доильная установка компании «Gea Farm Technologies» параллель «Mdisplacement 2x16», доильный аппарат – «TOP FLOW» с автоматическим

съёмом. Согласно ветеринарно-санитарным правилам, для каждого животного используются индивидуальная влажная салфетка, дезинфицирующего средства «до доения» и «после доения». Все технологические манипуляции квалифицированные рабочие производят в специальных костюмах и одноразовых полимерных перчатках. Полученное молоко по молокопроводу поступает в танк-охладитель. Период лактации овематок составляет 180 дней.

Объектом исследования были овцематки породы лакон (Lacaune) в количестве 248 голов. В хозяйство овцы были завезены в 2015 году из коммуны Бараквиль, находящейся на юге Франции в местности Пиренеи, административного центра кантона Бараквиль-Совтер Департамента Аверон.

Эксперименты на животных проводились в соответствии с принципами Европейской конвенции по охране позвоночных животных, используемых для эксперимента или в иных научных целях.

Научно-исследовательская работа проводилась согласно схеме опыта, представленной на рисунке 3.

Молекулярно-генетический анализ. Лабораторные исследования проводились в лицензированной лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, отдела генетики и биотехнологии ВНИИОК-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» (свидетельство ПЖ-77 № 008326 от 18.04.2018 г.).

Биологическим материалом для исследований служила ДНК, выделенная из цельной крови животных. Периферическую кровь отбирали путём пункции яремной вены овец в вакуумные пробирки типа Vacuette объёмом 6,0 мл с добавленной в качестве антикоагулянта соли этилендиаминтетраацетата (ЭДТА^{K2}) в конечной концентрации 2,0 мг/мл. С соблюдением температурного режима в термосумке с хладогентами кровь доставлялась в лабораторию в течение суток.

Геномную ДНК выделяли при помощи коммерческого набора реагентов «*DiatomtmDNAPrep200*» согласно протоколу, представленного изготовителем («Изоген», Россия). Выход чистой ДНК составил 3-5мкг из 100 мкл крови с коэффициентом поглощения 260/280 в диапазоне 1,6 – 2,0.



Рисунок 3 – Схема опыта

Для постановки полимеразно-цепной реакции (ПЦР) использовались коммерческие наборы «GenPak™ PCR Core» («Изоген», Россия), предназначенные для проведения ПЦР амплификаций ДНК. Мастермиксы содержат все необходимые для проведения отдельной реакции компоненты, включая ингибированную для «горячего старта» Taq ДНК полимеразу, смесь высокоочищенных 2'-дезоксинуклеозид-5'-трифосфатов (dATP, dTTP, dGTP, dCTP) и краску для электрофореза.

Методом ПЦР-ПДРФ (полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) проводилось генотипирование исследуемого поголовья овец, по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG* на программируемом четырёхканальном термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-технология» (Россия) в общем объёме реакционной смеси 20 мкл с использованием специфических нуклеотидных последовательностей (праймеров), синтезированных в научно-производственной лаборатории «Синтол» (Москва) (таблица 4).

Таблица 4 – Условия ПЦР-ПДРФ для исследуемых полиморфных генов

Нуклеотидные последовательности (праймеры)	Амплификат, п.н.	Эндонуклеаза	Сайт узнавания рестриктазы	Генотипы
<i>GDF9</i>				
F: 5' - gaagactggatggggaatg - 3' R: 5' - ccaatctgctcctacacacct - 3'	462	BstHI I	5'...GCG↑C...3' 5'...C↓GCG...3'	AA/AG/GG
<i>PRL</i>				
F: 5' - cgagtccttatgagcttgattctt - 3' R: 5' - gcctccagaagtcgttgttttc - 3'	1209	Hae III	5'...GG↑CC...3' 5'...CC↓GG...3'	AA/AB/BB
β - <i>LG</i>				
F: 5' - ctctttgggttcagtgtgagtcttg - 3' R: 5' - caccatttctgcagcaggatctc - 3'	301	Rsa I	5'...GT↑AC...3' 5'...CA↓TG...3'	AA/AB/BB

Амплификация фрагмента гена дифференциального фактора роста (*GDF9*) проводилась в соответствии со следующим режимом: первоначальная денатурация при 94°C – 2 минуты (1 цикл); денатурация 94°C – 30 сек, отжиг

63°C – 40 сек, элонгация 72°C – 30 сек (35 циклов); завершающая элонгация при 72°C – 4 мин (1 цикл) (Чижова Л.Н. и соавт., 2020; Селионова М.И. и соавт., 2021) [82, 71].

Для амплификации фрагментов гена пролактин (*PRL*) и бетта-лактоглобулин (β -*LG*) условия ПЦР были следующие: первоначальная денатурация при 95°C – 5 минут (1 цикл); денатурация 95°C – 30 сек, отжиг (*PRL* 56°C/ β -*LG* 58°C) – 40 сек, элонгация 72°C – 40 сек (33 цикла); завершающая элонгация при 72°C – 7 минут (1 цикл) (Чижова Л.Н. и соавт., 2020; Евлагина Д.Д., 2021) [82, 35].

Методом горизонтального гель-электрофореза при ультрафиолетовом свете определялось число и длина рестрикционного фрагмента в агарозном геле (*GDF9* – 2,0 %; *PRL* – 3,0 %, β -*LG* – 1,8 %) разной концентрации с присутствием 10,0 % бромистого этидия (10,0 мкл). Стандартный набор M50 «GenePakDNAMarkers» («Изоген», Россия) использовался в качестве маркера молекулярных масс.

В результате ПЦР был амплифицирован фрагмент гена *GDF9*, размер которого составил 462 п.н. Рестрикция полученного амликона с помощью эндонуклеазы *Bst*HI I позволила идентифицировать три генотипа. На электрофореграмме были получены фрагменты гомозиготных генотипов: *GDF9*^{GG} длиной 254 и 117 п.н., *GDF9*^{AA} – 410 п.н., гетерозиготный генотип *GDF9*^{AG} имел длины 410, 254 и 117 п.н. Электрофореграмма фрагментов рестрикции представлена на рисунке 4.

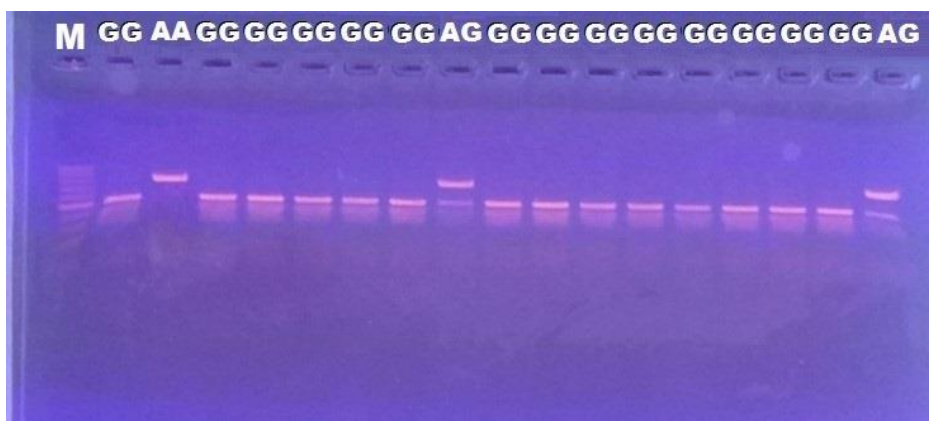


Рисунок 4 – Фореграмма 2,0 % агарозного геля по гену *GDF9/Bst*HI I
Обозначения: М – ДНК-маркер 50 п.н. (Изоген)

Аmplицированный фрагмент гена *PRL* длиной 1209 п.н. расщепляли с помощью эндонуклеазы *HaeIII*, что позволило идентифицировать три генотипа. Гомозиготному генотипу *PRL^{AA}* характерны длины фрагментов 540, 370, 147 и 152 п.н., генотипу *PRL^{BB}* 517, 370, 147 и 152 п.н., гетерозиготный генотип имел длины фрагментов рестрикции 540, 517, 370, 147 и 152 п.н. Электрофореграмма фрагментов рестрикции представлена на рисунке 5.

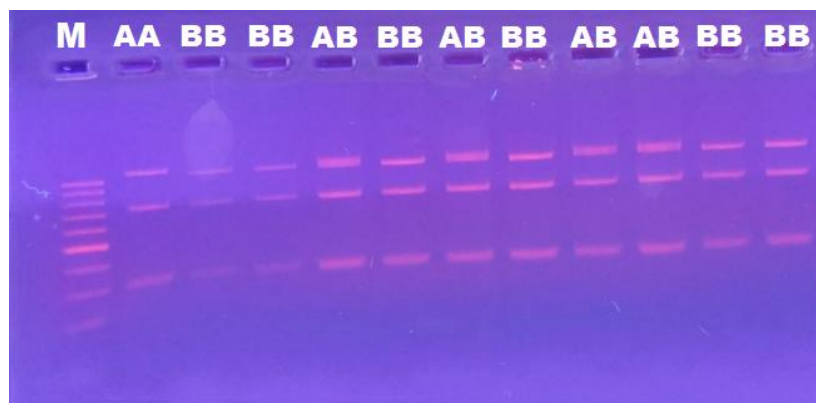


Рисунок 5 – Фореграмма 3,0 % агарозного геля по гену *PRL/Hae III*
Обозначения: М – ДНК-маркер 50 п.н. (Изоген)

После амплификации гена *β -LG* получили фрагмент длиной 301 п.н., который затем был разрезан эндонуклеазой рестрикции *RsaI*. Гомозиготному генотипу *β -LG^{AA}* характерны фрагменты рестрикции длиной 241 и 60 п.н., гетерозиготному генотипу *β -LG^{AB}* соответствуют фрагменты рестрикции длиной 241, 175, 66 и 60 п.н. Для гомозиготного генотипа *β -LG^{BB}* характерны длины фрагментов рестрикции 175, 66 и 60 п.н. Электрофореграмма фрагментов рестрикции представлена на рисунке 6.

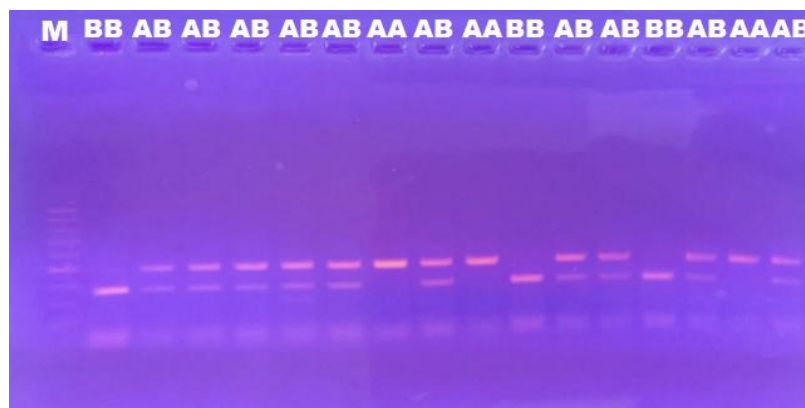


Рисунок – 6 Фореграмма 1,8 % агарозного геля по гену *β -LG/Rsa I*
Обозначения: М – ДНК-маркер 50 п.н. (Изоген)

По результатам тестирования были сформированы группы животных в соответствии с установленными генотипами по ДНК-маркерам и проведены исследования показателей молочной продуктивности и технологических свойств молока.

Биохимические исследования крови. Для биохимического исследования крови овец породы лакон отбор проб проводили до утреннего кормления из ярёмной вены. Все животные относились к клинически здоровым, не имеющие патологических болезней, которые в свою очередь могли оказывать влияния на биохимические показатели. С использованием автоматического биохимического анализатора согласно существующим методикам «Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник» (Кондрахин И.П., 2004) [47] и Методических указаниях по применению унифицированных биохимических методов исследования крови, мочи в ветеринарных лабораториях (Самохин В.Т. и др., 1981) [56], определялись такие показатели как общий белок и его фракции (альбумины, глобулины) аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), мочевины, креатинин, щелочная фосфатаза. По содержанию Т-, В-клеток в периферической крови, используя микро метод образования Е-розеток (Е-РОК и ЕАС-РОК), согласно методических рекомендаций Г. Фримеля [81] судили об уровне клеточного и гуморального иммунитета.

Методика определения молочной продуктивности овец и сыропригодности молока. Молочную продуктивность определяли путём контрольных доек овцематок каждые 14 дней, а также с использованием данных зоотехнического и племенного учёта хозяйств, на основе следующих документов: материалы годовых отчётов, документы первичного зоотехнического учёта. При помощи анализатора «Лактоскан М», согласно протоколу исследования, определялись качественные показатели молока – процентное содержание жира, белка. Отбор проб молока для исследований осуществлялся в соответствии с государственными стандартами (ГОСТ 26809.1-2014) [25].

Из молока, полученного от овец разных генотипов по генам пролактин и бета-лактоглобулин, на сыродельне ООО «Долина Лефкадия» был изготовлен сыр типа «Адыгейский» и проведена оценка его органолептических характеристик согласно ГОСТу 32263-2013 «Сыры мягкие. Технические условия» [26].

Живую массу подопытных животных определяли путём индивидуального взвешивания на электронных весах с точностью до 0,5 кг, утром до кормления.

Для изучения зависимости молочной продуктивности овцематок разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL* и *β-LG* от живой массы был вычислен коэффициент молочности, который определили по формуле:

$$KM = \frac{\text{Удой}}{\text{живая масса} \times 100}, \quad (1)$$

Математическая обработка данных. Обработка цифрового материала исследований осуществлялась с использованием компьютерных программ BioStat, пакета программ «Microsoft Office» и методом вариационной статистики (Орлова Н.Н., 1991) [64] с определением достоверности различий по t-критерию Стьюдента при трёх уровнях вероятности ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

Подсчёт частоты встречаемости генотипов определялся по формуле:

$$p = \frac{n}{N}, \quad (2)$$

где p – частота определённого генотипа;

n – количество животных, имеющих определённый генотип;

N – общее число животных.

Расчёт частоты встречаемости аллелей осуществлялся по формуле:

$$P(A) = \frac{2N_1 + N_2}{2n}, \quad (3)$$

где: P – частота встречаемости аллели; A – аллель;

N_1 – число гомозигот по исследуемому аллелю;

N_2 – число гетерозигот;

n – объём выборки животных.

Наблюдаемая гетерозиготность определена с помощью формулы:

$$H_{\text{obs}} = \frac{n}{N}, \quad (4)$$

где: H_{obs} – наблюдаемая гетерозиготность;

n – общее количество животных, гетерозиготных по исследуемому гену;
 N – общее число животных в выборке.

Формула для определения ожидаемой гетерозиготности

$$H_{ex} = 2pq, \quad (5)$$

где: H_{ex} – ожидаемая гетерозиготность;

p, q – частоты альтернативных аллелей.

Расчёт соответствия фактического распределения фенотипов теоритически ожидаемому по закону Харди-Вайнберга необходим для определения, сохранено ли генное равновесие в данной группе животных или оно нарушено.

Для каждого аллеля расчёт критерия соответствия Пирсона (χ^2) путём сравнения величины его частоты с той, которая получалась бы в случае абсолютно равномерного распределения аллелей для данной выборки, осуществлялось по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\Phi - T)^2}{T}, \quad (6)$$

где: Φ – фактическое число генотипов;

T – теоретическое число генотипов.

При уровне значимости 95,0 % и степени свободы равной единице критическим считалось значение $\chi^2 = 3,84$.

Ошибка частоты генотипов рассчитывалась по следующей формуле:

$$sp = \frac{\sqrt{p(1-p)}}{N}, \quad (7)$$

где: p – частота генотипа;

N – объём выборки.

Ошибка частоты аллелей рассчитывалась следующим образом:

$$sp = \frac{\sqrt{p(1-p)}}{2N}, \quad (8)$$

где: p – частота аллеля;

$2N$ – общее число аллелей в выборке.

2.2.2. Генетический полиморфизм в гене *GDF9*

В результате проведения молекулярно-генетических исследований у овец породы лакон ($n = 248$) в первом экзоне были определены аллельные варианты гена дифференциального фактора роста (*GDF9*) в точке G1, приводящие к миссенс-мутации. Установлено, что полиморфизм гена *GDF9* представлен мутантным аллелем *GDF9^A* и диким аллелем *GDF9^G* с разной частотой встречаемости (таблица 5).

Таблица 5 – Частота встречаемости генотипов и аллелей гена дифференциального фактора роста

Ген/ генотип	n	Частота встречаемости \pm sp		H _{obs}	H _{ex}	ТГ	χ^2
		генотипов	аллелей				
<i>GDF9^{GG}</i>	216	0,87 \pm 0,023	A – 0,10 \pm 0,037 G – 0,90 \pm 0,014	0,05	0,22	-0,17 H _{obs} < H _{ex}	105,83
<i>GDF9^{AG}</i>	15	0,06 \pm 0,062					
<i>GDF9^{AA}</i>	17	0,07 \pm 0,062					

Примечания: sp – ошибка частот генотипов/аллелей; уровень значимости $p < 0,05$

Частота встречаемости аллеля *GDF9^A* составила 0,10, аллеля *GDF9^G* – 0,90, что нашло отражение в наличии гомо- и гетерозиготных генотипов. Количество животных носителей гомозиготных генотипов составило 233 особи, при этом частота встречаемости *GDF9^{AA}* – 7,0 % ($n = 17$); *GDF9^{GG}* – 87,0 % ($n = 216$). Концентрация гетерозиготных животных *GDF9^{AG}* составила 6,0 % ($n = 15$).

Уровень ожидаемой (H_{ex}) гетерозиготности (0,22) гена *GDF9* был почти в четыре раза выше наблюдаемой (H_{obs}) гетерозиготности (0,05). Тест гетерозиготности (ТГ), свидетельствующий об уровне генетического разнообразия популяции, для гена *GDF9* был отрицателен (-0,17), что свидетельствует о недостатке гетерозигот в исследуемой популяции по данному гену.

Для оценки значимости селективного различия между генотипами, был рассчитан критерий соответствия Пирсона (χ^2), чтобы проверить соответствие фактических частот генотипов теоретически ожидаемым согласно закону Харди-Вайнберга. Расчёт критерия χ^2 гена *GDF9* равен 105,83, это позволяет сделать вывод о том, что генетическое равновесие по гену *GDF9* достоверно смещено в сторону гомозиготных генотипов – *GDF9^{AA}* и *GDF9^{GG}*.

2.2.3. Генетический полиморфизм в гене *PRL*

В ходе молекулярно-генетических исследований изучено действие делеции g.460_483del, расположенной во втором интроне гена пролактин у овец породы лакон. Анализом результатов генотипирования установлено, что полиморфизм гена пролактин (*PRL*) представлен двумя аллелями: *PRL^A*; *PRL^B* и тремя генотипами, гомозиготные: *PRL^{AA}*, *PRL^{BB}* и гетерозиготный *PRL^{AB}* с разной частотой встречаемости.

Для гена пролактина в исследованной породе характерна высокая (0,81) концентрация аллеля *PRL^A* и низкая (0,19) аллеля *PRL^B*. У овцематок преобладает гомозиготный тип *PRL^{AA}* 75,0 % (n = 186). Отмечена практически одинаковая частота встречаемости генотипов *PRL^{AB}* и *PRL^{BB}* – 13,0 % (n = 32) и 12,0 % (n = 30) соответственно (таблица 6).

Таблица 6 – Частота встречаемости генотипов и аллелей гена пролактина

Ген/ генотип	n	Частота встречаемости \pm sp		H _{obs}	H _{ex}	ТГ	χ^2
		генотипов	аллелей				
<i>PRL^{AA}</i>	186	0,75 \pm 0,032	А – 0,81 \pm 0,019 В – 0,19 \pm 0,035	0,15	0,22	-0,07 H _{obs} < H _{ex}	52,95
<i>PRL^{AB}</i>	32	0,13 \pm 0,059					
<i>PRL^{BB}</i>	30	0,12 \pm 0,059					
Примечания: sp – ошибка частот генотипов/аллелей; уровень значимости p < 0,05							

Количество животных носителей гомозиготных генотипов PRL^{AA} , PRL^{BB} в популяции составило 216 голов, гетерозиготных PRL^{AB} – 32 головы.

Уровень наблюдаемой гетерозиготности (H_{obs}) гена PRL составил 0,15, что на 31,8 % ниже ожидаемой (H_{ex}), которая соответствовала 0,22.

Анализ встречаемости разных вариантов аллелей и генотипов гена PRL показал, что в изучаемой породе овец преобладала аллель PRL^A и гомозиготный генотип PRL^{AA} , следовательно, в ожидаемом распределении отмечается снижение гетерозиготных особей. Это подтверждает тест гетерозиготности (ТГ), который для гена PRL отрицательный и составил 0,07.

С целью выявления соответствия фактических частот генотипов теоретически ожидаемым, согласно закону Харди-Вайнберга, и для оценки значимости селективного различия между генотипами, был рассчитан критерий соответствия Пирсона (χ^2). Полученное значение χ^2 для гена PRL составило 52,95, что свидетельствует о том, что фактическое распределение генотипов не соответствует теоретически ожидаемому за счёт преобладания гомозиготных особей.

2.2.4. Генетический полиморфизм в гене β -LG

Анализом исследований, проведённых с помощью метода ПЦР-ПДРФ по локусу гена β -LG у овец породы лакон, было выявлено два аллеля β -LG^A; β -LG^B и три генотипа β -LG^{AA}; β -LG^{BB}; β -LG^{AB} с разными частотами встречаемости.

Исследования показали, что во втором экзоне гена β -LG происходит трансверсия нуклеотидов тимина на цитозин (Т→С). Другими словами, аллель β -LG^A содержит тирозин, тогда как β -LG^B содержит гистидин. Мутация представляет собой миссенс-мутацию (rs 430610497), кодон САС заменяется на

кодон ТАС и, как следствие, гистидин в положении 38 заменяется на тирозин (р. His38Tyr).

В гене β -лактоглобулин отмечается почти в два раза преобладание аллеля β - LG^B (0,66) над аллелем β - LG^A (0,34).

Количество животных носителей гомозиготных генотипов составило 133 головы, из них с генотипом β - LG^{AA} – 11,0 % (n = 27), β - LG^{BB} – 43,0 % (n = 106). Присутствие гетерозиготного генотипа β - LG^{AB} составило 46,0 % (n = 115) (таблица 7).

