

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КАЗАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ  
МЕДИЦИНЫ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА

На правах рукописи

**ЛАМАРА МОХАММЕД**

**ДНК-ТЕСТИРОВАНИЕ АЛЛЕЛЬНОГО ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ  
ЛИПИДНОГО ОБМЕНА, АССОЦИИРУЮЩИХСЯ С МОЛОЧНОЙ  
ПРОДУКТИВНОСТЬЮ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание учёной степени кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор

**Ахметов Тахир Мунавирович**

Казань – 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Характеристика гена рецептора липопротеина низкой плотности ( <i>OLRI</i> или <i>LOXI</i> ) и его связь с продуктивными качествами крупного рогатого скота.....	11
1.2 Характеристика гена диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы ( <i>DGATI</i> ) и его связь с продуктивными качествами крупного рогатого скота.....	15
1.3 Характеристика гена лептина ( <i>LEP</i> ) и его связь с продуктивными качествами крупного рогатого скота.....	24
2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	31
2.1 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	31
2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
2.2.1 Аллельный полиморфизм генов липидного обмена у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе.....	36
2.2.1.1 Аллельный полиморфизм гена рецептора липопротеина низкой плотности у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе.....	36
2.2.1.2 Аллельный полиморфизм гена диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе.....	39
2.2.1.3 Аллельный полиморфизм гена лептина у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе.....	42
2.2.1.4 Изучение аллельного полиморфизма у крупного рогатого скота с разными комплексными генотипами генов липидного обмена.....	45
2.2.2 Характеристика племенных быков с разными генотипами генов рецептора липопротеина низкой плотности, диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы, лептина по происхождению.....	47
2.2.2.1 Характеристика племенных быков с разными генотипами гена рецептора липопротеина низкой плотности по происхождению.....	47
2.2.2.2 Характеристика племенных быков с разными генотипами гена диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы по происхождению.....	50
2.2.2.3 Характеристика племенных быков с разными генотипами гена лептина по происхождению.....	53
2.2.2.4 Характеристика племенных быков с разными комплексными генотипами генов липидного обмена по происхождению.....	56

2.2.3	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами генов рецептора липопротеина низкой плотности, диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, лептина.....	58
2.2.3.1	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами гена рецептора липопротеина низкой плотности.....	58
2.2.3.2	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы.....	62
2.2.3.3	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами гена лептина.....	66
2.2.3.4	Оценка молочной продуктивности коров с разными комплексными генотипами генов липидного обмена.....	69
2.2.4	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по генам липидного обмена в зависимости от продолжительности сервис-периода.....	72
2.2.4.1	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности в зависимости от продолжительности сервис-периода.....	72
2.2.4.2	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансфераза 1 в зависимости от продолжительности сервис-периода.....	74
2.2.4.3	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену лептин в зависимости от продолжительности сервис-периода.....	76
2.2.5	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами генов липидного обмена в зависимости от возраста первого отёла.....	78
2.2.5.1	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности в зависимости от возраста первого отёла.....	79
2.2.5.2	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, в зависимости от возраста первого отёла.....	81
2.2.5.3	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену лептина в зависимости от возраста первого отёла.....	82
2.2.6	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами генов липидного обмена в зависимости от живой массы при первом отёле.....	84
2.2.6.1	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности в зависимости от живой массы при первом отёле.....	86
2.2.6.2	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансфераза 1 в зависимости от живой массы при первом отёле.....	87

2.2.6.3	Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену лептина в зависимости от живой массы при первом отёле.....	89
2.2.7	Экономическая эффективность использования коров с разными комплексными генотипами генов липидного обмена.....	91
3	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	94
	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ.....	108
	ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	109
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	110
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	111
	ПРИЛОЖЕНИЕ.....	139

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** При рассмотрении влияния генотипа на продуктивные качества животных обычно учитывают генетическое влияние наследственности отца, влияние линейное принадлежности и кровности родителей, а также генотип особей по различным генам, ассоциированных с продуктивностью, определённый в результате ДНК-тестирования, на формирование продуктивных качеств животных. В этой связи большое значение играет поиск и выявление перспективных генов-маркеров, позволяющих более эффективно вести целенаправленную селекционную работу [41, 44].

В качестве потенциальных маркеров молочной и мясной продуктивности, а также качества молока и мяса крупного рогатого скота могут выступать аллели и генотипы генов липидного обмена, а именно рецептора липопротеина низкой плотности (*OLR1*), диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (*DGAT1*) и лептина (*LEP*).

В предыдущих исследованиях сообщается о значительной ассоциации между полиморфизмом гена рецептора липопротеина низкой плотности (*OLR1* или *LOX1*) с составом молока и показателем здоровья, что подтверждено на различных популяциях крупного рогатого скота. Статистический анализ позволил выявить значимое влияние генотипов по гену *OLR1* на массовую долю белка и количество соматических клеток в молоке среди отдельных популяций крупного рогатого скота [217]. Однако в других аналогичных исследованиях указано на статистически значимую связь между полиморфизмом в гене *OLR1* и массовой долей жира в молоке [86, 88], выходом молочного жира [156], жирнокислотным составом молока [85]. Похожие исследования продемонстрировали, что между полиморфизмом в гене *OLR1* имеется значимая связь с процентным содержанием белка и жира в молоке, выходом молочного жира [203], с массовой долей жира и количеством молочного жира у голштинских коров [152].

Многочисленные исследования указывают на то, что полиморфизм гена *LEP* оказывает влияние на удой [80, 89, 102, 108, 132, 138, 220], массовую долю

жира в молоке [80, 131, 194], жирнокислотный состав молока [132, 190], количество соматических клеток в молоке [151, 159, 161] у крупного рогатого скота.

Также не меньшее количество исследований полиморфизма гена *DGATI* показало, что аллели и генотипы этого гена крупного рогатого скота ассоциируются с массовой долей жира в молоке [115, 150, 158, 163, 189,] и другими характеристиками молочной продуктивности, в частности с удоем [112, 138, 150, 163, 211], массовой долей белка [115, 158, 163] и сахарозы в молоке [115], жирнокислотным составом молока [44, 211].

Изучение аллельного полиморфизма генов липидного обмена, ассоциирующихся с показателями молочной продуктивности, в частности с жирномолочностью крупного рогатого скота татарстанского типа, с применением ДНК-диагностики является современным и актуальным направлением в условиях Республики Татарстан.