Уровень наблюдаемой (H_{obs}) и ожидаемой (H_{ex}) гетерозиготности гена β - LG был сравнительно одинаковым и составил 0,86 и 0,81 соответственно. Тест гетерозиготности (ТГ), свидетельствующий об уровне генетического разнообразия популяции, в гене β - LG имел положительное значение и составил 0,05.

Таблица 7 – Частота встречаемости генотипов и аллелей по гену β - LG

Ген/ генотип	n	Частота встречаемости \pm sp		H_{obs}	H_{ex}	ТГ	χ^2
		аллелей	генотипов				
β - LG^{AA}	27	А – 0,34 \pm 0,028 В – 0,66 \pm 0,023	0,11 \pm 0,060	0,86	0,81	+0,05 Hobs > Hex	0,26
β - LG^{AB}	115		0,46 \pm 0,046				
β - LG^{BB}	106		0,43 \pm 0,048				
Примечания: sp – ошибка частот генотипов/аллелей; уровень значимости $p < 0,05$							

С учётом закона Харди-Вайнберга и показателя хи-квадрат (χ^2) было доказано, что генетическое равновесие по гену β - LG соблюдается ($\chi^2 = 0,26$), критерий Пирсона не превышал критического значения ($p < 0,05$). При этом низкая частота встречаемости генотипа β - LG^{AA} не приводит к нарушению генетического равновесия, поскольку является следствием низкой частоты встречаемости аллеля β - LG^A .

2.2.5. Генетико-статистический анализ овец породы лакон по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG*

ДНК-генотипирование с использованием метода ПЦР-ПДРФ выявлено наличие полиморфизма в локусах генов пролактин, бета-лактоглобулин, дифференциального фактора роста овец породы лакон (рисунки 7, 8).

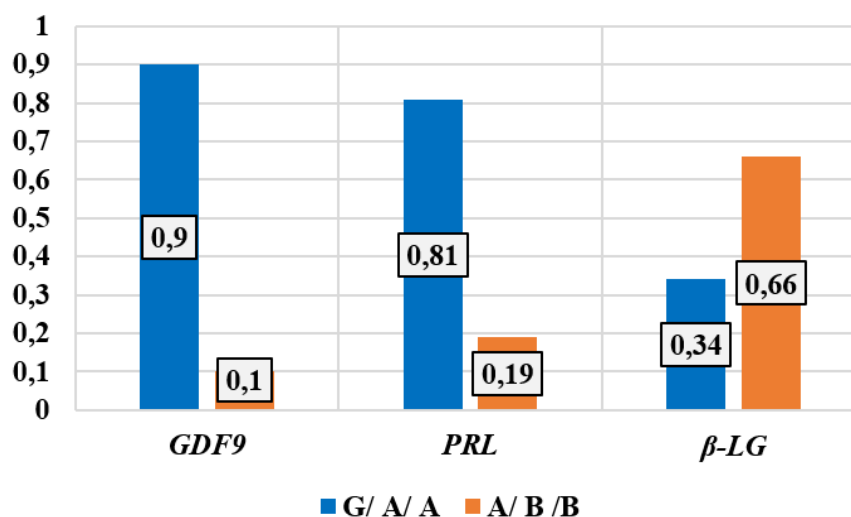


Рисунок 7 – Частота встречаемости аллелей генов *GDF9*, *PRL*, β -*LG*

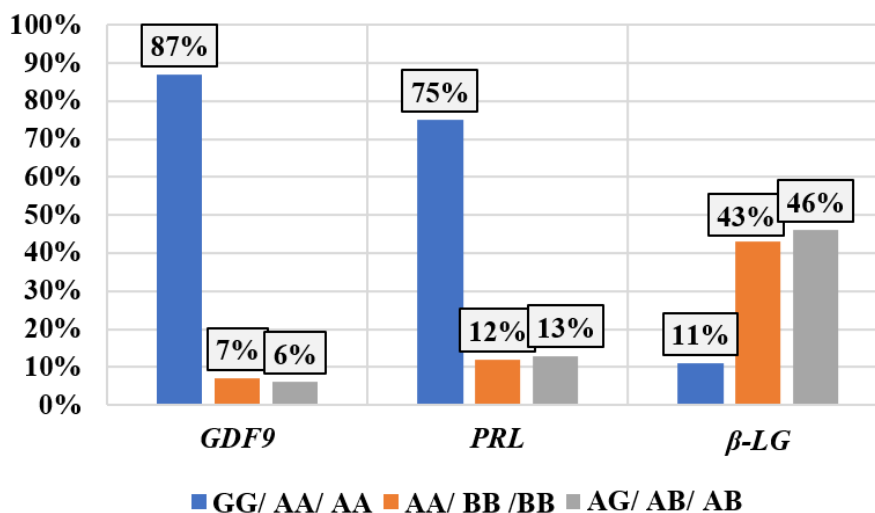


Рисунок 8 – Частота встречаемости генотипов гена *GDF9*, *PRL*, β -*LG*

В таблице 8 представлена степень гомозиготности в генах *GDF9*, *PRL*, β -*LG* овец породы лакон.

Таблица 8 – Уровень гомозиготности по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG* у овец породы лакон

Ген	Генотип	Количество животных	Степень гомозиготности, %
<i>GDF9</i>	<i>GDF9^{GG}</i>	216	81,0
	<i>GDF9^{AA}</i>	17	1,0
<i>PRL</i>	<i>PRL^{AA}</i>	186	65,61
	<i>PRL^{BB}</i>	30	3,61
β - <i>LG</i>	β - <i>LG^{AA}</i>	27	11,56
	β - <i>LG^{BB}</i>	106	43,56

Общее количество гомозиготных генотипов *GDF9^{GG}* и *GDF9^{AA}* гена *GDF9* составило 82,0 %. В гене *PRL* гомозиготные генотипы *PRL^{AA}* и *PRL^{BB}* встречались более чем у половины исследованных животных, степень гомозиготности равнялась 69,22 %. В гене β -*LG* степень гомозиготности генотипов β -*LG^{AA}* и β -*LG^{BB}* была равной и составила 55,12 %.

Для более глубокого анализа был проведён генетико-статистический анализ. Определены числовые значения основных генетических констант, таких как: степень гомозиготности (Ca), свидетельствующая о консолидации стада, уровень полиморфности или число эффективно действующих аллелей (Na), степень генетической изменчивости (V), величина информационного полиморфизма (PIC) и дана оценка генетической структуры исследуемого поголовья овец породы лакон. Данные приведены в таблице 9.

Свидетельствующая о консолидации генов степень гомозиготности (Ca) была самой высокой в гене *GDF9* – 82,0 %, в гене *PRL* составила 69,22 %, в гене β -*LG* – 55,12 %.

Уровень полиморфности локуса (Na), является величиной обратной степени гомозиготности изучаемых генов и составил 1,45; 1,82; 1,22 у генов *PRL*, β -*LG*, *GDF9* соответственно.

Таблица 9 – Генетическая структура овец породы лакон по генам *PRL*, *β -LG*, *GDF9*

Количество гомозигот (n)	Количество гетерозигот (n)	Ca, %	Na	V, %	PIС
<i>GDF9</i>					
233	15	82,0	1,22	18,0	0,18
<i>β-LG</i>					
133	115	55,12	1,82	44,6	0,45
<i>PRL</i>					
216	32	69,22	1,45	30,6	0,31

Степень генетической изменчивости (V) была сравнительно равномерной в генах *PRL* – 30,6; *β -LG* – 44,6 и низкой (18,0) в гене *GDF9*.

Величина информационного полиморфизма (PIC) определяется способностью маркера выявлять полиморфизм популяции в зависимости от количества обнаруженных аллелей и распределения их частот. Для генетических маркеров, таких, как *PRL*, *β -LG*, расчёт значения PIC показал примерно равное их селекционное значение – 0,31 и 0,45 соответственно, а для гена *GDF9* показатель равнялся 0,18.

2.2.6. Биохимические показатели крови овец породы лакон у носителей разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, *β -LG*

Кровь в организме живых существ играет важную роль, поскольку через неё осуществляется обмен веществ, она доставляет к клеткам жизненно важных органов питательные вещества и кислород, удаляет продукты обмена и углекислоту. Оценка различных биохимических показателей крови, может быть

использована не только для наблюдения за здоровьем животных, но и для изучения их продуктивных качеств. Для этого доступная нам выборка была разделена на 3 группы по лактациям.

Важным показателем белкового обмена в живом организме являются белки сыворотки крови, так как они выполняют регуляторные, каталитические, защитные функции в организме, оказывают влияние на процессы углеводного, липидного, витаминного, минерального и других видов обменов.

Проведённые исследования показали, что при увеличении числа лактаций следует отметить увеличение уровня общего белка в крови овец (таблица 10).

Таблица 10 – Биохимические показатели крови овец породы лакон разных лактаций (n = 248)

Показатель	Лактация			Референтные данные ^{1,2,3}
	I (n=58)	II (n=73)	III (n=117)	
Белок общий, г/л	75,86±0,99	76,86±0,89	77,37±1,08	60,0-79,0
Альбумины, г/л	36,34±0,83	35,99±0,87	36,77±0,97	27,0-37,0
Глобулины, г/л	39,52±0,53	40,87±0,34*	40,6±0,56	33,0-42,0
Мочевина, мм/л	8,93±0,54	8,01±0,70	8,02±0,36	3,0-10,0
Креатинин, мкМ/л	72,23±0,75	74,17±0,34*	75,06±0,75**	70,0-174,0
АЛТ, МЕ/л	21,03±0,45	19,89±0,88	20,54±0,75	20,0-38,0
АСТ, МЕ/л	105,13±0,53	124,96±0,75***	106,85±0,54*	60-280
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	197,91±0,24	208,81±0,46***	163,56±0,45	27,0-156,0

Примечание:

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ при сравнений II и III лактации с I лактацией

¹Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И.П. Кондрахин. – М.: КолосС. – 2004. – 519 с.

²Kaneko, J.J. (1997) Serum Proteins and the Dysproteinemias. In: Kaneko, J.J., Harvey, J.W. and Bruss, M.L., Eds., Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 5th Edition, Academic Press, San Diego, 117-138.

³Roubies, N., Panousis, N., Fytianou, A., Katsoulos, P.D., Giadinis, N. and Karatzias, H. (2006), Effects of Age and Reproductive Stage on Certain Serum Biochemical Parameters of Chios Sheep Under Greek Rearing Conditions. Journal of Veterinary Medicine Series A, 53: 277-281. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2006.00832.x>

В III лактацию содержание данного показателя было на 2,0 % выше, чем в I лактацию. Содержание фракций альбуминов и глобулинов, во все лактации оставался на относительно постоянном уровне в диапазоне от 35,99 до 36,77 г/л и от 39,52 до 40,87 г/л, соответственно.

Мочевина синтезируется в печени и является конечным продуктом азотистого метаболизма и регулирует механизм, поддерживающий азотистое равновесие. Креатинин, как и мочевина, является одним из конечных продуктов белкового обмена, позволяет оценить выделительную интенсивность метаболизма в мягких тканях (Азаубаева Г.С., 2004) [3].

Уровень мочевины у исследуемых животных изменялся от 8,01 до 8,93 ммоль/л, находясь в пределах физиологической нормы. Однако в I лактации содержание данного показателя было на 11,5 % выше, чем во II лактацию. Уровень креатинина в крови у овец III лактации составил 75,06 мкм/л, что на 3,9 %, выше в сравнении со II лактацией и на выше 1,2 %, чем в I лактации.

Многочисленные биохимические процессы в организме протекают при активном участии ферментов. Аспаратаминотрансфераза (АСТ) и аланинаминотрансфераза (АЛТ) – ферменты из группы трансфераз, катализируют реакции гидролитического расщепления внутримолекулярных связей. Они имеют высокую каталитическую активность, играют важную роль в обмене аминокислот, участвуют в синтезе мочевины (Ярован Н.И., Новикова И.А., 2012) [77].

У овцематок II лактации уровень АСТ выше на 18,9 и 17,3 % в сравнении с животными I и III лактаций, однако АЛТ на 3,2-5,4 %, соответственно, ниже.

Щелочная фосфатаза выполняет важную роль в механизме регуляции минерального, жирового и белкового обмена, в почках принимает участие в резорбции глюкозы, связана с регуляцией клеточной проницаемости. При участии фермента протекает резорбция жиров и углеводов в слизистой оболочке тонкого отдела кишечника (Камышников В.С., 2009) [38].

Активность щелочной фосфатазы у животных II лактации (208,81 МЕ/л), что выше по сравнению с I и III лактацией, на 5,5 и 27,7 %, соответственно.

Анализ результатов биохимических исследований у овец породы лакон показал, что за исключением щелочной фосфатазы изучаемые показатели находились в пределах референтных значений во всех трёх группах.

В дальнейшем были проведены исследования по выявлению некоторые различия на уровне отдельных биохимических показателей у животных разных генотипов (таблица 11).

Таблица 11 – Белковый обмен овец породы лакон разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG* (n=135)

Генотип	Показатель					
	Общий белок, г/л	Альбумины, г/л	Глобулины, г/л	А/Г	Мочевина, ммоль/л	Креатинин мкмоль/л
<i>GDF9</i>						
<i>GDF9^{AA}</i>	72,03±0,51 *1,2	39,30±0,19 **1,2	32,73±0,41	1,20	8,61±0,92	71,42±1,17
<i>GDF9^{AG}</i>	69,02±0,48	36,18±0,23 *3	32,84±0,48	1,10	8,73±1,01	71,97±1,32
<i>GDF9^{GG}</i>	64,28±0,39	32,13±0,52	32,15±0,54	1,00	8,58±1,04	70,34±1,38
Примечание: *p≤0,01; **p≤0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>GDF9^{AA}</i> с <i>GDF9^{AG}</i> ; ² <i>GDF9^{AA}</i> с <i>GDF9^{GG}</i> ; ³ <i>GDF9^{AG}</i> с <i>GDF9^{GG}</i>						
<i>PRL</i>						
<i>PRL^{AA}</i>	63,36±0,39	31,77±0,21	31,58±0,46	1,01	8,74±1,09 *1,2	71,51±1,67 *1,2
<i>PRL^{AB}</i>	66,78±0,37 *3	34,0±0,33 3*	32,78±0,27 *3	1,04	8,71±0,31	70,96±1,82
<i>PRL^{BB}</i>	71,59±0,29 *4,5	37,33±0,25 *4,5	33,96±0,19 *4,5	1,10	8,69±1,61	70,64±2,24
Примечание: *p≤0,01 при сравнении генотипов ¹ <i>PRL^{AA}</i> с <i>PRL^{AB}</i> ; ² <i>PRL^{AA}</i> с <i>PRL^{BB}</i> ; ³ <i>PRL^{AB}</i> с <i>PRL^{AA}</i> ; ⁴ <i>PRL^{BB}</i> с <i>PRL^{AA}</i> ; ⁵ <i>PRL^{BB}</i> с <i>PRL^{AB}</i>						
β-<i>LG</i>						
β - <i>LG^{AA}</i>	69,05±0,27 *1,2	35,72±0,29 *1,2	33,33±0,31	1,07	8,76±1,06	70,45±1,77
β - <i>LG^{AB}</i>	66,33±0,38	33,44±0,19	32,89±0,44	1,02	8,72±0,9	71,50±1,47
β - <i>LG^{BB}</i>	59,56±0,37	30,03±0,33	29,53±0,49	1,02	8,66±1,01	71,87±1,56 *3,4
Примечание: *p≤0,01 при сравнении генотипов ¹ β - <i>LG^{AA}</i> с β - <i>LG^{AB}</i> ; ² β - <i>LG^{AA}</i> с β - <i>LG^{BB}</i> ; ³ β - <i>LG^{BB}</i> с β - <i>LG^{AA}</i> ; ⁴ β - <i>LG^{BB}</i> с β - <i>LG^{AB}</i>						

Концентрация общего белка в крови животных носителей гомозиготных генотипов $GDF9^{AA}$, PRL^{BB} и $\beta-LG^{AA}$ составила 72,03, 71,59 и 69,05 г/л соответственно, что на 12,1, 13,0, и 15,9 % больше уровня, отмеченного у носителей гомозиготных генотипов $GDF9^{GG}$, PRL^{AA} , $\beta-LG^{BB}$.

Уровень альбуминов у исследуемых животных изменялся в пределах от 30,03 до 39,30 г/л и находился на уровне референсных данных (Капеко J.J., 1997) [125]. Содержание глобулинов было в пределах от 29,53 до 33,96 г/л. Величина альбумин-глобулинового коэффициента (А/Г) у животных носителей гомозиготного генотипа $GDF9^{AA}$ (1,20) была на 20,0 % выше, чем у овцематок с генотипом $GDF9^{GG}$ (1,00). Уровень мочевины у исследуемых животных изменялся от 8,45 до 8,75 ммоль/л, находился в пределах физиологической нормы (Кондрахин И.П., 2004) [47]. Однако у овец носителей генотипов PRL^{AA} , $\beta-LG^{AA}$, $GDF9^{AG}$ содержание данного показателя было выше, по сравнению с животными других генотипов, что предположительно связано с их большей продуктивностью, определяющей более интенсивный белковый обмен и соответственно большую мочеобразующую активность печени.

В сыворотке крови овец концентрация креатинина находилась в узком диапазоне – от 70,34 до 71,97 мкмоль/л. В гене $GDF9$ достоверность разницы у разных генотипов не установлено, из этого можно сделать заключение, что уровень креатинина в крови не зависит от генотипа.

Высокий уровень показателей АСТ отмечался у животных с гомозиготными генотипами $GDF9^{AA}$, PRL^{BB} , $\beta-LG^{BB}$, что на 2,4, 2,8, 6,2 %, выше показателей животных, имеющих генотип $GDF9^{GG}$, PRL^{AB} , $\beta-LG^{AB}$. Показатель АЛТ, в разрезе всех генотипов оставался на относительно постоянном уровне в диапазоне от 20,11 до 22,23 МЕ/л, соответственно.

Уровень щелочной фосфатазы у овцематок с генотипом $GDF9^{GG}$, PRL^{BB} , $\beta-LG^{AB}$ составил 181,43; 187,43; 189,93 МЕ/л соответственно, что достоверно выше на 10,3, 12,0, 14,8 % ($p < 0,001$), в сравнении с животными носителями генотипов $GDF9^{AA}$, PRL^{AA} , $\beta-LG^{BB}$ (таблица 12).

Таблица 12 – Ферменты переаминирования овец лакон породы разных генотипов по генам *GDF9*, *β-LG*, *PRL* (n=135)

Генотип	АСТ, МЕ/л	АЛТ, МЕ/л	Щелочная фосфатаза, МЕ/л
<i>GDF9</i>			
<i>GDF9^{AA}</i>	115,13±1,81	22,23±0,52* ¹	164,55±1,87
<i>GDF9^{AG}</i>	113,41±1,31	21,24±0,56	176,56±2,01
<i>GDF9^{GG}</i>	112,39±0,98	20,21±0,45	181,43±1,65** ²
Примечание: *p<0,05; **p<0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>GDF9^{AA}</i> с <i>GDF9^{GG}</i> ; ² <i>GDF9^{GG}</i> с <i>GDF9^{AA}</i>			
<i>PRL</i>			
<i>PRL^{AA}</i>	112,40±1,12	21,28±0,49	167,41±1,65
<i>PRL^{AB}</i>	110,40±1,91	20,11±0,43	178,32±1,99* ³
<i>PRL^{BB}</i>	113,52±0,94	21,23±0,59	187,43±2,64* ^{1,2}
Примечание: *p<0,001 при сравнении генотипов ^{1,2} <i>PRL^{BB}</i> с <i>PRL^{AB}</i> и <i>PRL^{AA}</i> ; ³ <i>PRL^{AB}</i> с <i>PRL^{AA}</i>			
<i>β-LG</i>			
<i>β-LG^{AA}</i>	111,39±1,54	20,22±0,33	181,49±1,76
<i>β-LG^{AB}</i>	111,33±2,01	21,20±0,86	189,93±1,88** ³
<i>β-LG^{BB}</i>	118,28±1,41* ^{1,2}	22,18±0,51* ^{1,2}	165,43±2,86
Примечание: *p<0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>β-LG^{BB}</i> с <i>β-LG^{AA}</i> ; ² <i>β-LG^{BB}</i> с <i>β-LG^{AB}</i> ; ³ <i>β-LG^{AB}</i> с <i>β-LG^{BB}</i>			

Так как становление иммунного статуса и процесса индивидуального развития находится под генетическим контролем, то по уровню генетически детерминированных Т-, В-клеток и их субпопуляций в периферической крови овец породы лакон разных генотипов, судили о формировании защитного потенциала.

Сравнительным анализом показателей, характеризующих иммунную реактивность, установлено, что в крови овец носителей гомозиготных генотипов *GDF9^{AA}*, *PRL^{BB}*, *β-LG^{AA}* циркулировало большее количество Т-лимфоцитов, по сравнению со сверстницами *GDF9^{AG}*, *PRL^{AA}*, *β-LG^{BB}* на 53,7; 14,8; 21,7 % (p<0,01).

Концентрация В-лимфоцитов находилась в диапазоне от минимального значения ($0,24 \times 10^9/\text{л}$) у овцематок с генотипом $\beta\text{-LG}^{BB}$ до максимального ($0,37 \times 10^9/\text{л}$) у животных носителей с гетерозиготного генотипа $GDF9^{AG}$ (таблица 13).