**Степень разработанности темы.** Методы современной молекулярной биологии и генетики позволяют изучить структурные особенности генов, которые связаны с количественными и качественными признаками, характерными для крупного рогатого скота в целом и отдельно по породам. Изучением генетической вариабельности по генам липидного обмена (*OLR1*, *DGATI*, *LEP*) у крупного рогатого скота, а также влиянием их генотипов на хозяйственные и продуктивные качества, в частности на молочную продуктивность занимались Ганиев А.С. (2018) [11], Ганиев А.С. и др. (2015, 2018) [12, 13], Михалюк А.Н. (2022) [44], Сафина Н.Ю. (2018) [57], Тюлькин С.В. и др. (2014, 2015) [63, 64], Харзинова В.Р. (2011) [66], Шайдуллин Р.Р. (2018) [72], Ярышкин А.А. (2022) [80], Anggraeni A. et al. (2021) [85], Anggraeni A. (2019) [86], Anton I. et al. (2012) [88], Ardicli S. et al. (2018) [88], Atalay T., Özdemir M. (2021) [89], Ates A. et al. (2014) [91], Banos G. et al. (2008) [95], Bhat S.A. et al. (2017) [97], Elzaki S. et al. (2022) [115], Faraj S.H. et al. (2020) [116], Fonseca S.D.P. et al. (2015) [117], Ghombavani M.S. et al. (2013) [120], Isik R. et al. (2022) [138], Khatib H. et al. (2006, 2007) [146, 147], Komisarek J. et al. (2009) [152], Kowalewska-Luczak I., Czerniawska-Piatkowska E. (2018) [156],

Luczak I.K., Piątkowska E.C. (2018) [168], Mir M.A. et al. (2021) [175], Ozden C., Ardiçli S. (2022) [185], Pathak R.K. et al. (2022) [189], Shaidullin R. et al. (2021, 2023) [198, 199], Yadav T. et al. (2021) [220]. Однако следует отметить, что молекулярные исследования гена *OLRI* в стадах крупного рогатого скота и его влияние на продуктивные качества малочисленны. Аналогичные исследования, касающиеся гена *OLRI* и комплексных генотипов (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*) генов липидного обмена по Российской Федерации не встречаются.

**Цель и задачи исследования.** Целью проведённых исследований было изучение молочной продуктивности и обусловленность её различными факторами у первотёлок татарстанского типа с разными отдельными и комплексными генотипами генов липидного обмена.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить полиморфизм генов липидного обмена (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*) и их комплексные генотипы у крупного рогатого скота разных пород, в т.ч. в разрезе линейной принадлежности;
- провести оценку быков-производителей с отдельными и комплексными генотипами генов липидного обмена по происхождению, в т.ч. в разрезе линейной принадлежности;
- определить молочную продуктивность первотёлок татарстанского типа с разными отдельными и комплексными генотипами генов липидного обмена, в т.ч. с учётом линейной принадлежности к голштинской породе;
- изучить молочную продуктивность коров с разными генотипами генов липидного обмена в зависимости от различных паратипических факторов;
- рассчитать экономическую эффективность использования первотёлок с разными комплексными генотипами генов липидного обмена.

**Научная новизна работы.** Получены новые данные по частоте аллельных вариантов и генотипов по локусам генов липидного обмена (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*), установленные методом ПЦР-анализа у крупного рогатого скота разных пород. Впервые изучено влияние отдельных и комплексных генотипов по генам липидного обмена (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*) и таких паратипических факторов, как

продолжительность сервис-периода, возраст и живая масса при первом отёле, на проявление молочной продуктивности коров татарстанского типа.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Пополнена база данных о полиморфизме генов липидного обмена (*OLR1*, *DGAT1*, *LEP*) и встречаемости комплексных генотипов у молочных пород крупного рогатого скота. Получены доказательства о количественном влиянии аллелей и генотипов по генам липидного обмена на молочную продуктивность коров татарстанского типа в условиях Республики Татарстан. Полученные результаты исследований могут использоваться при разработке селекционно-генетических программ направленных на повышение молочной продуктивности коров татарстанского типа.

**Методология и методы исследования.** При проведении исследований определяли хозяйственно-полезные показатели крупного рогатого скота в соответствии с существующими и общепринятыми зоотехническими методиками. ДНК-тестирование животных выполняли молекулярно-генетическими методами (ПЦР с электрофоретической детекцией, ПЦР-ПДРФ и АС-ПЦР). Обработку количественных показателей / величин проводили вариационно-статистическими методами при использовании универсального программного средства «Microsoft Excel».

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- определены особенности аллельного полиморфизма, встречаемости отдельных и комплексных генотипов по локусам генов липидного обмена (*OLR1*, *DGAT1*, *LEP*) у крупного рогатого скота разных пород.
- оценка молочной продуктивности коров с отдельными и комплексными генотипами по генам липидного обмена позволила выявить среди них животных с более высоким продуктивными качествами.
- молочная продуктивность коров с разными генотипами по генам липидного обмена изменяется в зависимости от различных паратипических факторов.

– экономически обоснованно производства молока коров татарстанского типа с комплексными генотипами по генам липидного обмена (AC/AA/CC, AC/AA/CT и AC/AK/CC).

**Степень достоверности и апробация результатов.** При исследовании изучено и обработано достаточное количество материала, полученные данные статистически обработаны, проведены расчёты критериев достоверности.

Основные результаты исследований доложены, одобрены и представлены в материалах региональных, всероссийских, международных научно-практических конференций (2020-2023 гг.), а именно в: II международной научно-практической конференции «Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры», посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, 28-30 мая 2020 г. (Казань, 2020); казанском международном конгрессе евразийской интеграции, 10-11 июня 2021 г. (Казань, 2021); международной научно-практической конференции «Современные проблемы и достижения зооветеринарной науки», посвящённая памяти академиков М.П. Тушнова и А.З. Равилова, 26-27 мая 2022 г. (Казань, 2022); казанском международном конгрессе евразийской интеграции, 09-10 июня 2022 г. (Казань, 2022); XV международной научной конференции «INTERAGROMASH 2022», 25-27 мая 2022 г. (Ростов-на-Дону, 2022); всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Инновационные подходы в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных в современных условиях индустриального производства», 02 марта 2023 г. (Казань, 2023); международной научно-практической конференции «Современные проблемы и достижения зооветеринарной науки», посвящённой 150-летию ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ им. Н.Э. Баумана, 30-31 мая 2023 г. (Казань, 2023).

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 научных статей, в том числе 4 в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ (из них 1, включённая в базы данных Scopus и/или Web of Science).

**Объем и структура диссертационной работы.** Диссертация изложена на 139 страницах, содержит 32 таблицы, 4 рисунка. Состоит из: введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов собственных исследований, заключения, предложений производству, списка использованной литературы (всего 221 источник, в том числе 141 иностранных), приложение.