Таблица 13 – Показатели иммунной реактивности овец породы лакон разных генотипов по генам $GDF9$, $\beta\text{-LG}$, PRL (n = 135)

Генотип	Т-лимфоциты, $10^9/\text{л}$	В-лимфоциты, $10^9/\text{л}$	Т-хелперы, $10^9/\text{л}$	Т-супрессоры, $10^9/\text{л}$	ИРИ
<i>GDF9</i>					
<i>GDF9</i> ^{AA}	0,63±0,01** ^{1,2}	0,27±0,009	0,40±0,02* ^{1,2}	0,31±0,01* ^{1,2}	1,29
<i>GDF9</i> ^{AG}	0,41±0,01	0,37±0,01** ³	0,33±0,01	0,27±0,01	1,22
<i>GDF9</i> ^{GG}	0,61±0,01	0,32±0,007	0,30±0,02	0,30±0,01	1,00
Примечание: *p≤0,01; **p≤0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>GDF9</i> ^{AA} с <i>GDF9</i> ^{AG} ; ² <i>GDF9</i> ^{AA} с <i>GDF9</i> ^{GG} ; ³ <i>GDF9</i> ^{AG} с <i>GDF9</i> ^{AA}					
<i>PRL</i>					
<i>PRL</i> ^{AA}	0,54±0,01	0,29±0,01	0,35±0,01	0,29±0,01	1,21
<i>PRL</i> ^{AB}	0,59±0,01	0,29±0,01	0,36±0,01	0,30±0,01	1,20
<i>PRL</i> ^{BB}	0,62±0,01* ^{1,2}	0,34±0,02* ^{1,2}	0,37±0,01	0,28±0,01	1,32
Примечание: *p≤0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>PRL</i> ^{BB} с <i>PRL</i> ^{AA} ; ² <i>PRL</i> ^{BB} с <i>PRL</i> ^{AB}					
<i>β-LG</i>					
$\beta\text{-LG}^{AA}$	0,56±0,05* ^{1,2}	0,31±0,04* ^{1,2}	0,38±0,04* ^{1,2}	0,31±0,04	1,23
$\beta\text{-LG}^{AB}$	0,51±0,05	0,28±0,04	0,33±0,02	0,29±0,04	1,14
$\beta\text{-LG}^{BB}$	0,46±0,06	0,24±0,04	0,31±0,02	0,30±0,01	1,03
Примечание: *p≤0,001 при сравнении генотипов ¹ $\beta\text{-LG}^{AA}$ с $\beta\text{-LG}^{BB}$; ² $\beta\text{-LG}^{AA}$ с $\beta\text{-LG}^{AB}$					

Относительное взаимоотношение между субпопуляциями Т-хелперов и Т-супрессорами установлено, что в крови овцематок, имеющих генотипы $GDF9^{AA}$, PRL^{BB} , $\beta\text{-LG}^{AA}$, мигрировало Т-хелперов больше, чем Т-супрессоров.

Величина иммунорегуляторного индекса (ИРИ) (отношение Т-хелперов к Т-супрессорам) оказалась выше у овец породы лакон с гомозиготными генотипами $GDF9^{AA}$, PRL^{BB} и $\beta-LG^{AA}$ и составила 1,29, 1,32 и 1,23, соответственно.

2.2.7. Характеристика овцематок разных генотипов в гене $GDF9$ по воспроизводительным качествам

Значительно ускорить и улучшить селекционно-племенную работу с поголовьем, позволяют исследования, направленные на поиск генетических маркеров, характеризующих воспроизводительные качества животных.

В среднем за один год от животных с гомозиготным генотипом $GDF9^{AA}$ на 14,2 % получено больше ягнят на одну овцематку в сравнении с гомозиготным генотипом $GDF9^{GG}$, и на 1,2 % больше в сравнении с животными носителями гетерозиготного генотипа $GDF9^{AG}$. Возможно это связано с большим многоплодием овцематок-носителей А аллеля в гене $GDF9$ (таблица 14).

Таблица 14 – Воспроизводительные качества овцематок породы лакон разных генотипов по гену $GDF9$ (n = 248)

Показатель	Генотипы		
	$GDF9^{GG}$ (n = 216)	$GDF9^{AG}$ (n = 15)	$GDF9^{AA}$ (n = 17)
Живая масса овцематок, кг	63,86±1,9	64,41±2,3	64,76±2,2
Молочная продуктивность, кг	258,60±1,1	266,41±0,51	264,80±0,60
Настриг шерсти, кг	1,21±0,39	1,22±0,23	1,20±0,42
Получено ягнят за года, n	245	19	22
	одиночные	237	13
	двойнёвые	8	6
Получено ягнят на одну матку в среднем за один год	1,13	1,27	1,29

Наиболее крупными при рождении были ягнята, родившиеся одиночками, их живая масса на 15,15 % превышала двойнёвых сверстников (таблица 15).

Необходимо отметить, что наибольшая живая масса ягнят при рождении выявлена у овцематок с гомозиготным генотипом $GDF9^{AA}$, как в случае с одинарным приплодом, так и с двойнёвым.

Таблица 15 – Живая масса ягнят при рождении в зависимости от типа рождения и генотипа овцематок породы лакон

Генотип овцематок	Живая масса при рождении, кг	
	одиночные	двойнёвые
$GDF9^{GG}$ (n = 216)	3,6±0,05	3,2±0,06
$GDF9^{AG}$ (n = 15)	3,8±0,06* ³	3,4±0,08* ³
$GDF9^{AA}$ (n = 17)	4,0±0,08** ^{1,2}	3,6±0,04** ^{1,2}
В среднем	3,8±0,06	3,3±0,06
Примечание: *p<0,05; **p<0,001 при сравнении ^{1,2} $GDF9^{AA}$ с $GDF9^{GG}$ и $GDF9^{AG}$; ³ $GDF9^{AG}$ с $GDF9^{GG}$		

Проведённый анализ и полученные результаты, позволяют сделать вывод о том, что генотипирование по гену $GDF9$, выявление и отбор носителей А аллели будут способствовать увеличению плодовитости животных, повышению выхода ягнят, что окажет положительное влияние на эффективность разведения молочных овец.

2.2.8. Молочная продуктивность овец разных генотипов в гене $GDF9$

На основе полученных результатов ПЦР-ПДРФ анализа были сформированы подопытные группы овец с генотипами по гену дифференциального фактора роста и исследовано влияние полиморфных вариантов гена на показатели молочной продуктивности.

Анализом показателей молочной продуктивности овец породы лакон разных генотипов за 180 дней лактации установлено, что овцематки с генотипами $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{AG}$, имеющих в своём геноме аллель $GDF9^A$ гена

дифференциального фактора роста, имели более высокие показатели удоя по сравнению с гомозиготным генотипом $GDF9^{GG}$. Результаты исследования молочной продуктивности овец разных генотипов представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Молочная продуктивность овец породы лакон с разными генотипами в гене $GDF9$

Генотип	Удой, кг	Жир, %	Жир, кг	Белок, %	Белок, кг
$GDF9^{AA}$ (n = 17)	264,80*** ¹ ±0,60	7,08** ^{1,2} ±0,03	18,75** ¹ ±0,14	6,17* ^{1,2} ±0,01	16,34* ¹ ±0,11
$GDF9^{AG}$ (n = 15)	266,41* ³ ±0,51	6,91 ±0,04	18,41* ³ ±0,17	6,12 ±0,02	16,30* ³ ±0,14
$GDF9^{GG}$ (n = 216)	258,60 ±1,1	6,95 ±0,02	17,97 ±0,18	6,14 ±0,01	15,83 ±0,09
$GDF9^{AA}$ к $GDF9^{GG}$	6,2	0,13	0,78	0,05	0,51
$GDF9^{AA}$ к $GDF9^{AG}$	-1,6	0,17	0,34	-0,05	0,04
$GDF9^{AG}$ к $GDF9^{GG}$	7,8	-0,04	0,44	0	0,47

Примечание: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 при сравнении генотипов
¹ $GDF9^{AA}$ с $GDF9^{GG}$; ² $GDF9^{AA}$ с $GDF9^{AG}$; ³ $GDF9^{AG}$ с $GDF9^{GG}$

Удой овцематок с гетерозиготным вариантом генотипа $GDF9^{AG}$ достоверно превышал удой овец с генотипами $GDF9^{GG}$, $GDF9^{AA}$ на 7,80 и 1,60 кг молока соответственно (p<0,01).

Содержание жира в молоке было максимальным у овцематок с генотипом $GDF9^{AA}$ (7,08 %), что превосходило на 0,17 и 0,13 абс. процента (p<0,05) данный показатель у животных $GDF9^{AG}$ и $GDF9^{AA}$ генотипов и составило 6,91 % и 6,95 % соответственно. Овцематки, имеющие генотип $GDF9^{AA}$, по выходу жира превосходили своих сверстниц с генотипами $GDF9^{GG}$ и $GDF9^{AG}$ на 0,78 и 0,34 кг, однако разница не носила достоверного характера.

Наибольшее содержание белка в молоке отмечено у овец с генотипом $GDF9^{AA}$ (6,17 %). Выход белка из молока овец с генотипами $GDF9^{AA}$; $GDF9^{AG}$ имел наивысший показатель и превосходил количество белка в молоке овец с генотипом $GDF9^{GG}$ на 0,51 и 0,04 кг соответственно.

Таким образом, овцы с генотипом $GDF9^{AG}$ превосходили сверстниц с другими генотипами по удою. Овцы с генотипом $GDF9^{AA}$ имели более высокий уровень содержания жира, белка по сравнению с овцами других генотипов.

2.2.9. Молочная продуктивность овец разных генотипов в гене PRL

На основе полученных результатов ПЦР-ПДФ анализа были сформированы подопытные группы овец с генотипами по гену пролактин. Исследована зависимость однонуклеотидных замен в гене пролактина с показателями молочной продуктивности.

По результатам проведённого анализа выявлено, что овцы-носители аллеля PRL^A гена пролактина, то есть с генотипами PRL^{AA} и PRL^{AB} , имели более высокие удои в сравнении с животными с генотипом PRL^{BB} . Овцематки с генотипом PRL^{AA} имели достоверное превосходство по уровню удоя над животными с генотипами PRL^{BB} на 9,5 кг молока ($p < 0,01$) и по сравнению с генотипом PRL^{AB} на 7,7 кг молока ($p < 0,01$) (таблица 17).

Таблица 17 – Молочная продуктивность овец породы лакон с разными генотипами в гене PRL

Генотип	Удой, кг	Жир, %	Жир, кг	Белок, %	Белок, кг
PRL^{AA} (n=186)	270,21** ^{1,2} ±0,90	6,89 ±0,02	18,62 ±0,26	6,10 ±0,02	16,48 ±0,12
PRL^{AB} (n=32)	262,52 ±1,01	6,96* ³ ±0,02	18,27 ±0,38	6,17* ³ ±0,02	16,19 ±0,21
PRL^{BB} (n=30)	260,71 ±1,03	7,05** ^{4,5} ±0,06	18,38 ±0,34	6,19** ⁵ ±0,04	16,40 ±0,19
PRL^{BB} к PRL^{AA}	9,5	0,16	-0,24	0,09	-0,34
PRL^{AA} к PRL^{AB}	7,7	-0,07	0,35	-0,07	0,29
PRL^{BB} к PRL^{AB}	-1,8	0,09	0,11	0,02	-0,05
Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ при сравнении генотипов ¹ PRL^{AA} с PRL^{AB} ; ² PRL^{AA} с PRL^{BB} ; ³ PRL^{AB} с PRL^{AA} ; ⁴ PRL^{BB} с PRL^{AA} ; ⁵ PRL^{BB} с PRL^{AB}					

При более высоком уровне удоев, содержание жира в молоке овец с генотипом PRL^{AA} был достоверно ниже ($p < 0,01$; $0,05$), чем у овец с генотипом PRL^{BB} (7,05 %) и PRL^{AB} (6,96 %), и составляет всего лишь 6,89 %.

Наиболее высокий выход молочного жира, несмотря на низкое процентное его содержание, но за счёт более высокого удоя, наблюдался у животных с генотипом PRL^{AA} (18,62 кг), что на 1,92 % (0,35 кг) выше, чем у овцематок с генотипом PRL^{AB} и на 1,31 % (0,24 кг), чем у животных с генотипом PRL^{BB} .

Содержание белка в молоке овец с различными генотипами гена пролактина имело аналогичные закономерности, установленные для содержания жира. Овцы с генотипами PRL^{BB} и PRL^{AB} превосходили овцематок с генотипом PRL^{AA} по белкомолочности на 1,48-1,15 % ($p < 0,01$; $0,05$). За счёт более высокого удоя по выходу молочного белка овцематки с генотипом PRL^{AA} имели преимущество над сверстницами с генотипами PRL^{AB} на 0,29 кг и над животными с генотипами PRL^{BB} на 0,34 кг, однако разница не носила достоверного различия.

Таким образом, овцы с генотипом PRL^{AA} превосходили сверстниц с другими генотипами по удою, выходу молочного жира и белка. Овцы с генотипом PRL^{BB} имели более высокий уровень содержания жира и белка по сравнению с животными с генотипами PRL^{AA} .

2.2.10. Молочная продуктивность овец разных генотипов в гене β -LG

Были исследованы показатели молочной продуктивности овцематок породы лакон в зависимости от их генотипа по гену бета-лактоглобулина. На основе результатов ПЦР-ПДРФ анализа ДНК были сформированы группы овец с генотипами бета-лактоглобулина соответственно β -LG^{AA}, β -LG^{AB}, β -LG^{BB} генотипов.

Результаты исследования молочной продуктивности овец с разными генотипами гена бета-лактоглобулин указывают на более высокие показатели

удоя у овец, имеющих в своём геноме аллель $\beta-LG^A$, то есть с генотипами $\beta-LG^{AA}$ и $\beta-LG^{AB}$, по сравнению с овцами носителей генотипа $\beta-LG^{BB}$. Больше всего молока было получено от овец с генотипом $\beta-LG^{AA}$ (273,7 кг), они имели преимущество над сверстницами с генотипами $\beta-LG^{BB}$ на 9,6 кг молока ($p < 0,01$) и над овцами с генотипом $\beta-LG^{AB}$ на 7,6 кг молока ($p < 0,01$) (таблица 18).

Таблица 18 – Молочная продуктивность овец с разными генотипами по гену $\beta-LG$

Генотип	Удой, кг	Жир, %	Жир, кг	Белок, %	Белок, кг
	M±m	M±m	M±m	M±m	M±m
$\beta-LG^{AA}$ (n=27)	273,7** ^{1,2} ±1,10	6,88 ±0,04	18,83 ±0,24	6,11 ±0,01	16,72 ±0,18
$\beta-LG^{AB}$ (n=115)	266,1 ±0,70	6,99* ³ ±0,02	18,01 ±0,11	6,16* ³ ±0,02	16,39 ±0,12
$\beta-LG^{BB}$ (n=106)	264,1 ±0,80	7,14** ^{4,5} ±0,03	18,86 ±0,17	6,18** ⁴ ±0,03	16,32 ±0,14
$\beta-LG^{BB}$ к $\beta-LG^{AA}$	-9,6	0,26	0,03	0,07	-0,4
$\beta-LG^{AA}$ к $\beta-LG^{AB}$	7,6	-0,11	0,23	-0,05	0,33
$\beta-LG^{BB}$ к $\beta-LG^{AB}$	-2,0	0,15	0,26	0,02	-0,07
Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ при сравнении генотипов ¹ $\beta-LG^{AA}$ с $\beta-LG^{AB}$; ² $\beta-LG^{AA}$ с $\beta-LG^{BB}$; ³ $\beta-LG^{AB}$ с $\beta-LG^{AA}$; ⁴ $\beta-LG^{BB}$ с $\beta-LG^{AA}$; ⁵ $\beta-LG^{BB}$ с $\beta-LG^{AB}$					

Овцематки, имеющие аллель $\beta-LG^B$, отличались более высокими показателями содержания в молоке жира и белка по сравнению с животными имеющими генотип $\beta-LG^{AA}$. Наиболее высокие показатели жирномолочности отмечены у овец с генотипом $\beta-LG^{BB}$ (7,14 %), а самый низкий у овец с генотипом $\beta-LG^{AA}$ (6,88 %). Овцематки с генотипами $\beta-LG^{BB}$ и $\beta-LG^{AB}$ превосходили животных с генотипом $\beta-LG^{AA}$ по содержанию жира в молоке соответственно на 3,78 % ($p < 0,01$) и 2,15 % ($p < 0,01$)

Наибольшее количество молочного жира было получено от овец с генотипом $\beta-LG^{BB}$ – 18,86 кг, что на 0,26 кг (1,40 %) больше жира, чем от овец генотипом $\beta-LG^{AB}$ (18,60 кг). Овцы с генотипом $\beta-LG^{AA}$ (18,83 кг) превосходили на 0,23 кг жира овец носителей генотипа $\beta-LG^{AB}$.

Массовая доля белка в молоке овец трёх генотипов варьировала в пределах от 6,11 % до 6,18 %. Овцы с генотипом $\beta-LG^{BB}$ превосходили сверстниц

генотипом β - LG^{AA} и β - LG^{AB} по содержанию белка в молоке на 1,15 % и 0,32 %, но за счет меньшего удоя уступали им по выходу молочного белка на 0,4 кг 0,07 кг.

Таким образом, овцы с генотипами β - LG^{AA} и β - LG^{AB} превосходили животных с генотипом β - LG^{BB} по удою и по выходу молочного белка.

2.2.11. Влияние живой массы на молочную продуктивность овец разных генотипов

Живая масса, как и все количественные признаки, является лабильным показателем, однако это генетически детерминированный признак. Проведена оценка живой массы овец породы лакон в зависимости от генотипов по исследованным генам $GDF9$, PRL и β - LG .

В период после осеменения и до начала лактации наблюдалось увеличение живой массы овцематок всех исследуемых генотипов, что закономерно связано с изменениями в обменных процессах животных в период беременности.

Сопоставление живой массы овцематок разных генотипов по гену $GDF9$ позволило установить достоверное превосходство животных $GDF9^{AA}$ при осеменении, в середине и конце лактации при сравнении с животными $GDF9^{GG}$ генотипа. Разница колебалась в пределах 1,7-2,0 ($p < 0,05$) (таблица 19).

Также животные $GDF9^{AG}$ генотипа имели превосходство над животными $GDF9^{GG}$ генотипа при осеменении и в конце лактации. Полученные данные позволяют предположить, что носительство аллели G положительно влияет на живую массу овец породы лакон.

Сопоставление живой массы овцематок разных генотипов по генам PRL и β - LG не выявило однозначного превосходства какого-либо генотипа в учтённые периоды.

Так, если овцематки PRL^{AB} генотипа имели преимущество при осеменении и начале лактации, то носителей PRL^{AA} выделялись по этому признаку в середине

лактации, тогда как в конце лактации между животными разных генотипов разницы по живой массе не установлено.

Таблица 19 – Живая овцематок разных генотипов, в различные периоды, кг

Генотип	Показатель			
	Живая масса, кг			
	при осеменении	в начале лактации	середина лактации	в конце лактации
	M±m	M±m	M±m	M±m
GDF9				
<i>GDF9^{GG}</i> (n = 216)	59,97±1,21	63,80±2,15	63,83±2,16	63,94±2,18
<i>GDF9^{AG}</i> (n = 15)	60,86±1,36* ²	64,43±1,31	63,87±1,28	64,92±1,37* ²
<i>GDF9^{AA}</i> (n = 17)	60,97±1,42* ¹	64,36±2,04	64,85±1,32* ¹	65,07±2,35* ¹
Примечание: *p<0,05 при сравнении генотипов ¹ <i>GDF9^{AA}</i> с <i>GDF9^{GG}</i> ; ² <i>GDF9^{AG}</i> с <i>GDF9^{GG}</i>				
PRL				
<i>PRL^{AA}</i> (n = 186)	60,09±1,17	65,84±1,89** ^{3,4}	64,24±2,15	65,93±2,19
<i>PRL^{AB}</i> (n = 32)	61,63±1,32* ¹	64,78±1,30	65,58±1,24** ^{1,2}	65,87±2,34
<i>PRL^{BB}</i> (n = 30)	59,89±1,25	64,83±2,29	64,32±1,33	65,55±1,31
Примечание: *p<0,01; **p<0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>PRL^{AB}</i> с <i>PRL^{BB}</i> ; ² <i>PRL^{AB}</i> с <i>PRL^{AA}</i> ; ³ <i>PRL^{AA}</i> с <i>PRL^{AB}</i> ; ⁴ <i>PRL^{AA}</i> с <i>PRL^{BB}</i>				
β-LG				
<i>β-LG^{AA}</i> (n = 27)	59,88±2,38	64,68±1,34	64,87±1,41	66,03±2,37*** ^{4,5}
<i>β-LG^{AB}</i> (n = 115)	59,76±1,26	64,91±1,21** ³	64,98±2,31	62,87±1,29
<i>β-LG^{BB}</i> (n = 106)	60,99±1,78* ^{1,2}	63,98±2,23	64,34±1,30	63,85±1,32* ¹
Примечание: *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 при сравнении генотипов ¹ <i>β-LG^{BB}</i> с <i>β-LG^{AB}</i> ; ² <i>β-LG^{BB}</i> с <i>β-LG^{AA}</i> ; ³ <i>β-LG^{AB}</i> с <i>β-LG^{BB}</i> ; ⁴ <i>β-LG^{AA}</i> с <i>β-LG^{AB}</i> ; ⁵ <i>β-LG^{AA}</i> с <i>β-LG^{BB}</i>				

Животные *β-LG^{BB}* генотипа имели преимущество по живой массе при осеменении, *β-LG^{AB}* – в начале лактации, тогда как в конце лактации по этому признаку превосходство было на стороне животных *β-LG^{AA}* генотипа.

Полученные данные свидетельствуют о том, что для повышения живой массы овец породы лакон предпочтителен отбор носителей G аллели в гене *GDF9*. Для генов *PRL* и *β-LG* необходимо накопление большего числа

наблюдений, желательно в разных стадах для того, чтобы сделать заключение о связи или её отсутствии между живой массой и генотипами в генах *PRL* и *β -LG*.

По коэффициенту молочности можно судить о конституциональной направленности овец в сторону той или иной продуктивности. С этой целью были рассчитаны значения этого показателя для овцематок разных генотипов в генах *GDF9*, *PRL* и *β -LG* (таблица 20).

Таблица 20 – Коэффициент молочности овцематок разных генотипов

Генотип	Показатель	
	Средняя живая масса за весь период лактации кг	Коэффициент молочности, %
<i>GDF9</i>		
<i>GDF9^{GG}</i> (n = 216)	63,86 ±1,9	399,32
<i>GDF9^{AG}</i> (n = 15)	64,41±2,3	413,64
<i>GDF9^{AA}</i> (n = 17)	64,76±2,2	414,66
<i>PRL</i>		
<i>PRL^{AA}</i> (n = 186)	65,34±2,4	413,57
<i>PRL^{AB}</i> (n = 32)	65,41±2,8	401,35
<i>PRL^{BB}</i> (n = 30)	65,90±2,2	401,71
<i>β-LG</i>		
<i>β-LG^{AA}</i> (n = 27)	65,19±2,7	419,83
<i>β-LG^{AB}</i> (n = 115)	64,25±2,1	414,14
<i>β-LG^{BB}</i> (n = 106)	64,06±2,2	412,29

Установлено, что у животных носителей гомозиготных генотипов *GDF9^{AA}*, *PRL^{AA}* и *β -LG^{AA}* коэффициент молочности оказался выше по сравнению с гомозиготными аналогами *GDF9^{GG}*, *PRL^{BB}*, *β -LG^{BB}* на 15,3; 11,86; 7,54 кг.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что овцематки с большей массой характеризуются большим удоем молока и коэффициентом молочности и такими в породе лакон являются гомозиготные по аллели А в генах *GDF9*, *PRL* и *β -LG* животные.