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Характеристика гена рецептора липопротеина низкой плотности (*OLRI* или *LOXI*) и его связь с продуктивными качествами крупного рогатого скота

Производство молока и его качество - два важнейших экономических признака молочного скота. Генетическое улучшение путём отбора по обоим признакам обычно проводится с применением количественной селекции концепции. Для более быстрого и точного получения генетических ответов от отбора по количественным признакам, можно использовать молекулярную селекцию. Молекулярная селекция может быть проведена путём изучения генетических вариантов основных генов-кандидатов на основе геномных данных. Стратегия идентификации генов-кандидатов была предложена путём прямого поиска локусов на нуклеотидном уровне, которые влияют на количественные признаки (QTL). Генетические вариации в одном гене (и связанных с ним генах) могут влиять на физиологические пути и фенотипы, что может служить селекционной стратегией для улучшения важных количественных признаков [86, 177]. Содержание и состав молочного жира у молочного скота контролируется рядом основных генов включающих в частности, ген *SCD1* (Стеарил-КоА Десатураза 1), ген *ACACA* (Ацетил-КоА Карбоксилаза Альфа), ген *OLRI* (рецептор окисленного липопротеина низкой плотности 1) и ген *DGAT1* (ген диацилглицерола) [145, 147, 177].

Ген *OLRI* был одним из генов в QTL, влияющим на процент молочного жира и выход молочного жира [86]. Ген, контролирующий синтез *OLRI* у крупного рогатого скота, находится на хромосоме 5 (BTA5) с длиной последовательности 11373 пар оснований, состоящей из 5 экзонов и 4 интронов (GenBank № доступа NW\_215807). Бычий ген *OLRI* кодирует 270 аминокислот, которые имеют 72% идентичности с белком человека [195]. В исследованиях сообщалось о значительном влиянии гена *OLRI* в качестве ДНК-маркера на содержание молочного жира в молоке и производство молочного жира [99, 147].

Коровы с генотипами *СС* и *АС* имели высокие показатели по молочному жиру в сравнении с генотипом *АА* [147, 203].

Ген *OLRI* обнаруженный в (30-UTR) связан с составом молока в различных популяциях молочного скота. В молочном скотоводстве коровы с генотипом *СС* имели более высокие показатели по молочному жиру, массовой доле жира в молоке, чем у аналогов генотипа *АА* [146, 147, 216]. Ген *OLRI* также влияет на количество отложений жира в туше и «мраморность» говядины [141].

Ген *OLRI* был впервые идентифицирован Sawamura et al. [195], и было установлено, что он влияет на липидный обмен в печени и молочных железах [192, 195].

Изучение ассоциации полиморфизма в 3'-области гена рецептора окисленных липопротеинов низкой плотности 1 (*OLRI*) с молочным жиром и белком у голштинских коров ирландской селекции показало, что данный ген участвует в метаболизме липопротеинов и влияет на содержание белка в молоке [127]. Другие исследователи пришли к мнению о том, что ген *OLRI* может выступать геном-маркером, который связан с выработкой и содержанием белка в молоке у коров [203].

Текущими исследованиями подтверждается, что различия в нуклеотидных последовательностях генов *DGAT1*, *FABP*, *ATPAT1*, *OLRI* и последующие изменения в аминокислотах у 3-х европейских пород (голштинская, симментальская и швицкая) объясняют последующие различия в значениях метаболических биохимических показателей и компонентов состава молока. Стоит также отметить, что гены *DGAT1*, *FABP*, *ATPAT1* и *OLRI* являются генами-кандидатами влияющие на характеристики молочной продуктивности и состава молока. Наряду с этим сообщается, что вариации этих генов оказывают влияние на уровни надоев, белковомолочности и жирномолочности, а также на энергетическое содержание молока [92, 196]. Генетический полиморфизм исследованных маркеров также был связан с признаками, отличными от показателей молочной продуктивности. Так сообщается, что присутствует взаимосвязь между полиморфизмом гена *OLRI* с репродуктивными показателями

у молочного скота [156], а также с особенностями роста и строения туши у мясного скота [92, 117, 128].

Исследования по встречаемости генотипов и аллелей гена *OLRI*, проведённые в Турции на поголовье крупного рогатого скота турецкой серой степной, анатолийской чёрной, восточной анатолийской красной пород, показали, что данные по встречаемости *AA*-, *AC*-, *CC*-генотипов и *A*-, *C*-аллелей составили: 48,88%, 59,12%, 0% и 0,7044, 02956; 40%, 46,67%, 13,33% и 0,6333 и 0,3667; 17,6%, 55,2%, 27,2% и 0,452, 0,548, соответственно [185].

Настоящее исследование было предпринято для объяснения ассоциации SNP (однонуклеотидных полиморфизмов) в экзоне 6 и 3'-UTR гена *OLRI* с молочными признаками у Сахивалского крупного рогатого скота. Генотип *CC* SNP *C337A* в 3'-UTR гена *OLRI* оказывал достоверное влияние ( $P < 0,01$ ) на средний удой молока в день тестирования и выход молочного жира за лактацию. Комбинация аллелей *CGC* оказывала положительное влияние ( $P < 0,05$ ) на массовую долю жира в молоке в тестирования. Идентифицированные SNP-замены в позиции *C337A* и *CCGGCC* гаплотипы могут быть использованы в качестве потенциальных маркеров для улучшения удоев и особенностей состава молока у крупного рогатого скота Сахивал [175].

При исследовании генотипов гена *OLRI* при одной базовой мутации у крупного рогатого скота в Иране было обнаружено, что частота встречаемости генотипов были почти одинаковыми для генотипов *AA*, *AC* и *CC*, а именно 0,22, 0,50 и 0,28 соответственно; в то время как частота встречаемости аллелей *A* и *C* были 0,47 и 0,53 соответственно, средние значения продуктивности животных с генотипами *OLRI* составили 8273 кг (*CC*), 8344 кг (*AC*) и 7178 кг (*AA*) по удою; 276,3 кг (*CC*), 277,6 кг (*AC*) и 239,7 кг (*AA*) по выходу молочного жира и белка, 286,7 кг (*CC*), 290,5 кг (*AC*) и 253 кг (*AA*), (*AC*) и 253 кг (*AA*) ( $P < 0,05$ ) [171]. Почти аналогичная частота для аллелей *A* и *C* были также зарегистрированы у крупного рогатого скота в США, а именно 0,46 и 0,54 [147], и у крупного рогатого скота в Польше, а именно 0,43 и 0,57 [152]. В другом исследовании на том же базовом маркере *g.8232CNA* в не трансляционной области 3' UTR гена *OLRI* у красно-

белой породы польского скота определено частоты генотипов с наибольшей последовательностью для *CC* (0,53), *AC* (0,34) и *AA* (0,13) [168]. Коровы с генотипом *CC* имели самый высокий процент жира в молоке, в тоже время с генотипом *AA* – самый низкий, а генотип *AC* – промежуточный ( $P < 0,05$ ) [120]. Коровы с генотипом *CC* производили больше количество молочного жира по сравнению с коровами генотипов *AC* ( $P < 0,1$ ) и *AA* ( $P < 0,01$ ). Массовая доля белка в молоке у коров генотипов *CC* и *AC* была выше, чем у коров с генотипом *AA* ( $P < 0,01$ ). Эти ассоциации показали, что SNP-замены гена *OLRI* имеют потенциал для использования в качестве маркера в селекционной работе крупного рогатого скота.