2.2.12. Молочная продуктивность овец породы лакон комплексных генотипов по генам *PRL* и *β-LG*

Генотип пролактина и бета-лактоглобулина оказывает одновременное влияние на показатели удоя и состава молока. В связи с полигенным характером формирования лактационных признаков анализ и прогноз показателей молочной продуктивности следует проводить с учётом генотипа по двум генам. Из девяти теоретических возможных комплексных генотипов по исследованию поголовья выявлены все генотипы (таблица 21, Приложение А).

Таблица 21 – Встречаемость комплексных генотипов *PRL* и *β-LG* у овец породы лакон

Комплексные генотипы	Число животных, n	Частота встречаемости, %
		248
<i>PRL^{AA}β-LG^{AA}</i>	23	9,3
<i>PRL^{AB}β-LG^{AA}</i>	1	0,4
<i>PRL^{BB}β-LG^{AA}</i>	3	1,2
<i>PRL^{AA}β-LG^{AB}</i>	83	33,5
<i>PRL^{AB}β-LG^{AB}</i>	13	5,2
<i>PRL^{BB}β-LG^{AB}</i>	19	7,7
<i>PRL^{AA}β-LG^{BB}</i>	80	32,2
<i>PRL^{AB}β-LG^{BB}</i>	18	7,3
<i>PRL^{BB}β-LG^{BB}</i>	8	3,2

Более наглядно соотношение комбинаций генотипов по генам пролактина и бета-лактоглобулина в популяции овец показано на рисунке 9.

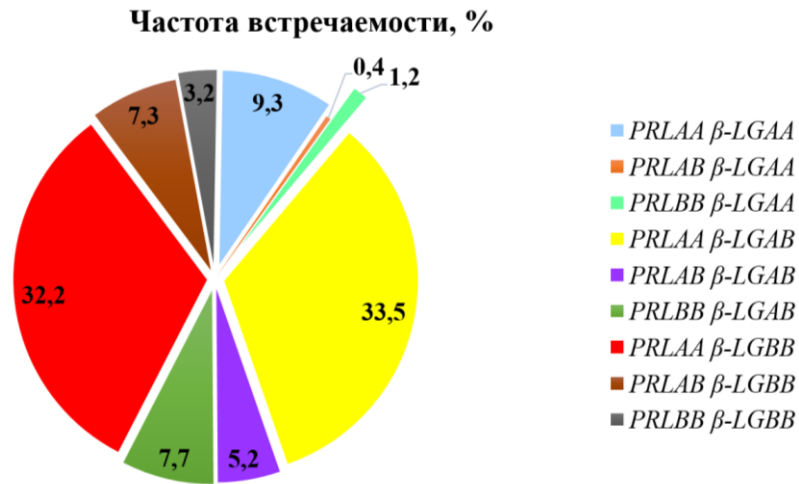


Рисунок 9 – Встречаемость комплексных генотипов пролактина и бета-лактоглобулина овец породы лакон

Распределение частот аллелей соответствует соотношению частот встречаемости генотипов. У овец редко встречается аллель PRL^B и гетерозиготный генотип PRL^{AB} гена пролактина, аллель $\beta-LG^A$ и гомозиготный генотип $\beta-LG^{AA}$ в гене бета-лактоглобулина, что нашло своё отражение в частоте встречаемости комплексных генотипов.

Оценка исследуемого поголовья показала, что наиболее часто встречались животные с комплексным генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AB}$ (33,5 %) и $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ (32,2 %), четыре генокомплекса имели частоту встречаемости от 5,2 до 9,3%: $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ (9,3 %), $PRL^{BB}\beta-LG^{AB}$ (7,7 %), $PRL^{AB}\beta-LG^{BB}$ (7,3 %), $PRL^{AB}\beta-LG^{AB}$ (5,2 %). Частота встречаемости других комплексных генотипов была незначительная. Так, частота встречаемости генотипов $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$ не превышала 5,0 % и составила 3,2 % и 1,2 % соответственно. Наименьшая встречаемость отмечена у генокомплекса $PRL^{AB}\beta-LG^{AA}$ – 0,4 %.

Было исследовано влияние комплексных генотипов, частота встречаемости которых выше 5,0 %, на молочную продуктивность и качество молока. Результаты анализа молочной продуктивности овец за 180 дней лактации с учётом комплексного генотипа животных по генам пролактин и бета-лактоглобулина приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Молочная продуктивность овец с различными комплексными генотипами генов β -*LG* и *PRL*

Комплексные генотипы	Удой, кг	Жир, %	Жир, кг	Белок, %	Белок, кг
	M±m	M±m	M±m	M±m	M±m
<i>PRL^{AA}</i> β - <i>LG^{AA}</i>	269,11±0,74	7,01±0,07	18,86±0,19	6,18±0,06	16,63±0,14
<i>PRL^{AA}</i> β - <i>LG^{AB}</i>	270,16±0,67	6,99±0,04	18,88±0,17	6,16±0,04	16,64±0,10
<i>PRL^{AB}</i> β - <i>LG^{AB}</i>	258,01±0,97	6,89±0,07	17,78±0,26	6,18±0,07	15,95±0,17
<i>PRL^{BB}</i> β - <i>LG^{AB}</i>	272,24±0,87	6,87±0,06	18,70±0,21	6,15±0,05	16,74±0,13
<i>PRL^{AA}</i> β - <i>LG^{BB}</i>	269,21±0,69	6,97±0,03	18,76±0,16	6,17±0,04	16,61±0,11
<i>PRL^{AB}</i> β - <i>LG^{BB}</i>	271,17±0,88	6,93±0,05	18,79±0,18	6,14±0,05	16,65±0,15

Наибольшую численность в стаде имели овцематки с генотипом *PRL^{AA}* β -*LG^{AB}* (83 головы). По показателям молочной продуктивности эта группа была лучшей среди других пяти других генотипов по выходу молочного жира (18,88 кг). По массовой доле жира в молоке занимала второе место (6,97 %), а по уровню удоя (270,16 кг) – третье место.

Наиболее высокими показателями удоев за лактацию отличались овцы с генотипом *PRL^{BB}* β -*LG^{AB}* (272,24 кг) и *PRL^{AB}* β -*LG^{BB}* (271,17 кг). Овцы двух генотипов – *PRL^{AA}* β -*LG^{AA}* и *PRL^{AA}* β -*LG^{BB}*, имели сходные показатели удоев (269 кг молока). Группа овец с гомозиготным генотипом *PRL^{AB}* β -*LG^{AB}* (13 голов) имела самые низкие показатели удоя (258 кг) по сравнению с овцами других генотипов.

Высокое содержание жира в молоке отмечено у овец с генотипом *PRL^{AA}* β -*LG^{AA}* (7,01 %) и *PRL^{AA}* β -*LG^{BB}* (6,97 %). Овцы с генотипом *PRL^{BB}* β -*LG^{AB}* имели низкие показатели содержания жира (6,87 %) в молоке.

Содержание белка в молоке овец находилось в диапазоне от 6,14 до 6,18 %, имело достаточно сходное значение во всех представленных генокомплексах. Наибольший выход белка получен из молока овец с генотипами *PRL^{AB}* β -*LG^{BB}* (16,65 кг), *PRL^{AA}* β -*LG^{AB}* (16,64 кг), что на 0,7 кг или на 4,3 % больше, чем было получено от овец с генотипом *PRL^{AB}* β -*LG^{AB}* (15,95 кг).

2.2.13. Влияние комплексных генотипов в генах *PRL* и *β-LG* на приготовление сыра типа «Адыгейский»

Молочная промышленность проявляет большой интерес к качеству сырого молока, что является необходимым условием для производства молочных продуктов. Большая часть овечьего молока используется для производства сыра. Выход сыра из каждого литра молока зависит в основном от содержания в нём жира и белка. Имеется ряд работ, доказывающих, что качества молока и возможности его использования сыроварения в значительной степени зависят от аллельных вариантов генов, контролирующих молочную продуктивность. В своей работе мы рассмотрели количественно-качественные показатели сыра, изготовленного из молока полученного от овец-носителей разных генотипов. Молоко для получения сыров отбирали у генотипированных животных по генам пролактина и бета-лактоглобулина.

На основании результатов анализа ДНК-генотипирования овцематки были подразделены на четыре группы с генотипами $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$. Сравнительная оценка сыропригодности молока овец породы лакон комплексных генотипов по генам пролактина и бета-лактоглобулина представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Характеристика пригодности молока овец комплексных генотипов по генам *PRL* и *β-LG* для изготовления сыра

Генотипы	Показатель				
	Содержание жира, %	Содержание белка, %	Кислотность, °Т	Плотность, г/см ³	Скорость сычужного свертывания, мин
$PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$	7,01±0,07	6,18±0,06	20	1031	60
$PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$	6,99±0,05	6,19±0,04	24	1028	57
$PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$	7,00±0,08	6,19±0,05	19	1032	62
$PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$	6,97±0,03	6,17±0,04	20	1030	61

Содержание жира в молоке овец с генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ составило 7,01 %, что выше, чем в молоке овец с генотипами $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$; $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$; $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ на 0,01; 0,02 и 0,04 абсолютных процента соответственно. Содержание белка в молоке овец имело сходное значение во всех представленных генокомплексах и находилось в диапазоне от 6,17 до 6,19 %.

Плотность и титруемая кислотность молока у всех групп были в пределах параметров, установленных для овечьего молока. Важным показателем пригодности молока для приготовления сыра является скорость сычужного свертывания. Молоко овец с генотипом $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ свертывалось быстрее (57 минут), чем молоко овец с генотипами $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ (60 минут), $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$ (62 минуты), $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ (61 минута). Разница с указанными генотипами составила 3, 5 и 4 минуты. Сгусток из молока всех групп отличался небольшой плотностью и хорошей упругостью.

Из молока овцематок отобранных групп был изготовлен сыр типа «Адыгейский». Физико-химические показатели сыра из молока овец комплексных генотипов пролактина и бета-лактоглобулина приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Физико-химические показатели сыра из молока овец комплексных генотипов по генам PRL и $\beta-LG$

Показатель	Комплексный генотип			
	$PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$	$PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$	$PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$	$PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$
Количество молока, л	3,0	3,0	3,0	3,0
Выход сыра, %	26,8	32,3	27,8	29,3
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	55,26	58,30	55,40	57,20
Влага, %	60,7	60,0	66,3	65,7
Жирность сыра, %	20,33	23,22	22,36	21,65
Сухое вещество, %	39,3	40,0	33,7	34,3
pH сыра	4,45	4,39	4,41	4,43

Выход сыра, полученного из трёх литров молока от овцематок-носителей генотипа $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$, выше по сравнению с генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ на 5,5 %, с генотипом $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$ на 4,5 %, с генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ на 3,0 %.

Массовая доля жира в сыре, изготовленного из молока от овец с генотипом $\beta-LG^{BB}PRL^{BB}$, после 18 часов выдержки в пересчёте на сухое вещество составила 58,30 %, что выше по сравнению с сыром из молока $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ на 3,04; 2,90 и 1,10 % соответственно. Сыр из молока овец с генотипом $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ характеризовался и меньшим содержанием влаги, которое составило 60,0 %, тогда как в сыре из молока овец с генотипов $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$ этот показатель был на уровне – 66,3 %.

Кислотность сыра (рН) из молока овец с генотипами $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ была самой высокой (4,45), наименьшая отмечена в сыре из молока от овцематок с генотипом $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ (4,39).

Были изучены органолептические свойства зрелого сыра, полученного из молока овец с разными генотипами (таблица 25).

Таблица 25 – Органолептические свойства зрелого сыра из молока овец комплексных генотипов по генам PRL и $\beta-LG$

Показатель	$PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$	$PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$	$PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$	$PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$
Внешний вид	Наружный слой уплотненный, упругий			
Вкус и запах	чистый, кислый	чистый, кисломолочный	чистый, кисломолочный	чистый, кисломолочный
Консистенция сыра после 18 часов выдерживания	Нежная, однородная			
Цвет теста	Белый с кремовым оттенком	Белый с легка желтоватым оттенком	Белый с легка желтоватым оттенком	Белый с легка желтоватым оттенком
Рисунок	Отсутствует			

Все полученные сыры имели уплотненный, упругий наружный слой, без рисунка, нежной однородной консистенции. Сыр, изготовленный из молока от овец носителей генотипа $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, отличался более кислым вкусом, аналоги имели чистый, кисломолочный вкус. Цвет теста сыра из молока овец с генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ был белый с кремовым оттенком, в то время как у сыра из молока других генотипов он был белый со слегка желтоватым оттенком.

Таким образом, на основании результатов проведённых исследований по изучению технологических свойств молока и изготовлению сыра можно сделать вывод, что молоко овец с комплексным генотипом $\beta-LG^{BB}PRL^{BB}$ обладает лучшими качествами показателей при изготовлении сыров.

2.2.14. Экономическая эффективность разведения овец разных генотипов для производства молока и сыра типа «Адыгейский»

Экономическая эффективность разведения овец разных генотипов по генам $\beta-LG$, находящимся в одинаковых условиях содержания и кормления, определялась исходя из затрат на производство молока, данных об удое и суммы, полученной от реализации молока по закупочным ценам.

Затраты на содержание овец всех генотипов были одинаковыми, поскольку они находились в одних и тех же условиях, и определялись суммой затрат на кормление, заработную плату работников фермы, ветеринарное обслуживание овцепоголовья, а также затратами на общехозяйственные расходы. На основании данных бухгалтерского учёта общие затраты на содержание одной овцематки в году составили 65,1 тыс. рублей. Цена реализации 1 кг молока овечьего молока составила 310,0 рублей.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что разведение овец породы лакон всех выявленных генотипов в исследованных генах выгодно. Уровень рентабельности колебался в пределах от 27,0 до 34,5 % (таблица 26).

При этом в разрезе генов *GDF9*, *PRL*, *β -LG* получены следующие данные. Овцы-носители AA и AG генотипов по гену *GDF9* имели больший удой молока по сравнению с животными GG генотипа, что позволило получить от их разведения большую прибыль на 1,9 и 2,4 тыс. рублей и соответственно уровень рентабельности на 3,0 и 3,6 %.

В гене *PRL* наиболее выгодными оказались овцы с генотипом AA. Большой удой обеспечил им большую прибыль и уровень рентабельности по сравнению с животными BB генотипа на 3,0 тыс. рублей и 4,6 % соответственно.

В гене *β -LG* наибольшая прибыль получена от разведения овец с генотипом AA – 30,2 тыс. рублей. Большой удой обеспечил этим животных большую на

Таблица 26 – Экономическая эффективность разведения овец породы лакон разных генотипов (в ценах 2021 года)

Показатель	Ген/генотип								
	<i>GDF9</i>			<i>PRL</i>			<i>β-LG</i>		
	AA	AG	GG	AA	AB	BB	AA	AB	BB
Удой молока от одной овцематки, кг	264,8	266,4	258,6	270,2	262,5	260,7	273,7	266,6	264,1
Производственные затраты, тыс. руб.	65,1			65,1			65,1		
Реализационная цена 1 кг овечьего молока, руб.	310,0			310,0			310,0		
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	82,1	82,6	80,2	83,8	81,4	80,8	84,8	82,6	81,9
Прибыль, тыс. руб.	17,0	17,5	15,1	18,7	16,3	15,7	19,7	17,5	16,8
Уровень рентабельности, %	26,1	26,8	23,2	28,7	25,0	24,1	30,2	26,9	25,8

Целесообразность разведения овец породы лакон в первую очередь определяется высокой пригодностью овечьего молока для производства сыра за счёт высокого содержания белка. В связи с этим проведён расчёт экономической эффективности производства сыра типа «Адыгейский» из молока овец разных генотипов.

Для изготовления сыра молоко отбиралось от овец комплексных генотипов по генам *PRL* и *β-LG*, отличающихся наибольшей разностью по массовой доле белка.

Для оценки экономической эффективности производства 1 кг овечьего сыра типа «Адыгейский» из молока овец с разными генотипами по генам *PRL* и *β-LG* определены следующие показатели: расход молока, выход сыра, стоимость молока, израсходованного на производство 1 кг сыра. Расчёт и сравнительный анализ показателей представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Экономическая эффективность производства сыра типа «Адыгейский» из молока овец породы лакон с разными генотипами

Показатель	Комплексный генотип			
	<i>PRL^{AA}β-LG^{AA}</i>	<i>PRL^{BB}β-LG^{BB}</i>	<i>PRL^{BB}β-LG^{AA}</i>	<i>PRL^{AA}β-LG^{BB}</i>
Количество молока, кг	3,0	3,0	3,0	3,0
Выход сыра, г	806,0	970,0	836,0	940,0
Расход молока на 1 кг сыра, кг	3,72	3,09	3,59	3,19
Реализационная стоимость 1 кг молока, руб.	310,0	310,0	310,0	310,0
Стоимость молока израсходованного на производство 1 кг сыра, руб.	1153,2	957,9	1112,9	988,9

Полученные результаты позволили выявить, что выход готовой продукции – сыра «Адыгейский», из трёх килограммов молока от овец с генокомплексом

$PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ был на 20,3 % больше, чем от овец с генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ и на 16,0 и 3,2 %, чем от овец с генотипами $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$ и $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ соответственно.

Расход цельного молока на 1 кг сыра от овец, имеющих генотип $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, составил 3,72 кг, что на 0,63; 0,53 и 0,13 кг больше в сравнении с расходом молока овец-носителей генотипов $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$, $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$ соответственно.

На изготовление 1 кг сыра от овцематок носителей генотипа $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ при стоимости 310,0 руб. за 1 кг молока затраты составили 957,9 рублей, что на 195,3 рублей или 16,9 % меньше, в сравнении с затратами при изготовлении сыра, полученного из молока овец, носителей гомозиготного генотипа $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$.

Таким образом, большая массовая доля белка у животных с комплексным генотипом $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ обеспечило преимущество по сравнению с животными генотипа $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, которые демонстрировали большую рентабельность при производстве валового объема молока, без относительного анализа с точки зрения изготовления из него сыра.

Резюмируя выше изложенное можно сделать вывод, что проведение генотипирования и отбор животных носителей комплексного $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ генотипа будет способствовать увеличению в стаде животных, вырабатывающих молоко с высокими технологическими свойствами молока для изготовления сыра на собственной сыроварне. В тоже время разведение овец с комплексным генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ также выгодно для получения большего объема молока и его реализации за пределы хозяйства.

Таким образом генотипирование по генам $GDF9$, PRL , $\beta-LG$ является целесообразным селекционным приёмом для отбора генотипов $GDF9^{AG}$, PRL^{AA} , $\beta-LG^{AA}$ для повышения обильномолочности, $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ для повышения пригодности молока для изготовления сыра, что приведено в акте внедрения результатов исследования в КФХ «Николаев» Крымского района Краснодарского края (Приложение Б).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Овцеводство, как в развитых, так и в развивающихся странах, рассматривается как важная отрасль сельского хозяйства, обеспечивающая населения продуктами питания. Разработка путей более эффективного использования генофонда имеющихся пород овец с целью повышения уровня их продуктивности, методов экономии затрат кормов на единицу продукции, генетический мониторинг и исключение животных носителей нежелательных мутаций, являются важнейшими задачами овцеводства, решение которых будет способствовать повышению экономической эффективности ведения отрасли.

В молочном овцеводстве к наиболее значимым селекционируемым признакам относятся удои молока, содержание в нём массовой доли жира, белка. Следует отметить, что такому показателю как белкомочность долгое время не уделялось должного внимания. Однако с возрастающими требованиями к качеству молока для сыродельческой отрасли возникла необходимость изучать зависимость качественного состава молока от генетических особенностей животного. Это дало импульс для поиска и использованию в молочном овцеводстве генетических маркеров.

В настоящем исследовании выявлены ассоциации между генами *GDF9*, *PRL*, *β -LG* и молочной продуктивностью овец породы лакон. Выбор данных генов обусловлен их непосредственным участием в росте и развитии молочной железы, поддержании секреции и синтезе молока. Гены также расположены в области QTL, влияющей на количество и качество молока.

Проведённые исследования на овцематках породы лакон показали, что гены *GDF9*, *PRL*, *β -LG* имеют разные частоты встречаемости как аллелей, так и генотипов.

В наших исследованиях по гену дифференциального фактора роста (*GDF9*) была изучена миссенс-мутация (rs 410123449), приводящая к замене аминокислоты аргинин (Arg) на гистидин (His) (с.260 G→A). Частота

встречаемости мутантного аллеля $GDF9^A$ составила 0,10; аллеля $GDF9^G$ – 0,90. Полученные данные согласуются с результатами исследований, выполненных на других породах овец таких как сальская, романовская (Kolosov Yu.A. et al., 2015) [145], дагестанская горная (Абдулмуслимов А.М. и соавт., 2020) [1], эдильбаевская, волгоградская (Горлов И.Ф. и соавт., 2021) [22]. Исследования полиморфизма по гену $GDF9$ позволили установить, что во всех перечисленных породах наиболее распространённым является гомозиготный генотип $GDF9^{GG}$. Однако в литературе также имеются данные о примерно одинаковой частоте встречаемости аллеля $GDF9^A$ (0,45) и $GDF9^G$ (0,55) у овец горно-алтайская шерстно-мясной породы (Селионова М.И. и соавт., 2020) [73].

Ген $GDF9$ хорошо известен благодаря его важному влиянию на размер помёта и механизмы, влияющие на плодовитость овец. Мутации в этом гене по-разному влияют на скорость овуляции, а в некоторых случаях даже могут вызывать бесплодие (Abdoli R. et al., 2013) [92]. В проведённом исследовании установлено, что в среднем за один год от овец породы лакон носителей генотипа $GDF9^{GG}$ получено 1,13 ягнят на одну овцематку в среднем за год, а от желательного генотипа $GDF9^{AA}$ (1,29). У сальской и волгоградской породы были более высокие показатели плодовитости (от $1,80 \pm 0,12$ до $1,88 \pm 0,17$) у гетерозиготных $GDF9^{AG}$ овец по сравнению с гомозиготными $GDF9^{GG}$ овцами (от $1,13 \pm 0,09$ до $1,22 \pm 0,11$) (Gorlov I.F. et al., 2018) [128].