В исследованиях анализировался полиморфизм однонуклеотидной замены *A8232C*, расположенной в области 3'UTR рецептора гена окисленного липопротеина низкой плотности (*OLRI*). Исследование проводилось в стаде польского голштино-фризского (красно-белая порода) молочного скота. Идентификация генотипов особей проводилась с помощью ПЦР-ПДРФ. В ходе исследования была установлена следующая частота аллелей полиморфизма в позиции *A8232C*: *A* - 0,30 и *C* - 0,70. Статистический анализ показал, что коровы с генотипом *AC* характеризовались более высокими показателями удоя, массовой доли белка и жира в молоке, причем по выходу жира разница была подтверждена статистически ( $P \leq 0,05$ ). Коровы с генотипом *AA* характеризовались самым поздним наступлением первого отела и самым длинным интервалом между отелами, но результаты не были подтверждены статистически [156].

Прогресс в области молекулярной генетики за последнее десятилетие привел к лучшему распознаванию геномов крупного рогатого скота и других племенных животных. Использование молекулярных маркеров позволило разработать точные генные карты для отдельных хромосом, включая признаки, связанные с молоком, и функциональными признаками. Использование таких генных карт позволило разработать метод, названный Marker-Assisted Selection (MAS) [193]. Поскольку MAS предполагает отбор на основе прямых знаний об отдельных животных, он может существенно изменить масштаб селекционных

преимуществ. Связь между наличием маркеров и признаками производства молока показана на хромосоме 5, вблизи локуса гена *OLRI* [148]. Полиморфизм в позиции *A8232C* гена *OLRI* был проанализирован разными авторами с участием различных типов и пород крупного рогатого скота [90].

У крупного рогатого скота большое количество QTL, влияющих на признаки производства молока, было отмечено, что ген *OLRI* влияет на удой [109] и выход молочного жира [184].

## **1.2 Характеристика гена диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы (*DGATI*) и его связь с продуктивными качествами крупного рогатого скота**

Идентификация генов, которые влияют на молочную продуктивность коров, является одной из важных задач молекулярной генетики животных [27]. Для того чтоб получить высокие результаты в молочном скотоводстве необходимо внедрить селекцию коров по такому направлению как белковомолочности, и по жирномолочности, так как эти качества определяет пищевую ценность молока и его технологические свойства. Для того чтобы соответствовать требованиям рынка к качеству молочной продукции, таким как, к содержанию жира, количеству и составу молочного белка, а также использования жира и белка молока при выработке молочных продуктов, необходимо использовать в селекции генетические маркеры связанных с качественными признаками молочной продуктивности. Одним из таких маркеров, которые связан с жирномолочностью, считается ген диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы (*DGATI*) [12].

Ген ацетил-КоА: диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы 1 (*DGATI*) является, одним из основных генов-кандидатов, которые влияют на содержание жира в молоке [104]. Ген диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы (*DGATI*) расположен в 14 хромосоме генома *Bos taurus* и был определен как генетический маркер, который влияет на жирность на качество молока. Данный ген фермента *DGATI* используется в биосинтезе липидов и связан с жирномолочностью коров [126].

Вариации последовательности в *DGAT1* были хорошо изучены, описан полиморфизм, где имеется замена лизина (*K*) на аланин (*A*) в позиции 232 аминокислотной последовательности, известной как *K232A* [126]. Известно, при замене в позиции *K232A* (лизин на аланин) в последовательности этого гена, снижается массовая доля жира в молоке коров. При этом аллель, содержащий лизин в 232 положении является наиболее желательным, поскольку коровы, несущие этот аллель гена *DGAT1* (*KK* и *KA*), производят более жирное молоко, чем гомозиготные коровы с генотипом *AA*, содержащий аллель, где в 232 положении располагается аланин [209]. *DGAT1 K232A* также способствовал влиянию на содержание жирных кислот в молоке крупного рогатого скота [213].

Диацилглицерол-О-ацилтрансфераза 1 является ферментом, который катализирует синтез триглицеридов до диглицеридов и ацил-коэнзим А. Ген *DGAT1* был картирован на хромосоме ВТА14 и предложен в качестве маркера, ассоциированного с качеством молока. Динуклеотидная замена *ApA*→*GpC* в позиции 6829 экзона 8 гена *DGAT1* приводит к неконсервативной замене лизина (*K*) на аланин (*A*) в позиции 232 аминокислотной последовательности [166]. Полиморфизм *DGAT1 A232K* как было показано ранее, оказывает значительное влияние на показатели молочной продуктивности (выход молока, содержание белка и жира, жирнокислотный состав). При изучении частот встречаемости аллелей была выявлена значительная степень разнообразия в зависимости от рассматриваемой популяции, что вызвано разными целями разведения, относительно состава молока у разных пород и в разных странах. Достоверное снижение содержания белка в молоке и удоя, увеличение содержания жира в молоке было связано с заменой на лизин (*K*-аллель). Вариант с заменой на аланин (*A*-аллель) был связан с увеличением содержания белка в молоке и удоя, но снижением количества жира в молоке [209, 167]. Ген *DGAT1* обладает множественным плейотропным эффектом, что вызывает большой интерес к изучению у данного гена полиморфизма [182, 143].

Мягкость мяса зависит от структуры жирных кислот. Жир крупного рогатого скота состоит в основном из шести жирных кислот, в число которых

входит одна из насыщенных жирных кислот – стеариновая кислота. Стеариновая кислота препятствует отложению жира и повышает температуру его плавления. Олеиновая кислота, напротив, делает жир более мягким и с более низкой температурой плавления. Мясо, содержащее мягкие жиры, обладает более высокими вкусовыми качествами и более полезно для здоровья. Ген диацилглицерол-О-ацилтрансферазы 1 (*DGAT1*) участвует в обмене жирных кислот. Роль гена *DGAT1* в липидном обмене заключается в участии фермента в процессе преобразования углеводов в жиры и сохранению их в жировых депо. Также обнаружено влияние гена *DGAT1* на энергетический баланс тела и метаболические функции крови [182]. Ген *DGAT1* у КРС картирован в 14-ой хромосоме. Тестированы SNP, локализованные в нуклеотидных позициях 10433 и 10434 белок кодирующей области гена *DGAT1* (экзон 8). В позиции 10433 происходит замена G на A, в позиции 10434 – замена C на A. Одновременная замена в двух позициях на A приводит к исчезновению сайта рестрикции для эндонуклеазы *Cfr1* и замене лизина (аллель *K*) на аланин (аллель *A*) в белковом продукте (*K232A* полиморфизм) [219]. У животных с генотипом *K/K* активность фермента *DGAT1* была более чем в 5 раз выше по сравнению с *A/K* и *A/A* [166]. Показано, что *A* аллель гена *DGAT1* ассоциирован с более низким содержанием стеариновой кислоты и предпочтительнее для получения высококачественного мяса. Было показано также, что *A* аллель присутствует только среди пород *Bos taurus taurus*, но отсутствует (или представлен с очень низкой частотой) у пород *Bos taurus indicus*, *Bos grunniens*, *Bubalus bubalus* [208].

В своих исследованиях Fangyu Li, изучил полиморфизм гена *DGAT1* у китайского скота с голштинским скотом в качестве контроля. Были обнаружены три генотипа (*KK*, *KA* и *AA*) у китайского и голштинского скота. Частота аллеля *K* для северного, центрального и южного китайского скота составила 0,2083, 0,4100 и 0,8402, соответственно, постепенно увеличиваясь у коренного китайского скота с севера на юг, в то время как частота аллеля *A* показала противоположную тенденцию с севера на юг. Кроме того, самая высокая частота аллеля *A* была обнаружена у крупного рогатого скота породы вейнинг из Гуйчжоу.

Генотипирование *K232A* в гене *DGAT1* выявило четкое географическое распределение частот генотипов. Для голштинского скота также были обнаружены три генотипа (*KK*, *KA* и *AA*) также были обнаружены. Частоты аллелей *K* и *A* составляют 0,1667 и 0,8333, соответственно, что указывает на то, что частота аллеля *A* у голштинского скота значительно выше, чем у китайского скота. В заключение, результаты данного исследования показывают, что существует значительная корреляция между полиморфизмами (*KK*, *KA* и *AA*) гена *DGAT1* с массовой долей жира в молоке. Аллель *A* в основном фиксируется у северного китайского скота (*Bos taurus*), в то время как аллель *K* доминирует у южно-китайского скота (*Bos indicus*), предполагая, что северная группа крупного рогатого скота имеет более низкое содержание молочного жира, чем у южной группы крупного рогатого скота [162].

При изучении аллельного полиморфизма гена *DGAT1* у местного иракского скота выявлено, что частоты генотипов *KK*, *KA* и *AA* составили 0,40, 0,30 и 0,30, соответственно. Частота аллелей *K* и *A* составила 0,60 и 0,40, соответственно. Генотип *KK* был значительно ( $P < 0,05$ ) связан с более высоким показателем количества молочного жира. Таким образом, ген *DGAT1* может служить генетическим маркером для селекции на показатель жира в молоке у коров [116].

Исследования показали, что ген *DGAT1* сильно влияет на удой и состав молока у итальянских голштинов [98], белых пород крупного рогатого скота фулани и боргу [136], симментальской и бурой швейцарской пород крупного рогатого скота в Хорватии [110]. В одном из исследований было показано, что лизин определяется аллелем *K*, характеризуется более высокой скоростью в производстве триацилглицеринов, чем вариант *A* аллель (аланиновый вариант) и, таким образом, увеличивает содержание жира в молоке животных [125]. Недавние исследования показали, что значительная ассоциация между лизином в аминокислотной позиции 232 с более высоким содержанием молочного жира, в то время как аланин в этой позиции является маркером более низкого содержания молочного жира и более высокой молокоотдачи [134].

Изучение полиморфизма *DGATI K232A* (аллели *A* и *K*) основных бразильских пород, неллорской, гузератской, красной синдхи, гир, голштинской и гир х голштинской ( $F_1$ ) показало, что самая высокая частота аллеля *A* была обнаружена в образце голштинской породы (73%), за которой следует Гир х голштинская ( $F_1$ ) – 39%. Анализ животных Гир и красный синдхи показал низкую частоту аллеля *A* (4% и 2,5%, соответственно). Аллель *A* не был в образцах крупного рогатого скота из Неллора и Гузерата [166].

Распределение частот аллелей гена *DGATI* в популяции коров чёрно-пёстрой породы 8-и генеалогических линий по голштинской породе Московской области; тёлков, первотёлков, высокопродуктивных коров Республики Татарстан; коров Ленинградской области; особей Нижегородской, Ленинградской областей РФ, Республика Беларусь и Ивановской области; дойных коров украинской селекции для *A* и *K* аллелей составила 0,286-0,419 и 0,581-0,714 [67]; 0,65-0,69 и 0,31-0,35 [71]; 0,703-0,772 и 0,228-0,297 [52]; 0,657-0,816 и 0,184-0,343; 0,600 и 0,400 [40]; 0,615 и 0,385 [111], соответственно.

На примере айрширских коров новолодожского типа из Ленинградской области, животные с генотипом *AA* гена *DGATI* имели достоверно более высокий удой за 100 и 305 дней лактации по сравнению с их партнерами с генотипом *AK*. Коровы с генотипом *AK* в отличие от особей с генотипом *AA* существенно различались по массовой доле жира и белка в молоке [111].

Генотипирование по гену *DGATI* голштино-фризских, джерсейских и венгерских симментальских коров показало, что *DGATI GC/GC* коровы имели более высокие показатели удоя за 305-дн. лактации. Разница между генотипами *AA/AA* и *GC/GC* была значительной ( $P < 0,05$ ) [87].

Генотипирование популяций иранских буйволов показало наличие новых SNPs по сравнению с референсной последовательностью GenBank (DQ886485) в нуклеотидных позициях g.6097A>G, g.7036C>T, g.7338G>A, g.7710C>T, g.8087C>T, g.8259G>A, g.8275G>A, g.8367C>T и g.8426C>T. В экзоне 8 полиморфизмов обнаружено не было. Таким образом, позиция *K232A* была признана консервативной и скрепленным регионом для высокого содержания

молочного жира (аллель *K*) у *Bos indicus* и всех пород буйволов. Сравнение с индийскими буйволами выявило три экзонических SNP, один из которых был несинонимичным. Уникальная вставка длиной 22 п.н. наблюдалась в интроне 10 гена *DGATI*. Анализ связей позволило выявить девять гаплотипов среди отобранных животных. Насколько нам известно, это первое сообщение о секвенировании гена *DGATI* у иранских буйволов. Результаты свидетельствуют о существовании генетического разнообразия и могут быть полезны при изучении ассоциации между геном *DGATI* и признаками производства молока у буйволов [180].