В наших исследованиях живая масса единцы ягнят превышала двойнёвых сверстников на 15,15 %. Данные согласуются с исследованиями проведёнными D. Panayotov et al., которые установили, что единцы ягнята имели более высокую живую массу, чем ягнята-близнецы – на 0,76 кг при рождении, на 3,13 кг при отъёме и на 3,36 кг в возрасте 90 дней (Panayotov D. et al., 2018) [161].

В молочном овцеводстве репродуктивные цели вторичные по отношению к основной цели – увеличение производства молока. Однако имеются данные, что овцы, рожавшие несколько ягнят, давали больше молока (Костылев М.Н. и соавт., 2015; Abecia J.A., Palacios C., 2018) [48, 90]. В своих исследованиях А.К. Бозымова и соавторы (2011) [13], отмечают, что у двойнёвых маток акжайкской

мясошерстной породы интенсивность выделения молока несколько выше в первые два месяца лактации, чем у одиночных на 18,1-21,2 %.

Анализом показателей молочной продуктивности овец породы лакон установлено, что овцематки, имеющие генотип $GDF9^{AG}$, превосходили по удою особей с генотипом $GDF9^{GG}$, $GDF9^{AA}$. По данным исследований F.L.J. Al-Khuzai, J.R. Ahmed (2019) [94] было выявлено, что влияние генотипа $GDF9$ на общую молочную продуктивность и период лактации было незначительным, однако по процентному содержанию жира и сухих обезжиренных веществ преобладали животные с гетерозиготным генотипом $GDF9^{AG}$. В настоящем исследовании по процентному количеству жира и белка в молоке превосходили овцы-носители гомозиготного генотипа $GDF9^{GG}$.

Проанализировав действие делеции g.460_483del, расположенной в интроне 2, гена пролактина (PRL) у овец породы лакон, нами было определено, что частота встречаемости аллеля PRL^A (0,81) выше, чем аллеля В (0,19) (Селионова М.И., 2020) [73]. Полученные данные согласуются с результатами, установленными для испанских мериносовых овец (Padilla P. et al., 2018) [159], для овец породы чёрная голова (Gras M. et al., 2016) [130], авасси (Jawasreh K., et al., 2014) [139], серра-да-эштрела, белых и чёрных мериносов (Ramos A.M. et al., 2009) [167].

В наших исследованиях при анализе влияния генотипов PRL на признаки молочной продуктивности генотип PRL^{AA} был связан с самой высокой молочной продуктивностью. Этот результат согласуется с некоторыми опубликованными результатами, в которых сообщается о значительной разнице, подтверждающей превосходство генотипа PRL^{AA} в надоях у овец пород сакиз, аккараман, авасси (Ozmen O., Kul S., 2016) [158], восточно-фризских овец (Staiger E.A., et al., 2010) [178], у испанских мериносовых овец (Padilla P., et al., 2018) [159]. Имеются данные о превосходстве генотипа PRL^{BB} по процентному содержанию жира и белка у породы серра да эштрела, что также согласуется с нашими исследованиями у овец породы лакон (Ramos A.M. et al., 2009) [167].

Полиморфизм гена бета-лактоглобулина (β -LG), исследованный в нашей

работе, является наиболее изученной трансверсией нуклеотидов Т→С (аллель β - LG^A → аллель β - LG^B) в экзоне 2 гена β - LG приводит к замене Туг на His в полипептиде β - LG . Локус гена β - LG показал более высокую частоту встречаемости аллеля β - LG^B , чем аллеля β - LG^A у исследованных нами овец породы лакон (Евлагина Д.Д., Селионова М.И., 2021; Selionova M. et al., 2022) [71, 172] Аналогичные результаты были получены у овец породы хиос (Triantaphyllopoulos K.A. et al., 2016) [186], рацка (Georgescu S.E. et al., 2016) [122], цигай (Kusza S. et al., 2015) [146], польский меринос (Kawecka A., Radko A., 2011) [141], авасси (Baranyi M. et al., 2010; Al-Samarai F.R., Al-Anbari N.N., 2009) [100, 95]. Однако Климанова Е.А. и соавторы [44], при изучении полиморфизма гена β - LG в сибирской популяции романовских овец установили, что аллель β - LG^A встречается чаще, чем аллель β - LG^B , следовательно, встречаемость гомозиготного генотипа β - LG^{AA} была в 5,6 раза выше, чем с генотипа β - LG^{BB} (Климанова Е.А. и соавт., 2020) [44].

В нашем исследовании не было обнаружено никаких доказательств присутствия аллеля С, который считается редким вариантом, обнаруженным только у нескольких пород, таких как туркана, рацка, цигай, трансильванский меринос, мериноленд и венгерский меринос (Baranyi M. et al., 2010; Selvaggi M. et al., 2015) [100, 171].

У овец валье-дель-беличе, сардинских генотип β - LG^{AA} был связан с большей молочной продуктивностью (Giaccone P. et al., 2000; Nudda A. et al., 2003) [125, 156]. Аналогичный результат был обнаружен и в наших исследованиях на овцах породы лакон, при этом животные, несущие генотипы β - LG^{AA} и β - LG^{AB} , имели более высокие удои, чем овцы β - LG^{BB} генотипа. Различий по молочной продуктивности между генотипами не обнаружено у сардинских, восточно-фризских (Staiger E.A. et al., 2010) [178], польских горных, польских мериносовых, восточно-фризских и бергшафских (Kawecka A., Radko A., 2011) [141] и у западноафриканских овец (Aranguren-Méndez et al., 2012) [96].

Что касается качественных характеристик молока, наши исследования показали, что овцематки, имеющие генотип β - LG^{BB} отличались более высокими

показателями содержания жира и белка в молоке по сравнению с животными носителями генотипа β - LG^{AA} . Данные исследования подтверждаются работами P. Giaccone и соавторами (2000) [125] и S. Mroczkowski и соавторами (2004) [154], в которых была обнаружена положительная связь между генотипом β - LG^{BB} и содержанием молочного жира, белка по сравнению с генотипами β - LG^{AA} и β - LG^{AB} у овец породы польский меринос. С другой стороны, результаты Dario C. и соавторов (2008) [113] у пород альтамурана и леччезе сообщили о превосходстве генотипов β - LG^{AA} и β - LG^{AB} по процентному содержанию жира и сывороточного белка в молоке. В исследованиях Georgescu S.E. и соавторов (2016) [122], отмечено, что у овец породы рацка генотип β - LG^{AA} имеет более высокое содержание жира и сухого вещества. У гетерозиготных по гену бета-лактоглобулин овец породы серра-да-эштрела было более высокое содержание жира в молоке, чем у животных, несущих гомозиготный генотип β - LG^{BB} (Ramos A.M. et al., 2009) [167].

Не было обнаружено связи между признаками состава молока и генотипами β - LG у пород восточно-фризской (Staiger E.A. et al., 2010) [178], масцезе (Mele M. et al., 2007) [151], сардинской (Nudda A. et al., 2003) [156], чуппа (Gutiérrez-Gil et al., 2009) [133].

В нашей работе наблюдалась связь между высокими удоями и живой массой овцематок, что в целом согласуется с предыдущими исследованиями (Berry D.P. et al., 2007; Van der Linden D.S. et al., 2009) [108, 187]. Следовательно, как утверждают авторы Harville D.A. and Henderson C.R. [135] племенной отбор, основанный на молочной продуктивности, может означать отбор более крупных и тяжелых животных. Однако по данным Varillet [101] и соавторов такая ситуация, по-видимому, имеет место лишь на начальных этапах селекционных программ, так как в эффективно подобранных генетических программах не выявлено различий в живой массе между животными с разной молочной продуктивностью. Это наблюдалось у овец породы лакон из программы селекции продолжительностью 50 лет, в которой линии с низкой продуктивностью по

сравнению с линией с высокой продуктивностью не показали различий в живой массе, однако последние давали на 22,0 % больше молока.

Интересной частью нашей работы было исследование влияния, комбинированного генокомплекса генотипов по генам пролактина и бета-лактоглобулина на удои и качественный состав молока. Комбинация генотипов отражает взаимодействие эффектов нескольких генов в определенном количественном признаке. Наше исследование обнаружило значительное влияние взаимодействия генотипов $PRL \times \beta-LG$ на качественный и количественный состав молока.

Отмечено, что наибольшую численность в стаде имели овцематки с генотипом $PRL^{AA}\beta-LG^{AB}$ (83 головы). Самый высокий удои у овец лакон был с комбинированными генотипами $PRL^{BB}\beta-LG^{AB}$ (272,24 кг) – 19 голов, и $PRL^{AB}\beta-LG^{BB}$ (271,17 кг) – 18 голов, по сравнению с генотипом $PRL^{AB}\beta-LG^{AB}$ (13 голов) – 258,01 кг молока за 180 дней лактации. Статистические результаты показывают, что овцы с комбинацией генотипов $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ и $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ имели самый высокий процент жира, а овцы с комбинацией генотипов $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$ имели самые высокий процент белка, в молоке по сравнению с другими генотипами. Самый низкий показатель по жиру и белку был зарегистрирован для генотипа $PRL^{AB}\beta-LG^{BB}$.

Аналогичные исследования в 2019 году провела группа учёных во главе с Khaleel Jawasreh [138] на овцах породы авасси. По их данным самый высокий удои был у овцематок с комбинированными генотипами $\beta-LG^{AA} \times PRL^{BB}$ по сравнению с генотипом $\beta-LG^{AB} \times PRL^{BB}$. В результатах отмечалось, что овцы с комбинацией генотипов $\beta-LG^{AA} \times PRL^{BB}$ имели самый высокий процент жира, а овцы с комбинацией генотипов $\beta-LG^{BB} \times PRL^{BB}$ – самые высокие показатели по процентному содержанию белка, лактозы и плотности молока в сравнении с другими генотипами.

Улучшение признаков молочной продуктивности у овец требуется для повышения конкурентоспособности отрасли и поддержания производства высококачественного сыра. В целом положительное влияние различных

аллельных вариантов генов молочной продуктивности может представлять большой интерес для сыродельной промышленности. Знание о влиянии генотипов на выход сыра, позволит реализовать программу раннего отбор самцов и самок, несущих желательные генотипы и увеличит генетический прогресс от поколения к поколению.

Многие исследования показали превосходство молока от овец носителей генотипа β - LG^{AA} для производства сыра благодаря более короткому времени свёртывания, лучшей скорости уплотнения сгустка и благоприятному выходу сыра (Rampilli M. et al., 1997) [168].

Кроме того, A. Garson и J. Martinez (1992) [120] сообщили о превосходстве генотипов β - LG^{AA} и β - LG^{AB} по сравнению с гомозиготами β - LG^{BB} в отношении времени свёртывания, средней и максимальной жёсткости, скорости сгущения и выхода сгустка у породы манчега. Эти результаты противоречат данным F. Pilla и соавторов, которые обнаружили, что аллель β - LG^B положительно влияет на свойства сычужного свёртывания молока. (Pilla F. et al., 1995) [165].

В наших экспериментах показано, что молоко овец с комплексным генотипом β - $LG^{BB}PRL^{BB}$ свёртывалось быстрее, в сравнении с другими генотипами, также отмечена более высокая массовая доля жира в сыре при пересчёте на сухое вещество (58,3 %). В то время как сыр, изготовленный из молока от овец носителей генотипа $PRL^{AA}\beta$ - LG^{AA} , отличался кислым вкусом и более низким содержанием жиров по сравнению с сыром, изготовленным из молока овец других генотипов (Евлагина Д.Д., Селионова М.И., 2022) [36].

Анализируя биохимические показатели крови овец породы лакон можно отметить, что изученные нами показатели находились в пределах референтных значений (Евлагина Д.Д., 2021) [33]. Данные согласуются с исследованиями N. Roubies et al., [169], которые изучали биохимические параметры крови овец хиосской молочной породы, а также с исследованиями I. Nedeva et al. [155], на породе лакон. Полученные нами данные подтверждены результатами T. Slavov et al. [175], в которых говорится о том, что уровень общего белка, альбуминов и

глобулинов в крови овец породы лакон оставался в пределах референтных значений вне зависимости от числа лактации.

Таким образом, проведённые всесторонние исследования полиморфизма генов *GDF9*, *PRL*, *β -LG*, показали экономическую значимость этой тест-системы. Используя методы молекулярной биологии и математическое моделирование, наше исследование демонстрирует связь между генетическим полиморфизмом и признаками молочной продуктивности овец породы лакон. Идентифицированные маркеры могут быть использованы в программе MAS наряду с методами разведения, основанными на отборе по фенотипическим показателям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования позволили получить данные, имеющие теоретическое и практическое значение, которые дополняют и расширяют сведения о полиморфизме генов *GDF9*, *PRL*, *β-LG*, контролирующих количественно-качественные характеристики молока овец породы лакон, позволившие сформировать следующие выводы:

1. Полиморфизм генов *GDF9*, *PRL*, *β-LG* в исследованной популяции овец породы лакон представлен двумя аллелями с частотой встречаемости: $GDF9^A - 0,10$; $GDF9^G - 0,90$; $PRL^A - 0,81$; $PRL^B - 0,19$; $\beta-LG^A - 0,34$; $\beta-LG^B - 0,66$; и тремя генотипами, гомозиготными: $GDF9^{AA} - 0,83$; $GDF9^{GG} - 0,87$; $PRL^{AA} - 0,75$; $PRL^{BB} - 0,12$; $\beta-LG^{AA} - 0,11$; $\beta-LG^{BB} - 0,43$; гетерозиготными: $GDF9^{AG} - 0,06$; $PRL^{AB} - 0,13$; $\beta-LG^{AB} - 0,46$.

2. Биохимические показатели крови у овец породы лакон за исключением щелочной фосфатазы находились в пределах референтных показателей для данного вида животных.

У овец генотипов PRL^{AA} , $\beta-LG^{AA}$, $GDF9^{AG}$ и PRL^{BB} , $\beta-LG^{BB}$ достоверно выше были уровень мочевины и активность ферментов переаминирования, что связано с их большими обильномолочностью и массовой долей белка в молоке.

3. В крови овец гомозиготных генотипов $GDF9^{AA}$, PRL^{BB} , $\beta-LG^{AA}$ циркулировало большее количество Т-лимфоцитов, по сравнению с животными $GDF9^{AG}$, PRL^{AA} , $\beta-LG^{BB}$ генотипов на 53,7; 14,8; 21,7 % ($p < 0,01$).

4. Генотип по гену *GDF9* оказывал влияние на показатели воспроизводства у овец породы лакон. Носительство аллеля А способствовало плодовитости и рождению более крупных ягнят: от овцематок с генотипами $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{AG}$ получено больше на 0,8 и 0,5 ягёнка с большей в среднем на 0,3 кг ($p < 0,05$) живой массой при рождении, чем от овцематок с генотипом $GDF9^{GG}$.

5. Генотипы по генам *GDF9*, *PRL*, *β-LG* оказывали влияние на уровень молочной продуктивности овец породы лакон:

5.1. Удой овцематок с генотипами $GDF9^{AA}$ и $GDF9^{AG}$ превышал удой овец с генотипом $GDF9^{GG}$ на 6,2 и 7,80 кг молока соответственно ($p < 0,01$). При этом овцы с генотипом $GDF9^{AA}$ имели и более высокое содержание жира и белка по сравнению с овцами других генотипов. Разница по общему выходу этих компонентов над животными $GDF9^{GG}$ составила 0,78 и 0,51 кг и была достоверной.

5.2. Овцы с генотипом PRL^{AA} имели превосходство по уровню удоя над животными с генотипами PRL^{BB} и PRL^{AB} на 9,5 и 7,7 кг ($p < 0,05$). Несмотря на то, что массовая доля жира и белка в молоке овец с генотипом PRL^{AA} была ниже, чем у овец с генотипом PRL^{BB} , однако больший удой обеспечивал им преимущество по общему выходу этих компонентов за всю лактацию над животными PRL^{AB} и PRL^{BB} генотипов.

5.3. Большею обильномолочностью отличались овцы с генотипом $\beta-LG^{AA}$, которые имели преимущество над животными с генотипами $\beta-LG^{BB}$ и $\beta-LG^{AB}$ на 9,6 и 7,6 кг молока ($p < 0,01$). Наиболее высокие показатели жирномолочности отмечены у овец с генотипом $\beta-LG^{BB}$ (7,14 %).

5.4. Овцематки гомозиготных генотипов $GDF9^{AA}$, PRL^{AA} и $\beta-LG^{AA}$ имели большую живую массу и характеризовались более высокими удоями, что выразилось в большем уровне коэффициента молочности.

6. Молоко овец с генотипом $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$ свертывалось быстрее от 2 до 5 минут, чем молоко овец с генотипами $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$. Сырный сгусток из молока всех генотипов характеризовался оптимальной плотностью и хорошей упругостью.

7. Выход сыра типа «Адыгейский», полученного из молока от овцематок-носителей генотипа $PRL^{BB}\beta-LG^{BB}$, выше по сравнению с аналогичным показателем из молока овец с генотипами $PRL^{AA}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{BB}\beta-LG^{AA}$, $PRL^{AA}\beta-LG^{BB}$ соответственно на 5,5; 4,5 и 3,0 %, при этом в нем отмечена и большая массовая доля жира на 3,04; 2,90; и 1,10 % соответственно.

8. Расчёт экономической эффективности позволил установить, что разведение овец породы лакон всех генотипов выгодно. Уровень рентабельности колебался в пределах от 27,0 % до 34,5 %.

8.1. В гене *GDF9* наиболее выгодными для производства и реализации молока оказались овцы с генотипом *GDF9^{AA}*, уровень рентабельности которых был в среднем на 3,2 % выше, в сравнении с овцами других генотипов. В генах *β-LG* большей рентабельностью на 4,1 % и 3,9 % отличались соответственно генотипы *PRL^{AA}* и *β-LG^{AA}*.

8.2. При производстве сыра типа «Адыгейский» наименьшее количество молока на единицу продукции затрачено при использовании молока от овец комплексного генотипа *PRL^{BB}β-LG^{BB}*, что в сравнении с использованием молока от овец генотипа *PRL^{AA}β-LG^{AA}* уменьшало затраты в денежном выражении на 16,9 %.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

В программу селекционно-племенной работы со стадом овец породы лакон включать генотипирование по генам *GDF9*, *PRL*, *β-LG*.

Проводить отбор носителей желательных генотипов, при этом учитывать, что наиболее ценными для селекции на увеличение обильномолочности являются животные генотипов *GDF9^{AG}*, *PRL^{AA}*, *β-LG^{AA}*, на повышения пригодности молока для изготовления сыра – *PRL^{BB}β-LG^{BB}*.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейших исследованиях целесообразно продолжить поиск новых генов-маркёров, ассоциированных с хозяйственно ценными признаками овец молочного направления продуктивности, что будет способствовать повышению их продуктивности.

Полученные данные будут носить теоретическое, практическое значение, позволят создавать новые тест-системы для ранней диагностики признаков продуктивности и разрабатывать современные рекомендации по выведению отечественных пород овец молочного направления.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота

SNP (англ. Single nucleotide polymorphism) – однонуклеотидный полиморфизм

QTL (англ. Quantitative Trait Loci) – локусы количественных признаков

MAS (англ. Marker Assisted Selection) – маркер-ассоциированная селекция

ПЦР – полимеразная цепная реакция

ПЦР-ПДРФ – полимеразная цепная реакция с изучением полиморфизма длин рестриционных фрагментов

GDF9 – ген дифференциального фактора роста

PRL – ген пролактина

β -LG – ген бета-лактоглобулина

ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота

Rsa I – эндонуклеаза рестрикции из *Rhodopseudomonas sphaeroides*

Нае III – эндонуклеаза рестрикции из штамма *E. coli*, несущего клонированный ген Нае III из *Haemophilus aegyptius*

п.н. – пары нуклеотидов

ФАОСТАТ (англ. FAOSTAT, (FAO), Food and Agriculture Organization of the United Nations) – Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций

Тм – метрические тонны

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулмуслимов, А.М. Анализ полиморфизма генов CAST, GH и GDF9 у овец Дагестанской горной породы / А.М. Абдулмуслимов, А.А. Хожоков, И.С. Бейшова, И.С. Бейшова, Ю.А. Юлдашбаев, А.Н. Арилов, С.А. Хататаев // Зоотехния. – 2020. – № 11. – С. 5-8. – doi: 10.25708/ZT.2020.18.19.002.
2. Аветисян, Г.Б. Перспективная порода овец Армении / Г.Б. Аветисян // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2010. – № 4. – С. 21-22.
3. Азаубаева, Г.С. Продуктивность – по анализу крови / Г.С. Азаубаева // Животноводство России. – 2004. – № 11. – С. 21-23.
4. Айбазов, А.М.М. Интенсификация воспроизводства овец в Ставропольском крае (часть 2. Плодовитость овец и пути ее повышения) / А.М.М. Айбазов, Т.В. Мамонтова // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 4(13). – С. 19-28. – doi: 10.25930/2687-1254/003.4.13.2020.
5. Алайчиев, А.С. Молочность маток алайской полугрубошерстной породы и местной грубошерстной овцы в условиях чон-алайской долины / А.С.Алайчиев // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2015. – № 1 (33). – С. 73-74.
6. Амерханов, Х.А. Из истории российского овцеводства / Х.А. Амерханов, В.И. Трухачёв, М.И. Селионова – Ставрополь: ИП Мокринский Н.С., 2017. – 408 с.
7. Ахметов, Т.М. Полиморфизм гена бета-лактоглобулина в стадах крупного рогатого скота / Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, О.Г. Зарипов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2010. – Т. 202. – С. 36-41.
8. Аязбекова, М.А. Овечьё молоко – резервный потенциал для производства молочных продуктов // М.А. Аязбекова // Технические науки - от теории к практике. – 2017. – № 2 (62) – С. 89-93.
9. Балакишиев, М.Г. Опыт разведения породы авасси в Азербайджане / М.Г. Балакишиев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – №1. – С. 9-12.