При изучении методом ПЦР (RFLP-PCR) гена *DGATI* у голштинского скота молочных ферм в Иране установлено, что в популяции были обнаружены генотипы *KK*, *AA* и *KA*. Частота аллелей *K* и *A* составила 0,37 и 0,63 [155].

Генотипирование вариаций *DGATI K232A* методом ПЦР-ПДРФ выявило все три генотипа у кроссбредного скота. Генотип *KK* был более распространен (0,60) у джерсейских кроссбредных животных, в то время как в голштино-фризской породы был генотип *KA* (0,48). У онгольского скота и буйволов Мурра этот локус не проявлял полиморфизма. Среднее значение удоев, объединенных по лактациям, для всех вариантов *DGATI* было значительно ( $P < 0,05$ ) выше среди гомозиготных (*AA*) генотипов, как у джерсейской кроссбредной породы, так и у крупного рогатого скота голштинской кроссбредной породы после корректировки на влияния фермы, паритета и сезона. Показатели содержания жира и белка у генотипов *AA* были ниже, чем у генотипов *KK* в обеих генетических группах ( $P > 0,05$ ) [157].

Среди индийского крупного рогатого скота Гир и Канкредж наблюдали, что среди исследуемой популяции существует только два генотипа (*KK* и *KA*). Частота генотипов у них составила 0,925 ( $n=170$ ) и 0,075 ( $n=30$ ), соответственно. А для крупного рогатого скота Гир, 0,895 ( $n=79$ ) и 0,105 ( $n=21$ ). Общая рассчитанная частота аллелей для *K* и *A* составила у обеих популяций скота *Bos indicus* 0,915 и 0,085, соответственно. Ассоциация генотипов с признаками производства молока показала, что *KA* имеет значительное ( $P < 0,05$ ) влияние на

общий удой молока, по сравнению с *KK* в породах крупного рогатого скота Гир и Канкредж. Аналогично, генотип *KK* имел значительное ( $P < 0.05$ ) влияние на процент жира в молоке по сравнению с *KA* в породах Гир и Канкредж [188]. *DGAT1 K232A* также способствовал влиянию на содержание жирных кислот в молоке как коров, так и буйволиц [207]. Было установлено, что зафиксирован полиморфизм гена *DGAT1* в локусе *K232A*, причём аллеле *K* у некоторых пород буйволов, который считается основным фактором, отвечающим за высокую жирность молока у буйволиц [208, 165, 186]. По гену *DGAT1* от коров первотелок холмогорской породы татарстанского типа с генотипом *AA* жирность и белковость была выше, чем у других генотипов, соответственно на 0,05 и 0,02% по сравнению со сверстницами с генотипом *AK* [78]. А среди другой популяции холмогорской породы коровы российского происхождения с аллелем *K* в геноме, наоборот, характеризовались более высокой массовой долей жира в молоке и молочной продуктивностью [40]. Также подтверждается, что наличие в генотипе аллеля *K* по гену *DGAT1* у коров черно-пестрой породы сильно и достоверно влияет на массовую долю жира в молоке. Величина удоя за первую и третью лактации достоверно не ассоциировалась с геном *DGAT1*, при этом «хорошие» значения доли влияния  $\eta^2 = 0,032$  и  $0,026$  свидетельствуют о некотором влиянии гена *DGAT1* на уровень надоев молока коров [199].

При изучении частоты аллелей и эффекты вариантов *DGAT1 K232A* у шведских молочных пород, а именно: ишская молочная, шведская красная и шведская голштинская. Частота встречаемости варианта *K* была обнаружена значительно более высокой в линии с высоким содержанием жира в молоке, чем в линии с низким содержанием жира в молоке. Средняя частота встречаемости варианта *K* в двух линиях у шведских красных коров составила 0,09 по сравнению с 0,12 среди шведских голштинских коров. Анализ смешанной модели показал, что вариант *K* был связан с увеличением содержания жира и белка в молоке, но меньшим удоём по сравнению с вариантом *A*. Менее выраженные эффекты были обнаружены для выхода молочного жира и белка, для которых вариант *K*

ассоциировался с большим выходом молочного жира, но меньшим выходом молочного белка [181].

В группах коров ярославской породы (чистопородной и михайловского типа) прослеживалась тенденция к снижению удоя и повышению массовой доли жира и белка в молоке, выхода молочного жира у коров, несущих *K* аллель гена *DGATI*, в сравнении со сверстницами с генотипом *AA* [40].

Исследования на крупном рогатом скоте отечественной селекционной породы костромская показали, что высокая частота *A* и низкая *K* аллельных вариантов гена *DGATI* обнаружена как у коров, так и у быков (0,797-0,948 и 0,052-0,203) [47].

У пород крупного рогатого скота боргу и белая фулани кенийского происхождения частота встречаемости аллельных вариантов гена *DGATI* в положении *K232A* составила 0,08-0,23 (аллель *A*) и 0,77-0,92 (аллель *K*) [8].

Первотелки голштинской породы чешского происхождения и чистокровные и помесные коровы джерсейской породы индийского происхождения с гомозиготным генотипом *KK* гена *DGATI* характеризовались наиболее высокими показателями средней массовой доли жира [140, 97] и белка в молоке, выходом молочного жира, что было достоверно выше, чем у аналогов с генотипами *KA* и *AA* [97].

Выявлена достоверная зависимость полиморфизма гена *DGATI* у коров голштинской породы немецкого происхождения с признаками молочной продуктивности (молочная продуктивность, продукция жира и белка, процентное содержание жира и белка в молоке) [106]. Это подтверждается также исследованиями на голштинских коровах голландского происхождения. Таким образом, по сравнению с аналогами генотипа *AA* особи с генотипом *KK* гена *DGATI* превосходили по выходу молочного жира, но в то же время уступали по суточному удою и выходу молочного белка [214].

У первотёлок чёрно-пёстрой породы Республики Татарстан с генотипом *AK* гена *DGATI* уровень молочной продуктивности был выше, чем с другими генотипами. Количество молочного жира и белка также была выше у коров с

генотипом *DGAT1/AK*. Первотёлки с генотипом *DGAT1/KK* имели больше жирность и белковость молока, чем аналоги с генотипами *DGAT1/AA* и *DGAT1/AK* [62]. В условиях Республики Татарстан по массовой доле жира в молоке чёрно-пёстрые первотёлки с генотипом *DGAT1/KK* превосходили особей с генотипом *DGAT1/AK*. По массовой доле белка и казеина в молоке животные с генотипом *DGAT1/AK* имели значительное преимущество [72].