10. Бектуров, А.Б. Тяньшанский тип овец породы кыргызский горный меринос и их продуктивность / А.Б. Бектуров, Т.Д. Чортонбаев, Д.В. Чебодаев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5(151). – С. 100-103.
11. Бигаева, А.В. Сыропригодность молока коров с разными генотипами каппа-казеина / А.В. Бигаева, Х.Х. Гильманов, С.В. Тюлькин, Р.Р. Вафин, А.Г. Галстян // Сыроделие и маслоделие. – 2019. – № 6. – С. 26-27.
12. Богатова, О.В. Химия и физика молока: учеб. пособие / О.В. Богатова, Н.Г. Догарева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 137 с.
13. Бозымова, А.К. Молочная продуктивность маток акжайкской мясошерстной породы овец / А.К. Бозымова, К.Г. Есенгалиев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2011. – № 2. – С. 65-67.
14. Борисов, Д.Р. Влияние срока лактации овец на белковую картину молока и крови ягнят / Д.Р. Борисов, А.П. Попов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2014. – № 4 (37). – С. 7-10.
15. Вобликова, Т.В. Овечье молоко – потенциальный сырьевой ресурс для развития производства функциональных продуктов питания / Т.В. Вобликова, О.В. Кригер // Современная наука и инновации. – 2019. – № 2(26). – С. 166-175. – doi: 10.33236/2307-910X-2019-2-26-166-175.
16. Войтюк, М.М. Современное состояние овцеводства в России / М.М. Войтюк, О.П. Мачнева // Эффективное животноводство. – 2021. – № 4(170). – С. 102-105. – doi: 10.24412/cl-33489-2021-4-102-105.
17. Вологирова, Д.А. Питательная ценность и диетические свойства овечьего молока / Д.А. Вологирова, М.Х. Жекамухов // Пищевая индустрия. – 2021. – № 2(46). – С. 30-31. – doi: 10.24412/cl-34900-2021-2-30-31.
18. Владимиров, Н.И. Молочная продуктивность маток с одинарным и двойным приплодом / Н.И. Владимиров, Д.А. Быков, Д.А. Быков, С.Г. Катаманов, Ю.Г. Котоманов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2009. – № 3. – С. 29-30.

19. Глазко, В.И. Молекулярная биология для животноводства / В.И. Глазко // *Farm Animals*. – 2012. – № 1(1). – С. 24-29.
20. Глазко, В.И. Поколения молекулярно-генетических маркеров в решении задач геномной селекции / В.И. Глазко, Г.Ю. Косовский, Т.Т. Глазко // *Вестник РАЕН*. – 2017. – Т. 17. – № 2. – С. 66-70.
21. Гончаренко, Г.М. Влияние голштинизации симментальской породы на изменение полиморфизма генов CSN3, BLG и их связь с продуктивностью и сыропригодностью / Г.М. Гончаренко, Н.Б. Гришина, О.В. Плахина, Л.Д. Герасимчук, В.И. Бамбух, Е.А. Панков, С.А. Панков // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2016. – № 4. – С. 44-53.
22. Горлов, И.Ф. Генетическая структура стада по генам GDF9, GH у овец Волгоградской и эдильбаевской пород / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Ю.А. Колосов, Н.В. Широкова // *Аграрно-пищевые инновации*. – 2021. – № 2(14). – С. 51-59. – doi: 10.31208/2618-7353-2021-14-51-59.
23. Горячева, Т.С. Влияние качества молока на сыропригодность у коров симментальской породы с учетом генотипов по гену каппа-казеина / Т.С. Горячева, Г.М. Гончаренко // *Аграрная наука сельскохозяйственному производству Монголии, Сибири и Казахстана*. Монгольская академия аграрных наук. Улан-Батор, 2010. – С. 114-116.
24. Горячева, Т.С. Генетические варианты к-казеина и пролактина в связи с молочной продуктивностью коров черно-пестрой породы / Т.С. Горячева, Г.М. Гончаренко // *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – № 4. – С. 51-54.
25. ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
26. ГОСТ 32263-2013 Сыры мягкие. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

27. Данкверт, С.А. Овцеводство стран мира / С.А. Данкверт, А.М. Холманов, О.Ю. Осадчая. – М.: Издание 2-е, дополн., ВИЖ Россельхозакадемии, 2011. – 550 с.

28. Дейкин, А.В. Генетические маркеры в мясном овцеводстве / А.В. Дейкин, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, Д.В. Коваленко, В.И. Трухачёв // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20. – № 5. – С. 576-583. – doi: 10.18699/VJ16.139.

29. Денискова, Т.Е. Жирный хвост у овец: методы изучения генетических механизмов формирования фенотипа и идентифицированные гены-кандидаты (обзор) / Денискова Т.Е., Kunz E., Medugorac I., Доцев А.В., Brem G., Зиновьева Н.А. // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54. – № 6. – С. 1065-1079.

30. Денискова, Т.Е. Поиск QTL и функциональных генов-кандидатов у овец как важный этап внедрения геномной селекции / Т.Е. Денискова, А.В. Доцев, С.Н. Петров, Н.А. Зиновьева // Сборник докладов XIV международного биотехнологического форума "Росбиотех-2020", Москва, 17–19 ноября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, 2020. – С. 174-175.

31. Денискова, Т.Е. Поиск геномных вариантов, ассоциированных с живой массой у овец, на основе анализа высокоплотных SNP генотипов / Т.Е. Денискова, С.Н. Петров, А.А. Сермягин, А.В. Доцев, М.С. Форнара, Н. Reyer, K. Wimmers, В.А. Багиров, G. Brem, Н.А. Зиновьева // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56. – № 2. – С. 279-291. – doi: 10.15389/agrobiology.2021.2.279rus.

32. Долматова И.Ю., ДНК-технологии в животноводстве / И.Ю. Долматова, И.Т. Гареева, А.Г. Ильясов // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 2. – С. 42-43.

33. Евлагина, Д.Д. Биохимические показатели крови овец породы лакон разных генотипов по гену пролактина / Д.Д. Евлагина // Генетика, селекция, биотехнология: интеграция науки и практики в животноводстве: Материалы

международной научно-практической конференции, Пушкин, 01–03 декабря 2021 года. – Пушкин: Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных РАСХН, 2021. – С. 53-55.

34. Евлагина, Д.Д. Молочная продуктивность овец породы лакон разных генотипов по гену бета-лактоглобулина (β -LG) / Д.Д. Евлагина, М.И.Селионова // В сборнике: Материалы Международной научно-практической конференции «Геномика животных и биотехнологии», Махачкала, 22-23 декабря 2021 г. – Дагестанский аграрный университет им. М.М. Джамбулатова – Ставропольский аграрный университет, 2021. – С. 142-146.

35. Евлагина, Д.Д. Полиморфизм генов пролактина (PRL), бета-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. – doi: 10.30914/2411-9687-2021-7-4-335-342.

36. Евлагина, Д.Д. Связь генотипов по генам β -LG и PRL с молочной продуктивностью овец породы лакон, составом и выходом сыра / Д.Д. Евлагина, М.И.Селионова // Зоотехния. – 2022. – №3. – С.6-9.

37. Ерохин, А.И. Овцеводство / А.И. Ерохин, В.И. Котарев, С.А. Ерохин. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 450 с.

38. Ерохин, А.И. Состояние, динамика и тенденции в развитии овцеводства в мире и в России / А.И. Ерохин, Е.А. Карасев, С.А. Ерохин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 3. – С. 3-6.

39. Епишко, О.А. Влияние комплексных генотипов по генам бета-лактоглобулина, пролактина и гормона роста на молочную продуктивность коров белорусской черно-пестрой породы / О.А. Епишко, В.В. Пешко, Н.Н. Пешко // Генетика и разведение животных. – 2017. – №. 3. – С. 58-68.

40. Закирова, Г.М. Полиморфизм гена пролактина у коров татарстанского типа холмогорского скота / Г.М. Закирова, Р.Р. Султанов, Ф.Ф. Зиннатов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. – 2011. – Т. 205. – №. 1.

41. Калашникова, Л.А. Исследование полиморфизма генов молочных белков у крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы Самарского типа / Л.А. Калашникова, В.А. Грашин, А.А. Грашин // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2015. – № 4. – С. 18-28.

42. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В.С. Камышников. – 3-е изд. - Москва: МЕДпресс-информ, 2009. – 889 с.

43. Китянина, К.И. Качество молока овец различных пород / К.И. Китянина, Н.И. Куликова // Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ: сборник статей по материалам научно-исследовательских работ: в 4 т., Краснодар, 01–31 октября 2018 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 107-109.

44. Климанова, Е.А. Ассоциация генотипов β -лактоглобулина с некоторыми биохимическими показателями крови овец романовской породы / Е.А. Климанова, Т.В. Коновалова, В.А. Андреева, О.С.Короткевич, В.Л. Петухов, Ю.С. Назаренко // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 4(57). – С. 82-87. – doi: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-82-87.

45. Ковалюк, Н.В. Влияние CSN2- и СБЫЗ-генотипов на молочную продуктивность коров айрширской породы / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук, Е.А. Кулешова, Л.И. Якушева, Ю.Ю. Шахназарова // Молочное и мясное скотоводство. – 2021. – № 2. – С. 25-28. – doi: 10.33943/MMS.2021.96.45.006.

46. Колосов, Ю.А. Перспективный маркер мясной продуктивности овец / Ю.А. Колосов, Н.Ф. Бакоев, М.А. Леонова, Н.В. Широкова, А.Ю. Колосов, С.Ю. Бакоев // Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–03 октября 2015 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2015. – С. 91-92.

47. Кондрахин, И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник / И.П. Кондрахин. – М.: КолосС. – 2004. – 519 с.
48. Костылев, М.Н. Молочная продуктивность овец романовской породы / М.Н. Костылев, М.С. Барышева, О.А. Хуртина // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2015. – № 4 (44). – С. 179-183.
49. Костылев, М.Н. Оценка молочной продуктивности овец романовской породы / М.Н. Костылев, М.С. Барышева // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: материалы II международной научно-практической конференции, Вологда-Молочное, 28 февраля 2019 года. – Вологда-Молочное: Вологодский научный центр Российской академии наук, 2019. – С. 92-98.
50. Комлацкий, В.И. Перспективы развития мясо-молочного овцеводства на юге России / В.И. Комлацкий // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2016. –Т. 5. – № 2. – С. 185-190.
51. Куликов, Л.В. История и методология зоотехнической науки / Л.В. Куликов. – М.: Российский Университет Дружбы Народов, 2000. – 175 с.
52. Лобков, В.Ю. Биологические особенности овец романовской породы [Текст]: монография / В.Ю. Лобков, А.Н. Белоногова, Д.Д. Арсеньев. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2012. – 162 с.
53. Леонова, М.А. Полиморфизм гена пролактина (PRL) у коров Красной степной породы / М.А. Леонова, В.Н. Приступа, А.Ю. Колосов, К.А. Юлдашева // Селекция сельскохозяйственных животных и технология производства продукции животноводства: материалы международной научно-практической конференции, пос. Персиановский, 17 февраля 2016 года. – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет». – 2016. – С. 47-50.

54. Люцканов, П.И. Молдавский шерстно-мясо-молочный тип цыгайских овец / П.И. Люцканов, О.А. Машнер, Г. Дарие, И. Бузу, С. Арнаутов // *Stiinta Agricola*. – 2007. – № 1. – С. 43-47.

55. Матвеева, Л.В. Молочная продуктивность овец / Л.В. Матвеева // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2012. – № 1 (5). – С. 32-35.

56. Методические указания по применению унифицированных биохимических методов исследований крови, мочи и молока в ветеринарных лабораториях / М-во сел. хоз-ва СССР, Гл. упр. ветеринарии, ВАСХНИЛ, Отдние ветеринарии; [Подгот. В.Т. Самохиным и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1981. – 85 с.

57. Михалев, Е.В. Качественный состав молока овец разных пород и молока коз, разводимых в ООО СХП «Лукоз» / Е.В. Михалев, Д.С. Блинов, С.М. Семенов // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. – 2019. – № 21. – С. 401-403.

58. Наззал, Е. Состояние овцеводства в Сирии / Е. Наззал // *Овцы, козы, шерстяное дело*. – 2010. – № 4. – С. 26-28.

59. Надбитов, Н.К. Экстерьерно-конституциональные особенности, воспроизводительная способность и молочная продуктивность овец породы «калмыцкая курдючная» / Н. К. Надбитов, М. С. Зулаев, Д. В. Манджиева // *Вестник Института комплексных исследований аридных территорий*. – 2018. – № 2-2(37). – С. 19-22. – doi: 10.24411/2071-7830-2018-10015.

60. Новопашина, С.И. Опыт создания молочного овцеводства в СХП «Лукоз» / С.И. Новопашина, М.Ю. Санников, Т.В. Кожанов, А.С. Шуварики // *Овцы, козы, шерстяное дело*. – 2016. – № 2. – С. 6-8.

61. Оноприйко, В.А. Овечье молоко является одним из потенциальных ресурсов обеспечения продовольственной безопасности страны / В.А. Оноприйко // *Известия вузов. Технологии производства продуктов питания*. – 2009. – № 4. – С. 13-14.

62. Остапчук, П.С. Значение цыгайских овец в мировой аграрной культуре и перспективы Крымского овцеводства (обзор) / П.С. Остапчук, С.А. Емельянов //

Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1(56). – С. 98-104. – doi: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.98.

63. Остапчук, П.С. Продуктивные особенности молодняка в линиях цыгайской породы овец / П.С. Остапчук, С.А. Емельянов // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2015. – № 18(2). – С. 218-225.

64. Орлова Н.Н. Генетический анализ / Н.Н. Орлова // Москва: МГУ. – 1991. – 318 с.

65. Петухова, Д.Д. Характеристика аллельного спектра генов GDF9, PRL, β -LG овец породы лакон / Д.Д. Петухова // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 5(13). – С. 73-79. – doi: 10.25930/2687-1254/012.5.13.2020.

66. Погосян, Г.А. Состояние и перспективы развития овцеводства в республике Армения / Г.А. Погосян // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2013. – № 1. – С. 12-13.

67. Санович, М.А. Организационно-экономические факторы формирования рынка продукции молочной переработки Российской Федерации / М.А. Санович, А.Г. Торопова // Синергия Наук. – 2018. – № 19. – С. 171-185.

68. Светличный, С.П. Пилотный проект промышленного производства овечьего молока на Кубани / С.И. Светличный, Н.Н. Бондаренко, Н.В. Меренкова, М.И. Селионова, С.В. Свистунов // Овцы, козы, шерстное дело. – 2019. – № 1. – С. 20-24.

69. Селионова, М.И. Геномные технологии в селекции сельскохозяйственных животных / М.И. Селионова, А.М.М. Айбазов // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 1. – № 7. – С. 140-145.

70. Селионова, М.И. О некоторых итогах научного обеспечения овцеводства и козоводства Российской Федерации / М.И. Селионова, В.А. Багиров // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2014. – №1. – С. 2-4.

71. 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. – doi: 10.26897/2074-0840-2021-3-28-31.

72. Селионова, М.И. Полиморфизм гена GDF9 и его связь с молочной продуктивностью овец породы лакон / М.И. Селионова, Д.Д. Евлагина, С.И. Светличный // В сборнике: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Молекулярно-генетические технологии анализа экспрессии генов продуктивности и устойчивости к заболеваниям животных». – 2021. – С. 396-403.

73. Селионова, М.И. Полиморфизм генов PRL, B-LG у овец породы лакон / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, Е.С. Суржилова, Д.Д. Петухова, С.И. Светличный // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2020. – Т. 9. – № 1. – С. 54-57. – doi:10.34617/e8nh-z971.

74. Селионова, М.И. Из истории российского овцеводства и его научного сопровождения: Монография. / М.И. Селионова. – М.; ФГБНУ ВНИИОК, 2017. – 238 с.

75. Селионова, М.И. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец горно-алтайской породы / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, Е.С. Суржилова, Н.А. Подкорытов, А.Т. Подкорытов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50. – № 1. – С. 92-100. – doi: 10.26898/0370-8799-2020-1-11.

76. Сердюк, Г.Н. ДНК-маркеры в селекции овец / Г.Н. Сердюк, А.О. Притужалова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 2. – С. 10-11.

77. Тощев, В.К. Производство овечьего молока и его роль в повышении эффективности отрасли в Республике Марий Эл / В.К. Тощев, С.С. Мустафина, Е.В. Царегородцева // Вестник Марийского государственного университета. – 2013. – № 11. – С. 16-20.

78. Трухачёв, В.И. Генетические маркеры мясной продуктивности овец (*Ovis aries* L.). Сообщение I. миостатин, кальпаин, кальпаастатин / В.И. Трухачёв, М.И. Селионова, А.Ю. Криворучко, А.М.М. Айбазов // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – № 6. – С. 1107-1119. – doi 10.15389/agrobiology.2018.6.1107rus.

79. Ульянов, А.Н. Интенсивная технология овцеводства / А.Н. Ульянов А.Я. Куликова // Рекомендации. Краснодар. – 2012. – С. 93.

80. ФАОСТАТ. Статистический отдел. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Статистическая база данных в области продовольствия и сельского хозяйства – Режим доступа: <http://www.fao.org/poisk> (13.10.2020).

81. Фримель, Г. Иммунологические методы / Г. Фримель; пер. с нем. А.П. Тарасова. – М.: Медицина. – 1987. – 472 с.

82. Чижова, Л.Н. Система комплексной оценки селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК-диагностики: Методические рекомендации / Л.Н. Чижова, Г.Т. Бобрышова, Е.С. Суржикова и др. // Ставрополь. – 2020. – С. 97.

83. Широкова, Н.В. Оптимизация техники проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования овец / Н.В. Широкова, Ю.А. Колосов, Л.В. Гетманцева, А.В. Радюк, Н.Ф. Бакоев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015 – № 113 – С. 1473-1481.

84. Шуварики, А.С. Качество молока овец Восточно-фризской породы / А.С. Шуварики, С.А. Хататаев, О.Н. Пастух, Т.О. Робкова // Доклады ТСХА, Москва, 03-05 декабря 2019 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 185-190.

85. Шуварики, А.С. Физико-химические и технологические показатели молока овец восточно-фризской породы при разведении их в Центральной России / А.С. Шуварики, С.А. Хататаев, О.Н. Пастух, Т.О. Робкова, Е.С. Семёнова, Е.С. Коробейник // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2019. – № 3. – С. 30-32.

86. Шуварики, А.С. Физико-химические показатели козьего, овечьего и коровьего молока / А.С. Шуварики, К.А. Канина, О.Н. Красуля, О.Н. Пастух, Т.О. Робкова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 1. – С. 38-40.

87. Энциклопедический словарь по овцеводству и козоводству: Под ред. проф. А.И. Ерохина / А.И. Ерохин, Е.А. Карасев, С.А. Ерохин и др. – М.: МЭСХ, 2014. – 262 с.
88. Юлдашбаев, Ю.А. Новая порода овец - калмыцкая курдючная / Ю.А. Юлдашбаев, А.Н. Арилов, М.С. Зулаев, Б.Е. Гаряев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 109-113.
89. Ярован, Н.И. Окислительный стресс у высокопродуктивных коров при субклиническом кетозе в условиях промышленного содержания /Н.И. Ярован, И.А. Новикова // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – Т.38. – С.323-330.
90. Abecia, J.A. Ewes giving birth to female lambs produce more milk than ewes giving birth to male lambs / J.A. Abecia, C. Palacios // Italian Journal of Animal Science. – 2017. – Vol. 17. – P. 736-739. – doi:10.1080/1828051X.2017.1415705.
91. Abousoliman, I. Analysis of candidate genes for growth and milk performance traits in the egyptian barki sheep / I. Abousoliman, H. Reyer, M. Oster, E. Muráni // Animals. – 2020. – Vol. 10(2). – P.197.
92. Abdoli, R. Association of BMPR1B and GDF9 genes polymorphisms and secondary protein structure changes with reproduction traits in Mehraban ewes / R. Abdoli, P. Zamani, A. Deljou, H. Rezvan // Gene. – 2013. – Vol. 524(2). – P. 296-303.
93. Ahmed, M. Comparison of milk yield and reproductive performance of sheep breeds in the West Bank, Palestine / M. Ahmed, J. Abdallah //An Najah Univ. J. Res. – 2013. – Vol. 27(11). – P. 128.
94. Al-Khuzai, F.L.J. Polymorphism of GDF9 (exon-1) gene and its association with milk production and prolif- cacy of awassi sheep / F.L.J. Al-Khuzai, J.R. Ahmed // Plant Archives. – 2019. – Vol. 19(2). – P. 4037-4040.
95. Al-Samarai, F.R. Genetic evaluation of rams for total milk yield in Iraqi Awassi sheep / F.R. Al-Samarai, N.N. Al-Anbari // ARPN J. Agri. Biol. Sci. – 2009. – Vol. 4. – P. 54-57.
96. Aranguren-Méndez, J.A. Polimorfismo genético de la beta-lactoglobulina en ovejas tropicales en venezuela y su efecto sobre la producción láctea / J.A.

Aranguren-Méndez, M.G. Portillo, L.F. Yáñez, X. Rincón, Y. Villasmil-Ontiveros // AICA. – 2012. – Vol. 2. P. 193-196.

97. Arora, R. Genetic polymorphism of theb-lactoglobulin gene in native sheep from India. // R. Arora, S. Bhatia, B.P. Mishra, R. Sharma, A.K. Pandey, B. Prakash, A. Jain // Bio-chemical Genetics. – 2010. – Vol. 48(3-4). – P. 304-311. – doi: 10.1007/s10528-009-9323-6.

98. Baloche, G. Assessment of accuracy of genomic prediction for French Lacaune dairy sheep / G. Baloche, A. Legarra, G. Sallé, H. Larroque, J.-M. Astruc, C. Robert-Granié, F. Barillet // Journal of Dairy Science. – 2014. – Vol. 97(2). – P. 1107-1116. – doi: 10.3168/jds.2013-7135.

99. Balthazar, C.F. Sheep milk: Physicochemical characteristics and relevance for functional food development / C.F. Balthazar, T.C. Pimentel, L.L. Ferrao, C.N. Almada, A. Santillo, M. Albenzio, N. Mollakhalili, A.M. Mortazavian, J.S. Nascimento, M.C. Silva, M.Q. Freitas, A.S. Sant`Ana, D. Granato, A.G. Cruz // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2017. – Vol. 16. – P.247-262. – doi: 10.1111/1541-4337.12250.

100. Baranyi, M. Preliminary data on beta-lactoglobulin genetic polymorphisms in Hungarian Awassi and Racka sheep / M. Baranyi, A. Kerekes, L. Hiripi, Z. Bösze // Anim. Sci. Biotechnol. – 2010. – Vol. 43. – P. 1-4.