Генотипирование первотёлок и возрастных коров чёрно-пёстрой породы по гену *DGAT1* проводилось с использованием ДНК-диагностики, которое показало, что частота встречаемости генотипов составила: *DGAT1/AA* – 43,4-45,0%, *DGAT1/AK* – 51,0-51,2%, *DGAT1/KK* – 4,0-5,4%. У аналогичных возрастных коров холмогорской породы соотношение генотипов было следующим: *DGAT1/AA* – 46,2-50,6%, *DGAT1/AK* – 43,8-48,3% и *DGAT1/KK* – 5,5-5,6%, соответственно. Встречаемость аллеля *A* доминирует над аллелем *K* во всех породах Республики Татарстан. В тоже время самая высокая встречаемость аллеля *DGAT1/K* была обнаружена у коров чёрно-пёстрой породы (0,29-0,31), тогда как у сверстниц холмогорской породы она составила – 0,27-0,30 [198].

Изучение влияния генотипов на признаки лактации показало, что коровы голштинской × джерсейской породы с генотипом *AK DGAT1* имели более высокую массовую долю жира в молоке по сравнению со сверстницами с генотипом *AA* [172].

Проведены исследования воспроизводительной способности коров-первотёлок черно-пестрой породы с комплексными генотипами каппа-казеина (*CSN3*) и диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (*DGAT1*). Низкие значения длительности сервис- (95-104 дн.) и межотельного- (377-391 дн.) периодов и большие показатели коэффициента воспроизводительной способности (0,93-0,97) и индекса Дохи (46,5-47,2) выявлены у коров с комбинацией генотипов *CSN3AA / DGAT1AA*, *CSN3AB / DGAT1AA*, *CSN3AB / DGAT1KK*, *CSN3BB / DGAT1AA*, что говорит о лучшей их воспроизводительной способности. При этом первотёлки с генотипом *CSN3AA / DGAT1AA* достоверно превосходят остальные группы по показателям воспроизводительной способности [69].

### **1.3 Характеристика гена лептина (*LEP*) и его связь с продуктивными качествами крупного рогатого скота**

Успех селекции в значительной степени зависит от точности определения племенной ценности животных. В связи с этим ценность методов помогающих выявить лучших животных и предсказать их племенные качества в раннем возрасте возрастает. Достижения современной молекулярной генетики позволяют определить гены, которые контролируют экономические признаки. В дополнение к традиционному отбору животных, выявление вариантов генов позволит проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК. Преимущество ДНК-технологий заключается в том, что можно определить генотип животного независимо от пола, возраста и физиологического состояния, что является важным фактором в селекции. В качестве потенциального маркера молочной продуктивности генов могут рассматриваться такие гены как гены липидного обмена [220].

Селекция животноводства невозможна без применения современных молекулярно-генетических технологий и использования ДНК-маркеров, связанных с экономическими признаками животных. Многие исследователи анализировали распределение аллельных вариантов ряда структурных генов, полиморфизм которых часто ассоциирован с основными показателями молочной продуктивности крупного рогатого скота. Появление аллельных вариантов в регуляторных и структурных областях этих генов может влиять на количества и качества молока [35].

Лептин – это цитокин, синтезируется преимущественно в жировых тканях [118]. Исследование показали, что он контролирует рост тела, энергетический гомеостаз, потребление корма, воспроизводство и иммунную функцию [118]. Лептин действует в гипоталамусе через нейропептид-У рецептор нейронов и играет важную роль в регуляции пищевого поведения в зависимости от энергетического статуса организма [179]. Ген *LEP* расположен на хромосоме 4 и содержит три экзона и два интрона у крупного рогатого скота, в которых

кодирующая область из 501 нуклеотида присутствует в экзонах 2 и 3 [218]. Несколько мутаций, обнаруженных в гене *LEP* крупного рогатого скота, были связаны с удоем [164], производством молока [121] и репродуктивными признаками [187, 210] у разных пород крупного рогатого скота.

Структурно ген лептина представляет собой белок, состоящий из 167 аминокислот, и включает 21 аминокислотную последовательность [93]. Полиморфизм, связанный с мутацией *LEP* (T→C), приводит к замене цистеина на аргинин в  $\alpha$ -спирали лептина полипептида [153]. Она идентифицирована в кодирующей области в позиции 73 [204].

Ген лептина и его полиморфные варианты аллели и генотипы могут рассматриваться как один из потенциальных маркеров производства молока и мяса [101].

При изучении генетических изменений в гене лептина у пород крупного рогатого скота (восточно-анатолийская красная и анатолийская черная), частоты аллелей *T* и *C* составили  $0,54 \pm 0,06$  и  $0,46 \pm 0,06$  для восточно-анатолийского красного скота,  $0,48 \pm 0,05$  и  $0,52 \pm 0,05$  для анатолийского черного, соответственно. Результаты статистического анализа показали, что встречаемость генотипа *TT* у анатолийской черной породы был выше, чем других генотипов *CC* и *CT* ( $P < 0,05$ ). Эти результаты показывают, что генотип лептина *TT* связан с увеличением окружности грудной клетки. Эти наблюдения могут представлять экономический интерес [170].

Аллель *T* гена лептина крупного рогатого скота приводит к более высокому производству молока [144]. При этом генотип Arg4Cys *TT* имеет высокий значимый эффект для увеличения удоя [100]. Аналогичные исследования подтверждают, что животные, гомозиготные с генотипом *TT*, имеют более высокий суточный прирост живой массы, чем животные с генотипами *CC* и *CT* генотипов [101, 154, 169].

В целом показатели всех групп коров украинской красной, украинской чёрно-пёстрой и украинской красно-пёстрой пород по локусу гена лептина (*LEP*), которые были включены в исследование за первую, вторую третью и более

высокую лактацию имели тенденцию к повышению их молочной продуктивности, что объясняется их физиологической зрелостью и развитием продуктивных качеств с возрастом. И в разрезе экспериментальных групп животные гетерозиготных генотипов *СТ* оказались наилучшими по молочной продуктивности [203].

При исследовании фрагмент гена лептина размером 522 п.н у коров *Narjan* выявлено, что генотипы лептина оказывали значительное влияние на периоды лактации, общий удой за 300 дней лактации и достижение пика удоя во время первой лактации. Гомозиготные коровы (*АА*) имели тенденцию к значительному увеличению периода лактации ( $P < 0,05$ ) в генотипе *АА* по сравнению с генотипом *ВВ* по первой лактации. Также общий удой и удой за 300 дн. лактацию более высокие у коров генотипа *АА* по сравнению с аналогами генотипов *АВ* и *ВВ* по данным первой лактации [94].