101. Barillet, F. The French Lacaune dairy sheep breed: Use in France and abroad in the last 40 years / F. Barillet, C. Marie, M. Jacquin, G. Lagriffoul, J.M. Astruc // Livestock Production Science. – 2001. – Vol. 71 (1). – P. 17-29. – doi: 10.1016/S0301-6226(01)00237-8.

102. Barillet, F. Mapping quantitative trait loci for milk production and genetic polymorphisms of milk proteins in dairy sheep / F. Barillet, J.J. Arranz, A. Carta // Genet. Sel. Evol. – 2005 – Vol. 37. – P. 109-123. – doi: 10.1186/1297-9686-37-S1-S109.

103. Barzegari, A. Polymorphism in GDF9 and BMP15 associated with fertility and ovulation rate in Moghani and Ghezel sheep in Iran / A. Barzegari, S. Atashpaz, K.

Ghabili, Z. Nemati, M. Rustaei, R. Azarbaijani // *Reproduction of Domestic Animals*. – 2009. – Vol. 45(4). – P. 666-669. – doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01327.x.

104. Ben-Jonathan, N. What can we learn from rodents about prolactin in humans? / N. Ben-Jonathan, C.R. LaPensee, E.W. LaPensee // *Endocrine reviews*. – 2008. – Vol. 29. – №. 1. – P. 1-41.

105. Bell, K. The whey proteins of ovine milk: β -lactoglobulins A and B / K. Bell, H.A. McKenzie // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure*. – 1997. – Vol. 147. – No 1. – P. 123-134.

106. Bishop, T.F. Genome editing approaches to augment livestock breeding programs / T.F. Bishop, A.L. Van Eenennaam // *J. Exp. Biol.* – 2020. – Vol. 223. – jeb207159. – doi:10.1242/jeb.207159.

107. Bodensteiner, K.J. Molecular cloning of the ovine growth/differentiation factor-9 gene and expression of growth/differentiation factor-9 in ovine and bovine ovaries / K.J. Bodensteiner, C.M. Clay, C.L. Moelle, H.R. Sawyer // *Biology of Reproduction*. – 1999. – Vol. 60(2). – P. 381-386.

108. Berry, D.P. Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows / D.P. Berry, F. Buckley, P. Dillon // *Animal*. 2007. 1. – P.1351-1359.

109. Calvo, J.H. Genetic substructure of the Spanish Manchega sheep breed / J.H. Calvo, J.A. Bouzada, J.J. Jurado, M. Serrano // *Small Ruminant Research*. 2006. – Vol. 64(1-2). – P. 116-125. – doi:10.1016/j.smallrumres.-2005.04.010

110. Carta, A. Invited review: Current state of genetic improvement in dairy sheep / A. Carta, S. Casu, S. Salaris // *J Dairy Sci.* – 2009. – Vol. 92(12). – P.5814-33. – doi: 10.3168/jds.2009-2479.

111. Clark, A.J. The mammary gland as a bioreactor: expression, processing, and production of recombinant proteins / A.J. Clark // *Journal of mammary gland biology and neoplasia*. – 1998. – Vol. 3. – P. 337-350.

112. Dag, B. Application of different models to the lactation curves of unimproved Awassi ewes in Turkey. / B. Dag, I. Keski, F. Mikailsoy // *S. Afr. J. Anim. Sci.* – 2005. – Vol. 35. – P. 238-243. – doi: 10.4314/sajas.v35i4.3965.

113. Dario, C. Genetic polymorphism of B-lactoglobulin gene and effect on milk composition in Leccese sheep / C. Dario, D. Carnicella, M. Dario, G. Bufano // *Small Rumin. Res.* – 2008. – Vol. 74. – P. 270-273. – doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.06.007.
114. Duchemin, S.I. Genomic selection in the French Lacaune dairy sheep breed / S.I. Duchemin, C. Colombani, A. Legarra, G. Baloche, H. Larroque, J-M. Astruc, F. Barillet, C. Robert-Granié, E. Manfredi // *Journal of dairy science.* – 2012. – №95(5). – P. 2723-2733. – doi: 10.3168/jds.2011-4980.
115. Eggen, A. The development and application of genomic selection as a new breeding paradigm. *Anim. Front.* – 2012. – Vol. 2. – P. 10-15. – doi: 10.2527/af.2011-0027.
116. Eghbalsaied, S. Variant GDF9 mRNA is likely not the main cause of larger litter size in Iranian Lori-Bakhtyari, Shal, Ghezel, and Afshari sheep breeds / S. Eghbalsaied, F.R. Khorasgani, H.R. Amini, M. Farahib, M. Davari, A. Pirali, S. Pourali, M. Vatankhah, M. Rostami, H. Atashi // *Archiv fuer Tierzucht.* – 2017. – Vol. 60 (2). – P. 119.
117. El-Shazly, S.A. Genetic polymorphism in β -lactoglobulin gene of some sheep breeds in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) and its influence on milk composition / S.A. El-Shazly, M.E. Mahfouz, S.A. Al-Otaibi, M.M. Ahmed // *Afr. J. Biotechnol.* – 2012. – Vol. 11. – P. 4330-4337. – doi: 10.5897/ajb11.3278.
118. Erhardt, G. Evidence for a third allele at the β -lactoglobulin (β -Lg) locus of sheep milk and its occurrence in different breeds / G. Erhardt // *Anim. Genet.* – 1989. – Vol. 20(3). – P. 197-204. – doi: 10.1111/j.1365-2052.1989.tb00857.x.
119. Galal, S. Awassi sheep as a genetic resource and efforts for their genetic improvement-A review / S. Galal, O. Gürsoy, I. Shaat // *Small Ruminant Research.* – 2008. – Vol. 79 (2-3). – P. 99-108. – doi: 10.1016/j.smallrumres.2008.07.018.
120. Garson, A. β -Lactoglobulin in manchega sheep breeds: Relationship with milk technological index in handcraft manufacture of Manchego cheese / A. Garson, J. Martinez // *Anim. Genet.* – 1992. – Vol. 23(1). – P. 106.

121. Gelasakis, A.I. Study of factors affecting udder traits and assessment of their interrelationships with milking efficiency in Chios breed ewes / A.I. Gelasakis; G. Arsenos; G.E. Valergakis; G. Oikonomou; E. Kiossis; G.C. Fthenakis // *Small Ruminant Research*. 2012. – Vol. 103(2-3). – P. 232-239. – doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.045.
122. Georgescu, S.E. Genetic polymorphisms of β -lactoglobulin and α -s1-casein genes in Romanian Racka sheep / S.E. Georgescu, A.C. Ene, A. Dudu, E. Ghiță, M. Costache // *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. – 2016. – Vol. 49. – No 1. – P. 50-53.
123. Getmantseva, L. Effect of the GDF9 gene on the weight of lambs at birth / L. Getmantseva, N. Bakoev, N. Shirokova, M. Kolosova, S. Bakoev, A. Kolosov, A. Usatov, V. Shevtsova, Y. Kolosov // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. – 2019. – Vol. 25. – No 1. – P. 153-157.
124. Ghaderi, A. Identification of the GDF9 mutation in two sheep breeds by using polymerase chain reaction- restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) technique / A. Ghaderi, M. Beigi Nasiri, K.H. Mirzadeh, J. Fayazi, A.S. Sadr // *African Journal of Biotechnology*. – 2010. – Vol. 9: – P. 8020-8022.
125. Giaccone, P. Effect of β -lactoglobulin polymorphism on milk-related traits of dairy ewes analysed by a repeated measures design / P. Giaccone, L.Di Stasio, N. Macciotta, B. Portolano, M. Todaro, A. Cappio-Borlino // *J. Dairy Res.* – 2000. – Vol. 67: – P. 443-448. – doi: 10.1017/S0022029900004210.
126. 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. – doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.09.001.
127. Goddard, M.E. Mapping genes for complex traits in domestic animals and their use in breeding programmes / M.E. Goddard, B.J. Hayes // *Nature Reviews Genetics*. – 2009. – Vol. 10(6). – P. 381-391 – doi: 10.1038/nrg2575.
128. Gorlov, I.F. GDF9 gene polymorphism and its association with litter size in two Russian sheep breeds / I.F. Gorlov, Y.A. Kolosov, N.V. Shirokova, Getmantseva,

L.V., Slozhenkina, M. I., Mosolova, N.I., Bakoev, N.F., Leonova, M.A., Kolosov, A.Y., Zlobina, E.Y. // *Rend. Fis. Acc. Lincei.* – 2018. – Vol. 29. – P. 61-66. – doi: 10.1007/s12210-017-0659-2.

129. Gras, M.A. Prolactin polymorphism effect over production traits types at Transylvanian Merino sheep / M.A. Gras, C.M. Rotar, R.S. Pelmus, C. Lazar, E. Ghita, H. Grosu // *Sci. Papers Anim. Sci. Biotechnol. Lucrari Stiintifice Zootehnie si Biotehnologii.* – 2017. – Vol. 50. – P. 56-60.

130. Gras, M. Relationship between gene polymorphism and milk production traits in Teleorman Black Head sheep breed / M. Gras, G. Pistol, R. Pelmus, C. Lazar, H. Grosu, E. Ghita // *Rev. MVZ Córdoba.* – 2016. – Vol. 21 – P.5124-5136. – doi: 10.21897/rmvz.23.

131. Gootwine, E. Mini review: Breeding Awassi and Assaf sheep for diverse management conditions / E. Gootwine // *Trop. Anim. Health Prod.* – 2011. – Vol. 43. – P. 1289-1296. – doi: 10.1007/s11250-011-9852-y.

132. Guinee, T.P. The quality of milk for cheese manufacture. / T.P. Guinee, B. O'Brien // In: Law BA, Tamime AY, editors. *Technology of cheese making.* 2nd ed. Oxford and Ames, Iowa: Blackwell Publishing, Ltd. – 2010.

133. Gutiérrez-Gil, B. Quantitative trait loci underlying milk production traits in sheep / B. Gutiérrez-Gil, M.F. El-Zarei, L. Alvarez, Y. Bayón, L.F. Fuente, F.S. Primitivo, J.J. Arranz // *Anim Genet.* – 2009. – Vol. 40(4). – P. 423-434. – doi: 10.1111/j.1365-2052.2009.01856.x.

134. Hanrahan, J.P., Mutations in the genes for oocyte derived growth factors GDF9 and BMP15 are associated with both increased ovulation rate and sterility in Cambridge and Belclare sheep (Ovisaries) / J.P. Hanrahan, S.M. Gregan, P. Mulsant, M. Mullen, G.H. Davis, R. Powell, S. Galloway // *Biol. Reprod.* – 2004. – Vol. 70(4). – P. 900-909. – doi: 10.1095/biolreprod.103.023093.

135. Harville, D.A. Interrelationships amongage, body weight, and production traits during first lacta-tions of dairy cattle / D.A. Harville, C.R. Henderson // *J Dairy Sci.* – 1996. – Vol. 49. – P. 1254-1261.

136. Hu, Z.L. Animal QTLdb: an improved database tool for livestock animal QTL/association data dissemination in the post-genome era / Z.L. Hu, C.A. Park, X.L. Wu, J.M. Reecy // *Nucleic Acids Res.* – 2013. – Vol. 41. – P.871-879. – doi: 10.1093/nar/gks1150.
137. Hu, Z.L. Developmental progress and current status of the Animal QTLdb / Z.L. Hu, C.A. Park, J.M. Reecy // *Nucleic Acids Res.* – 2016. – Vol. 44. – P. 827-833. – doi: 10.1093/nar/gkv1233.
138. Jawasreh, I.K. Polymorphism of prolactin, growth differentiation factor 9, and calpastatin genes and their effects on weight traits in Awassi lambs / I.K. Jawasreh, Z.B. Ismail // *J Adv Vet Anim Res.* – 2018. – Vol. 14. – No 6(1). – P. 86-91. – doi:10.5455/javar.2019.f317.
139. Jawasreh, K. Association between GDF9, FecB and Prolactin gene polymorphisms and prolificacy of Awassi sheep / K. Jawasreh, A.T. Al-Qaisi, F. Awawdeh // *Proceedings of the 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production; Vancouver, BC, Canada.* – 2014. – P. 1-3.
140. Kaneko, J.J. (1997) Serum Proteins and the Dysproteinemias. In: Kaneko, J.J., Harvey, J.W. and Bruss, M.L., Eds., *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5th Edition, Academic Press, San Diego. – P. 117-138.
141. Kawecka, A. Genetic polymorphism of β -lactoglobulin in sheep raised for milk production / A. Kawecka, A. Radko // *J. Appl. Anim. Res.* – 2011. – Vol. 39. – P. 68-71. – doi:10.1080/09712119.2011.565223.
142. Khaizaran, Z., Analysis of selected milk traits in Palestinian Holstein-Friesian cattle in relation to genetic polymorphism / Z. Khaizaran, F. Al-Razem // *Journal of Cell and Animal Biology.* – 2014. – Vol. 8(5). – P. 74-85. – doi: 10.5897/JCAB2014.0409.
143. Kolde, H.J. The primary structure of ovine β -lactoglobulin / H.J. Kolde, G. Braunitzer // *Milchwissenschaft.* – Vol. 38. – P. 70-72.
144. Knight, C.H. Overview of prolactin's role in farm animal lactation / C.H. Knight // *Livestock Production Science.* – 2001. – Vol. 70. – No. 1-2. – P. 87-93. – doi: 10.1016/S0301-6226(01)00200-7.

145. Kolosov, Yu.A. Polymorphism of the GDF9 Gene in Russian Sheep Breeds / Yu.A. Kolosov, L.V. Getmantseva, N.V. Shirockova, A. Klimenko и другие // *J Cytol Histol.* – 2015. – Vol. 6. – P. 1-4. – doi: 10.4172/2157-7099.1000305.

146. Kusza, S. Preliminary result of a genetic polymorphism of beta-lactoglobulin gene and the phylogenetic study of ten balkan and central european indigenous sheep breeds / S. Kusza, N. Sziszkosz, K. Nagy, A. Masala, S. Kukovics, J. Andras // *Acta Biochim. Polon.* – 2015. – Vol. 62. – P. 109-112. – doi: 10.18388/abp.2014_846.

147. Marina, H. Analysis of whole genome resequencing datasets from a worldwide sample of sheep breeds to identify potential causal mutations influencing milk composition traits / H. Marina, B. Gutiérrez-Gil, C. Esteban-Blanco, A. Suárez-Vega, R. Pelayo, J.J. Arranz // *Animals.* – 2020. – 10(9). – P. 1542. – doi: 10.3390/ani10091542.

148. Mayer, K. Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria / K. Mayer, G. Fiechter // *International Dairy Journal.* – 2012. – Vol. 24. – P. 57-63.

149. Martin, P. Genetic polymorphism of milk proteins: Quantitative variability and molecular diversity / P. Martin, L. Bianchi, C. Cebo, G. Miranda. – *Advanced dairy chemistry. Springer Science+Business. Media. Proteins: Basic Aspects*, 4 th ed. – New York, 2013. – Vol. 1A:– P. 387-429.

150. Mazinani, M. Population, World Production and Quality of Sheep and Goat Products / M. Mazinani, B. Rude // *American Journal of Animal and Veterinary Sciences.* – 2020. – Vol. 15(4). – P.291-299. – doi: 10.3844/ajavsp.2020.291.299.

151. Mele, M. Relationship between beta-lactoglobulin polymorphism and milk fatty acid composition in milk of Massese dairy ewes / M. Mele, G. Conte, A. Serra, A. Buccioni, P. Secchiari // *Small Ruminant Res.* – 2007. – Vol. 73. – P. 37-44.

152. Milani, F.X. Goat and sheep production in the United States (USA) / F.X. Milani, W.L. Wendorff // *Small Ruminant Res.* – 2011. – Vol. 101. – P. 134-139. – doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.033.

153. Moioli, B.M. Genetic evaluation of dairy sheep with an animal model for annual or partial lactation production / B.M. Moioli, A.M. Pilla // *J. Dairy Sc.* – 1994. – vol. 77. – No. 2. – P. 609-615. – doi: 10.3168/JDS.S0022-0302(94)76990-3.
154. Mroczkowski, S. Sheep milk protein polymorphism and its effect on milk performance of Polish Merino / S. Mroczkowski, K. Korman, G. Erhardt, D. Piwczyński, B. Borys // *Archiv. Fur Tierzu.* – 2004. – Vol. 47. – P. 114-121.
155. Nedeva, I. Haematological and blood biochemical parameters in Lacaune dairy sheep / I. Nedeva, T. Slavov, I. Varlyakov, V. Radev, D. Panayotov // *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* – 2019. – №25(Supp 1). – P. 91-95.
156. Nudda, A. Effects of lactation stage, parity, β -lactoglobulin genotype and milk SCC on whey protein composition in Sarda dairy ewes / A. Nudda, M. Feligini, G. Battacone, N.P. Macciotta, G. Pulina, // *Italian Journal of Animal Science.* – 2003. – Vol. 2. – P. 29-39. – doi:10.4081/ijas.2003.29.
157. Ospanov, A. Production of high quality sheep's milk / A. Ospanov, B. Toxanbayeva // *EurAsian Journal of BioSciences.* – 2020. – Vol. 14. – P. 3077-3084.
158. Ozmen, O. Identification of novel SNPs of ovine PRL gene and their association with milk production traits / O. Ozmen, S. Kul // *Russian J. Genet.* – 2016. – Vol. 52. – P. 977-984.
159. Padilla, P. Polymorphisms of α -lactoalbumin, β -lactoglobulin and prolactin genes are highly associated with milk composition traits in Spanish Merino sheep / P. Padilla, M. Izquierdo, M. Martínez-Trancón, J.C. Parejo, A. Rabasco, J. Salazar, J.Á. Padilla // *Livest. Sci.* – 2018. – Vol. 217. – P. 26-29. – doi: 10.1016/j.livsci.2018.09.012.
160. Panayotov, D. Physico-chemical and technological characteristics of Lacaune Ewe's milk / D. Panayotov, N. Naydenova, G. Mihaylova, T. Iliev // *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* – 2018. – Vol. 24. – P. 101-108.
161. Panayotov, D. Live weight and intensity of growth of lambs from Lacaune breed raised in Bulgaria / D. Panayotov, S. Sevov, D. Georgiev // *Bulg. J. Agric. Sci.* – 2018. – 24 (Suppl. 1). – P. 88-94.

162. Pérez, M.D. Interaction of β -lactoglobulin with retinol and fatty acids and its role as a possible biological function for this protein: a review / M.D. Pérez, M. Calvo // *Journal of dairy science*. – 1995. – Vol. 78. – No 5. – P. 978-988.

163. Petrovic, M.P. Ovcarstvo i kozarstvo. Biologija i tehnika gajenja malih prezivara / M.P. Petrovic, Zoran Z. Ilic, Violeta Caro Petrovic // Beograd, 2013. – 520 p.

164. Pietrola, E. Effect of β -lactoglobulin locus on milk yield in Sarda ewes / E. Pietrola, A. Carta, A. Fragh, G. Piredda, F. Pilla // *Zoot. Nutr. Anim.* – 2000. – Vol. 26. – P. 129-133.

165. Pilla, F. Influenza del polimorfismo genetico della beta-lattoglobulina su alcune caratteristiche fisico-chimiche e tecnologiche del latte di pecora / F. Pilla, A.S. Dell', L. Taibi, C. Tripaldi, S. Puppo, F. Napolitano, M. L. Pallotta, M. Angelucci, A. Girolami // *In Atti. XI Congresso Nazionale. A.S.P.A.* – 1995. – P.207-208.

166. Pulina, G. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors / G. Pulina, M.J. Milan, M.P. Lavín, A. Theodoridis, E. Morin, J. Capote, D.L. Thomas, A.H.D. Francesconi, G. Caja // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – Vol. 101(8). – P. 6715-6729. – doi: 10.3168/jds.2017-14015.

167. Ramosa, A.M. Candidate genes for milk production traits in Portuguese dairy sheep / A.M. Ramosa, C.A.P. Matosb, P.A. Russo-Almeidaa, C.M.V. Bettencourtb, J. Matosc, A. Martinsa, C. Pinheirod, T. Rangel-Figueiredoa // *Small Ruminant Research*. – 2009. – Vol. 82. – P. 117-121. – doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.02.007.

168. Rampilli, M. The influence of β -lactoglobulin genetic polymorphism on protein distribution and coagulation properties in milk of Massese breed ewes / M. Rampilli, F. Cecchi, L. Giuliotti, T.M.P. Cattaneo // *In Milk Protein Polymorphism*, ed. International Dairy Federation. – 1997. – P. 311-315. Brussels, Belgium.

169. Roubies, N. Effects of Age and Reproductive Stage on Certain Serum Biochemical Parameters of Chios Sheep Under Greek Rearing Conditions / N. Roubies,

N. Panousis, A. Fytianou, P.D. Katsoulos, N. Giadinis, H. Karatzias // *Journal of Veterinary Medicine Series A.* – 2006. – Vol. 53. – P. 277-281. – doi: 10.1111/j.1439-0442.2006.00832.x.

170. Rozbicka-Wieczorek, A. The effect of breed, β lactoglobulin variants and somatic cell count on yield, chemical components and whey protein composition in milk of non-dairy sheep / A. Rozbicka-Wieczorek, A. Radzik-Rant, W. Rant, K. Puppel // *J. Anim. Plant Sci.* – 2015. – Vol. 25. – P. 633-639.

171. Selionova, M. Lacaune Sheep Beta-Lactoglobulin (β -LG) Gene Polymorphism and the Relationship of Its Genotypes to Milk Productivity Indices / M. Selionova, S. Svetlichny, D. Evlagina // *Lecture Notes in Networks and Systems.* – 2022. – Vol. 354 LNNS. – P. 270-276. – doi: 10.1007/978-3-030-91405-9_29.

172. Selvaggi, M. β -Lactoglobulin Gene Polymorphisms in Sheep and Effects on Milk Production Traits: A Review / M. Selvaggi, V. Laudadio, C. Dario, V. Tufarelli // *Advances in Animal and Veterinary Sciences.* – 2015. – Vol. 3(9). – P. 478-484.

173. Selvaggi, M. Investigating the genetic polymorphism of sheep milk proteins: a useful tool for dairy production / M. Selvaggi, V. Laudadio, C. Dario, V. Tufarelli // *J. Sci. Food Agr.* – 2014. – №94. – P. 3090-3099.

174. Sinanoglou, V.J. Assessment of lactation stage and breed effect on sheep milk fatty acid profile and lipid quality indices / V.J. Sinanoglou, P. Koutsouli, C. Fotakis, G. Sotiropoulou, D.A. Cavouras, I. Bizelis // *Dairy Science & Technology.* – 2015. – Vol. 95. – P. 509-531.

175. Slavov, T. Haematological parameters in Lacaune ewes associated to the parity / T. Slavov, D. Panayotov, I. Nedeva, V. Radev, I. Varlyakov // *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* – 2018. – Vol. 24. – P. 82-87.

176. Soares, M.J. The prolactin and growth hormone families: pregnancy-specific hormones/cytokines at the maternal-fetal interface / M.J. Soares // *Reproductive Biology and Endocrinology.* – 2004. – Vol. 2. – No. 1. – P. 1-15.

177. Song-Song, X.U. Recent advances in understanding genetic variants associated with economically important traits in sheep (*Ovis aries*) revealed by high-

throughput screening technologies. / X.U. Song-Song, L.I. Meng-Hua // *Front. Agr. Sci. Eng.* – 2017. – Vol. 4(3). – P. 279-288. – doi: 10.15302/J-FASE-2017151.

178. Staiger, E.A. Effect of prolactin, beta-lactoglobulin, and kappa-casein genotype on milk yield in East Friesian sheep / E.A. Staiger; M.L. Thonney, J.W. Buchanan, E.R. Rogers; P.A. Oltenacu; R.G. Mateescu // *J. Dairy Sci.* – 2010. – Vol. 93. – P. 1736-1742.

179. Steinfeld, H. Livestock production and the global environment: Consume less or produce better? / H. Steinfeld, P. Gerber // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2010. – Vol. 107. – P. 18237-18238. – doi: 10.1073/pnas.1012541107.

180. Strzalkowska, N. Effect of K-casein and B-lactoglobulin loci polymorphism, cows age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black and White cattle / N. Strzalkowska, K. Jozef, Z. Lech, R. Zofia // *Animal Science Paper and Reports.* – 2002. – Vol. 20 (1) – P. 21-35.

181. Sudiman, J. Bone morphogenetic protein 15 in the pro-mature complex form enhances bovine oocyte developmental competence / J. Sudiman, M.L. Sutton-McDowall, L.J. Ritter, M.A. White, D.G. Mottershead, J.G. Thompson, R.B. Gilchrist // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9(7):e103563. – doi: 10.1371/journal.pone.0103563.

182. Svetlichniy, S.I. Industrial dairy sheep breeding in Krasnodar Territory / S.I. Svetlichniy, N.N. Bondarenko, N.V. Merenkova, M.I. Selionova, S.V. Svistunov // *The scientific heritage (Budapest, Hungary).* – 2018. – No. 29. – P. 3-6.

183. Svetlichniy, S.I. Revival of dairy sheep farming in Kuban / S.I. Svetlichniy, N.N. Bondarenko, M.I. Selionova, S.V. Svistunov // *Sciences of Europe.* – 2018. – Vol. 2. – No. 33. – P. 7-9.

184. Thomas, D.L. Dairy sheep production research at the University of Wisconsin-Madison, USA – a review. / D.L. Thomas, Y.M. Berger, B.C. McKusick, C.M. Mikolayunas // *Journal of Animal Science and Biotechnology.* – 2014. – Vol. 5. – P. 22-33.

185. Thomas, D.L. Sheep milk: Production of sheep milk / D.L. Thomas, G.F.W. Haenlein // *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals: Second Edition.* – 2017. – P. 181-209. – doi:10.1002/9781119110316.ch3.

186. Triantaphyllopoulos, K.A. Effect of β -lactoglobulin gene polymorphism, lactation stage and breed on milk traits in Chios and Karagouniko sheep breeds / K.A. Triantaphyllopoulos, P. Koutsouli, A. Kandris, D. Papachristou, K.E. Markopoulou, A. Mataragka, T. Massouras, I. Bizelis // *Annals of Animal Science*. – 2016. – Vol. 17. – No. 2. – P. 371-384. – doi:10.1515/aoas-2016-0058.

187. Van der Linden, D.S., Effects of ewe size and nutrition on fetal mammary gland development and lactational performance of offspring at their first lactation / D.S. Van der Linden, P.R. Kenyon, H.T. Blair, N. Lopez-Villalobos, C.M.C. Jenkinson, S.W. Peterson, D.D.S. Mackenzie // *J Anim Sci*. – 2009. – Vol. 87. – P. 3944-3954.

188. Wang, S.H. Advances in genetic engineering of domestic animals / S.H. Wang, K. Zhang, Y.P. Dai // *Frontiers of Agricultural Science & Engineering*. – 2016. – Vol. 3(1). – P. 1-10.

189. Zhang, H. Progress of genome wide association study in domestic animals / H. Zhang, Z.P. Wang, S.Z. Wang, H. Li // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. – 2012. – Vol. 3(1). – P. 26.

190. Zlobin, A.S. Supplementary tables from paper “Recent advances in understanding genetic variants associated with growth, carcass and meat productivity traits in sheep (*Ovis aries*): an update / A.S. Zlobin, N.A. Volkova, P.M. Borodin, I. Tatiana, T.I. Aksenovich, Y.A. Tsepilov // *Arch Anim Breed*. – 2019. – Vol. 62(2). – P. 579-583. – doi: 10.5194/aab-62-579-2019.

**Результаты ДНК-диагностики овец породы лакон СПХ «Николаев»
Краснодарского края Крымского района с. Молдованское**

№ п/п	Индивидуальный номер животного	Полиморфизм генов								
		пролактин (<i>PRL</i>)			бетта- лактоглобулин (<i>β-LG</i>)			Дифференциальный фактор роста (<i>GDF9</i>)		
		AA	AB	BB	AA	AB	BB	GG	AG	AA
1	8149	AA					BB	GG		
2	4399	AA				AB		GG		
3	8492	AA			AA			GG		
4	8455	AA				AB		GG		
5	8142	AA					BB	GG		
6	8164	AA				AB		GG		
7	4339			BB		AB		GG		
8	8463			BB			BB	GG		
9	8297	AA			AA			GG		
10	8103	AA				AB		GG		
11	8843			BB	AA			GG		
12	8174	AA				AB		GG		
13	4319		AB			AB		GG		
14	8287		AB			AB		GG		
15	8583			BB		AB		GG		
16	8753			BB		AB		GG		
17	8449	AA					BB	GG		
18	8766	AA				AB		GG		
19	8172	AA				AB		GG		
20	8495	AA					BB		AG	
21	8706	AA				AB		GG		
22	8742	AA				AB		GG		
23	8743	AA				AB		GG		
24	8500	AA					BB	GG		
25	8740	AA					BB	GG		
26	8800			BB		AB		GG		
27	8482		AB			AB				AA
28	8461	AA				AB		GG		
29	8477		AB				BB	GG		
30	8744			BB			BB	GG		
31	8280	AA					BB	GG		
32	8780	AA					BB	GG		

33	8279	AA					BB			AA
34	8597	AA			AA					AA
35	8469	AA					BB	GG		
36	19202			BB		AB		GG		
37	8618			BB			BB	GG		
38	8592	AA					BB	GG		
39	4316	AA				AB		GG		
40	8215	AA					BB	GG		
41	19136	AA				AB			AG	
42	19168	AA				AB			AG	
43	8774	AA					BB	GG		
44	19083	AA				AB		GG		
45	8296	AA				AB		GG		
46	19149	AA					BB	GG		
47	4516	AA				AB		GG		
48	19164	AA				AB		GG		
49	19145	AA			AA			GG		
50	19137		AB			AB		GG		
51	4320	AA			AA			GG		
52	19012	AA					BB	GG		
53	8768			BB		AB		GG		
54	8119			BB		AB		GG		
55	19081			BB		AB		GG		
56	19135	AA			AA			GG		
57	19153		AB				BB	GG		
58	19082	AA					BB	GG		
59	19150			BB			BB	GG		
60	19151			BB	AA			GG		
61	19193	AA				AB		GG		
62	19155		AB				BB			AA
63	8473	AA					BB			
64	8448	AA				AB				AA
65	19134	AA			AA			GG		
66	19152	AA				AB		GG		
67	19200			BB			BB	GG		
68	19127	AA			AA			GG		
69	19199	AA				AB		GG		
70	19173	AA			AA			GG		
71	19140	AA			AA			GG		
72	19154			BB		AB			AG	
73	8175			BB		AB		GG		
74	8530	AA				AB		GG		
75	19201	AA				AB		GG		

76	5116	AA				AB		GG		
77	19209	AA					BB	GG		
78	4586	AA					BB			AA
79	19053	AA				AB			AG	
80	8171	AA			AA				AG	
81	19197	AA				AB				AA
82	8582	AA				AB				AA
83	8185	AA				AB		GG		
84	19163	AA				AB				AA
85	8900	AA				AB				AA
86	8601	AA			AA			GG		
87	8754	AA					BB	GG		
88	9424	AA			AA			GG		
89	5005		AB				BB		AG	
90	8131	AA					BB	GG		
91	8599	AA				AB		GG		
92	4550	AA				AB		GG		
93	8692	AA					BB	GG		
94	8514	AA				AB		GG		
95	8569	AA				AB		GG		
96	8272	AA				AB		GG		
97	8439	AA					BB	GG		
98	8255	AA				AB		GG		
99	8894	AA					BB	GG		
100	9405	AA				AB		GG		
101	8598	AA					BB	GG		
102	8507	AA			AA			GG		
103	8727	AA					BB	GG		
104	8550	AA					BB	GG		
105	5002		AB				BB		AG	
106	4524	AA			AA			GG		
107	4334	AA					BB	GG		
108	8805	AA					BB	GG		
109	8636	AA					BB	GG		
110	8470	AA								AA
111	282	AA					BB	GG		
112	9449	AA					BB	GG		
113	8588	AA					BB		AG	
114	8590	AA					BB	GG		
115	8624	AA					BB			AA
116	8547	AA					BB	GG		
117	8676	AA					BB	GG		
118	8712	AA			AA			GG		

119	4386	AA					BB	GG		
120	4537	AA					BB	GG		
121	8609	AA				AB		GG		
122	9457	AA				AB			AG	
123	4338	AA			AA			GG		
124	8497	AA			AA			GG		
125	4508	AA				AB		GG		
126	8491	AA				AB		GG		
127	8283	AA					BB	GG		
128	9444	AA				AB			AG	
129	8226	AA				AB		GG		
130	8839	AA					BB	GG		
131	4314	AA				AB				AA
132	8268	AA				AB		GG		
133	8490	AA					BB	GG		
134	8621	AA					BB	GG		
135	9479		AB			AB		GG		
136	8176	AA			AA			GG		
137	8556	AA				AB		GG		AA
138	8759	AA					BB	GG		
139	4520	AA					BB	GG		
140	8493	AA				AB		GG		
141	8749	AA					BB	GG		
142	8585	AA				AB		GG		
143	8559	AA				AB		GG		
144	8783	AA				AB		GG		
145	8521		AB				BB	GG		
146	8573	AA					BB	GG		
147	8796	AA				AB		GG		
148	8139	AA				AB		GG		
149	8249	AA				AB		GG		
150	8717	AA				AB		GG		
151	8245	AA					BB	GG		
152	8250	AA				AB		GG		
153	8187	AA				AB		GG		
154	4383	AA				AB		GG		
155	4362	AA					BB	GG		
156	8146	AA				AB		GG		
157	8144	AA				AB		GG		
158	8659	AA				AB		GG		
159	8897	AA					BB	GG		
160	8792		AB				BB	GG		
161	8515	AA			AA			GG		
162	8108	AA				AB				AA

163	4555	AA				AB			AG	
164	8620	AA				AB		GG		
165	8416	AA					BB	GG		
166	8719	AA				AB		GG		
167	5004	AA				AB		GG		
168	8200	AA				AB		GG		
169	8695	AA					BB	GG		
170	8606	AA					BB	GG		
171	8464	AA				AB		GG		
172	8574	AA				AB		GG		
173	19110	AA					BB	GG		
174	8156	AA				AB				AA
175	8790	AA					BB	GG		
176	8715	AA				AB				AA
177	8779	AA					BB	GG		
178	8475	AA				AB		GG		
179	8785	AA				AB		GG		
180	8183	AA				AB		GG		
181	8570	AA					BB	GG		
182	8729	AA				AB		GG		
183	8769		AB			AB		GG		
184	8782		AB				BB	GG		
185	4728	AA			AA			GG		
186	4363	AA				AB		GG		
187	9472	AA					BB	GG		
188	8158	AA					BB	GG		
189	8787	AA					BB	GG		
190	8186	AA					BB		AG	
191	19056	AA					BB		AG	
192	20059	AA					BB	GG		
193	20024	AA					BB	GG		
194	20048		AB			AB		GG		
195	20060		AB				BB	GG		
196	20046		AB				BB	GG		
197	20038			BB			BB	GG		
198	20056			BB		AB		GG		
199	20041	AA					BB	GG		
200	20035			BB		AB		GG		
201	20016		AB			AB		GG		
202	20051			BB			BB		AG	
203	20053			BB		AB		GG		
204	20047		AB				BB	GG		
205	20050		AB				BB	GG		
206	20064	AA				AB		GG		

207	20045		AB			AB		GG		
208	20061	AA				AB		GG		
209	20049			BB			BB	GG		
210	20058	AA				AB		GG		
211	20065	AA				AB		GG		
212	20037	AA					BB	GG		
213	20055	AA					BB	GG		
214	20039	AA				AB		GG		
215	20052	AA				AB		GG		
216	20062	AA					BB	GG		
217	19011			BB	AA			GG		
218	8110			BB		AB		GG		
219	19182	AA					BB	GG		
220	8440	AA					BB	GG		
221	8690	AA					BB	GG		
222	4777		AB				BB	GG		
223	4310	AA				AB		GG		
224	19207		AB			AB		GG		
225	4724		AB		AA			GG		
226	19130	AA			AA			GG		
227	19052			BB		AB		GG		
228	3731		AB			AB		GG		
229	20018	AA					BB	GG		
230	19069		AB				BB	GG		
231	8445	AA					BB	GG		
232	20013	AA					BB	GG		
233	20020	AA					BB	GG		
234	19102	AA					BB	GG		
235	20019			BB		AB		GG		
236	19030	AA			AA			GG		
237	19013	AA					BB	GG		
238	8471		AB				BB	GG		
239	20015			BB			BB	GG		
240	20006			BB		AB		GG		
241	20011		AB			AB		GG		
242	20001	AA					BB	GG		
243	20017		AB			AB		GG		
244	20022			BB		AB		GG		
245	20031		AB				BB	GG		
246	8750	AA					BB	GG		
247	8770		AB				BB	GG		
248	19088		AB				BB	GG		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Утверждаю:

Директор ВНИИОК – филиала
ФГБНУ «Северо-Кавказский
ФНАЦ», доктор с.-х. наук



А.И. Суров

2022 г.

Утверждаю:

Крестьянское фермерское хозяйство ИП
Николаев М.И.
Директор по животноводству,
кандидат биол. наук



С.И. Светличный

«М» Николаев 2022 г.

АКТ

**о внедрении законченных научно-исследовательских разработок
в сельскохозяйственное производство**

Мы, нижеподписавшиеся, представители Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», заместитель директора по научной работе, кандидат с.-х. наук Шумаенко С.Н., доктор биологических наук, профессор РАН Селионова М.И., аспирант-соискатель на ученую степень кандидата биологических наук (по направлению 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика с.-х. животных) лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Евлагина Д.Д., с одной стороны, и представители крестьянского фермерского хозяйства ИП Николаев М.И. Крымского района Краснодарского края директор Светличный С.И., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в период с 2019 по 2021 гг. проведена научно-исследовательская работа по теме: «Полиморфизм генов *GDF9*, *PRL*, β -*LG* и его влияние на продуктивные качества овец породы лакон». Данная работа является одним из разделов научно-исследовательской работы, осуществляемой в соответствии с Государственным тематическим планом научных исследований ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» по теме «Усовершенствовать биотехнологические методы генетического контроля и управления селекционным процессом при создании новых селекционных форм сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота, овец, коз, свиней) и разработать технологии их содержания» №0725-2019-0024.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Определен полиморфизм генов дифференциального фактора роста (*GDF9*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (β -*LG*) у овец породы лакон. Изучены биохимические показатели крови, воспроизводительные качества, молочная продуктивность овец разных генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG*. Оценены технологические свойства молока, его сыропригодность и качество полученного овечьего сыра от овец разных генотипов. Рассчитана экономическую эффективность разведения овец и изготовления сыра из молока разных генотипов в генах *GDF9*, *PRL*, β -*LG*.

От выполненных экспериментальных работ и внедрения их результатов в производство получен следующий эффект:

1. Полиморфизм генов *GDF9*, *PRL*, β -*LG* в исследованной популяции овец породы лакон представлен двумя аллелями с частотой встречаемости: *GDF9*^A – 0,10; *GDF9*^G – 0,90; *PRL*^A – 0,81; *PRL*^B – 0,19; β -*LG*^A – 0,34; β -*LG*^B – 0,66; и тремя генотипами, гомозиготными: *GDF9*^{AA} – 0,83; *GDF9*^{GG} – 0,87; *PRL*^{AA} – 0,75; *PRL*^{BB} – 0,12; β -*LG*^{AA} – 0,11; β -*LG*^{BB} – 0,43; гетерозиготными: *GDF9*^{AG} – 0,06; *PRL*^{AB} – 0,13; β -*LG*^{AB} – 0,46.

2. Биохимические показатели крови у овец породы лакон находились в пределах референтных показателей для данного вида животных и не зависели от генотипов по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG*.

3. Генотип по гену *GDF9* оказывал влияние на показатели воспроизводства у овец породы лакон. Носительство аллеля А способствовало плодовитости и рождению более крупных ягнят: от овцематок с генотипами *GDF9*^{AA} и *GDF9*^{AG} за год наблюдений получено больше ягнят с большей на 0,30 кг ($p < 0,05$) живой массой при рождении, чем от овцематок с генотипом *GDF9*^{GG}.

4. Генотипы по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG* оказывали влияние на уровень молочной продуктивности овец породы лакон:

4.1 Удой овцематок с генотипами *GDF9*^{AA} и *GDF9*^{AG} превышал удой овец с генотипом *GDF9*^{GG} на 6,2 и 7,80 кг молока соответственно ($p < 0,01$). При этом овцы с генотипом *GDF9*^{AA} имели и более высокое содержание жира и белка по сравнению с овцами других генотипов. Разница по общему выходу этих компонентов над животными *GDF9*^{GG} составила 0,78 и 0,51 кг и была достоверной.

4.2. Овцы с генотипом *PRL*^{AA} имели превосходство по уровню удоя над животными с генотипами *PRL*^{BB} и *PRL*^{AB} на 9,5 и 7,7 кг ($p < 0,05$). Несмотря на то, что массовая доля жира и белка в молоке овец с генотипом *PRL*^{AA} была ниже, чем у овец с генотипом *PRL*^{BB}, однако больший удой обеспечивал им преимущество по общему выходу этих компонентов за всю лактацию над животными *PRL*^{AB} и *PRL*^{BB} генотипов.

4.3. Большей обильномолочностью отличались овцы с генотипом β -*LG*^{AA}, которые имели преимущество над животными с генотипами β -*LG*^{BB} и β -*LG*^{AB} на 9,6 и 7,6 кг молока ($p < 0,01$). Наиболее высокие показатели жирномолочности отмечены у овец с генотипом β -*LG*^{BB} (7,14%).

5. Молоко овец с генотипом *PRL*^{BB} β -*LG*^{BB} свертывалось быстрее от 2 до 5 минут, чем молоко овец с генотипами *PRL*^{AA} β -*LG*^{AA}, *PRL*^{BB} β -*LG*^{AA}, *PRL*^{AA} β -*LG*^{BB}. Сырный сгусток из молока всех генотипов характеризовался оптимальной плотностью и хорошей упругостью.

6. Выход сыра типа «Адыгейский», полученного из молока от овцематок-носителей генотипа *PRL*^{BB} β -*LG*^{BB}, выше по сравнению с аналогичным показателем из молока овец с генотипами *PRL*^{AA} β -*LG*^{AA}, *PRL*^{BB} β -*LG*^{AA}, *PRL*^{AA} β -*LG*^{BB} соответственно на 5,5; 4,5 и 3,0%, при этом в нем отмечена и большая массовая доля жира на 3,04; 2,90; и 1,10% соответственно.

7. Расчет экономической эффективности позволил установить, что разведение овец породы лакон всех генотипов выгодно. Уровень рентабельности колебался в пределах от 27,0% до 34,5%.

7.1. В гене *GDF9* наиболее выгодными для производства и реализации молока оказались овцы с генотипом *GDF9^{AA}*, уровень рентабельности которых был в среднем на 3,2% выше, в сравнении с овцами других генотипов. В генах *PRL*, β -*LG* большей рентабельностью на 4,1% и 3,9% отличались соответственно генотипы *PRL^{AA}* и β -*LG^{AA}*.

7.2. При производстве сыра типа «Адыгейский» наименьшее количество молока на единицу продукции затрачено при использовании молока от овец комплексного генотипа β -*LG^{BB}PRL^{BB}*, что в сравнении с использованием молока от овец генотипа β -*LG^{AA}PRL^{AA}* уменьшало затраты в денежном выражении на 16,9%.

Предложение по дальнейшему внедрению результатов работы:

В программу селекционно-племенной работы со стадом овец породы лакон включать генотипирование по генам *GDF9*, *PRL*, β -*LG*.

Проводить отбор носителей желательных генотипов, при этом учитывать, что наиболее ценными для селекции на увеличение обильномолочности являются животные генотипов *GDF9^{AG}*, *PRL^{AA}*, β -*LG^{AA}*, на повышения пригодности молока для изготовления сыра – *PRL^{BB} β -LG^{BB}*.

**Представители ВНИИОК – филиала
ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»**

Заместитель директора по научной
работе, кандидат с.-х. наук

 С.Н. Шумаенко

Доктор биологических наук,
профессор РАН

 М.И. Селионова

Аспирант

 Д.Д. Евлагина

**Представители ИП КФХ
Николаев М.И.**

Заведующий фермы

 В.В. Губарев

Зоотехник

 Е.Д. Третьякова

Оператор по уходу за
животными

 Д.А. Подолян

Директор КФХ Николаев МИ

 С.И. Светличный