При изучении у крупного рогатого скота пород пинцгау и словацкой пятнистой полиморфизма гена лептина в интроне 2 в 4 хромосоме, а именно путем расщепления продуктов амплификации рестрикционным ферментом *Sau3AI* выявлено два аллеля: аллель *А* (фрагменты длиной 390 и 32 п.н.) и аллель *В* (фрагменты длиной 303, 88 и 32 п.н.). Преобладающим по встречаемости был аллель *А* с наблюдаемой частотой 0,69 (пинцгау) и 0,83 (словацкий пятнистый скот). В обеих популяциях наблюдались все три генотипа *АА*, *АВ* и *ВВ*. Результаты статистического анализа ассоциации между полиморфизмом *Sau3AI* и параметрами производства молока - надоем молока, количеством молочного белка и жира не были значимыми. Сравнение животных обеих пород с одинаковым генотипом показало значительный эффект у коров породы пинцгау с генотипом *АА* по выходу молока и молочного белка ( $P \leq 0,05$ ) [178].

В целом, были обнаружены значимые ( $P < 0,05$ ) эффекты аллельной замены для *LEP* SNP *A252T* на удой и *A1457G* на удой молока и потребление сухого вещества [91].

При изучении полиморфизма гена лептина полиморфизма экзона 3 (локус *A59V*) и интрона 2 (локус *SAU3AI*) в находящейся под угрозой исчезновения

популяции автохтонного скота был обнаружен один генотип *A59V* (*CC*), и два *SAU3AI* генотипа, *AA* и *AB*, с частотой 78,26% и 21,74%, соответственно. При сравнении полученных результатов по химическим характеристикам молока между коровами с генотипами *AA* и *AB*, не было обнаружено существенных различий, за исключением содержания СОМО и значений точки замерзания. Коровы с генотипом *AA* имели достоверно более низкое ( $p=0,021$ ) содержание СОМО (8,74%) в молоке по сравнению со средним содержанием СОМО (9,28%) у коров с генотипом *AB*, в то время как коровы с генотипом *AA* ( $-0,54$  °C) имели значительно более высокие ( $p=0,004$ ) средние значения точки замерзания, чем у коров с генотипом *AB* ( $-0,58$  °C). Отсутствие генотипа *BB* и значительных различий по исследуемым функциональным признакам между двумя генотипами *SAU3AI*, а также отсутствие полиморфизма *A59V* (наличие только генотипа *CC*) показывает, что бушинская порода скота, хотя и является автохтонной низкопродуктивной местной отечественная порода, используемая для производства мяса и молока, обладает полиморфизмом по генетическим маркерам характерный для высокопродуктивных молочных коров [174].

Среди коров ярославской породы Ивановской области наибольшей массовой долей жира в молоке характеризовались особи, несущие в своём генотипе *B* аллель гена *LEP*, причём достоверная разница между генотипами *AB* и *AA*. По удою и массовой доле белка в молоке, животные с разными генотипами гена *LEP* отличались незначительно [31].

Среди коров голштинской породы Республики Татарстан частота встречаемости аллелей *C* и *T* у изучаемого гена составила: 0,570 и 0,430 соответственно. Наблюдаемое распределение генотипов было следующим: *TT* – 18,4%; *TC* – 49,1%; *CC* – 32,5%, что говорит о полиморфной популяции. Полученные данные указывают на разнообразие генетической структуры голштинской популяции крупного рогатого скота Республики Татарстан. В изучаемом поголовье генетическое равновесие не нарушено. Распределение генотипов в стадах голштинского породы совпадает с результатами других исследователей [82].

Изучая ассоциации гена лептина с динамикой молочной продуктивности за три лактации коров голштинской породы выявлено, что наилучшие показатели по всем трем лактациям были выявлены в группе животных с генотипом *TT* гена *LEP*. Эти особи характеризуются повышенным удоем, высоким индексом продуктивности и склонны к увеличению среднесуточного удоя на протяжении трех лактаций. Для этих коров было характерно: повышенный удой, высокий индекс удоиности и тенденция к увеличению среднесуточного удоя в течение всех трех лактаций [82].

После проведения ДНК-исследования скота японского черного скота определены частоты аллелей гена *LEP* *C* и *T* в соотношении 0,71 и 0,29, соответственно [81].

Генетическим анализом гена *LEP* определено, что животные с генотипом *CC* имели значительно более высокий процент белка в молоке за лактацию ( $P < 0,05$ ), чем другие генотипы у венгерской симментальской породы [87].

По данным исследований на голштинском скоте распределение частот аллелей *C* (*A*) и *T* (*B*) гена *LEP* было следующим: *C* - 0,41-0,62 и *T* - 0,38-0,59 (Республика Татарстан) [25, 26, 57], *A* - 0,91 и *B* - 0,09 (привезены из Венгрии в Рязанскую область) [5], соответственно.

При изучении аллельного полиморфизма гена *LEP* у коров украинского происхождения украинской черно-пестрой, красной степной, красной пород установлено, что частота аллелей *C* (*A*) и *T* (*B*) составляет 0,630-0,815 и 0,185-0,370 [111, 123], 0,587-0,636 и 0,364-0,413; 0,587-0,659 и 0,341-0,413 [123] соответственно. Аналогичные исследования на коровах украинского происхождения показали, что у всех пород (красно-пестрая, черно-пестрая, красная) частота аллеля *A* (0,676-0,770) гена *LEP* преобладала над встречаемостью аллеля *B* (0,060 - 0,152) [96].

Также сообщается, что частота встречаемости аллеля *B* гена лептина у различных пород крупного рогатого скота зарубежной селекции составляла в среднем от 0,21 до 0,50: симментальская (0,21), брангус (0,40), ангусская (0,27), голштинская (0,29), желтая (0,28), лимузинская (0,30), герефорд (0,50). Однако у

брахманской породы обнаружен только один аллель  $B$  (1,0) и один генотип  $BB$  (100%) гена лептина [139, 191].

По молочной продуктивности первотелки голштинской породы Республики Татарстан с генотипом  $LEP TT$  достоверно превосходили аналогов с генотипами  $LEP TC$  на 673,4 кг (8,9%,  $P \leq 0,01$ ) и  $LEP CC$  на 459,1 кг (6,1%). Кроме того, особи с генотипом  $LEP TT$  имели преимущество перед сверстниками из других групп с генотипами  $LEP CC$  и  $LEP TC$  по массовой доле жира в молоке на 0,04 и 0,17% соответственно [57]. В других исследованиях, напротив, коровы голштинской породы в Республике Татарстан, несущие генотип  $LEP CC$ , имели более высокую молочную продуктивность, аналоги с генотипом  $LEP CT$  и  $LEP TT$  – соответственно меньшей молочной продуктивностью. Наибольшая массовая доля жира в молоке отмечена у особей с генотипом  $LEP CT$ , на втором месте – животные с генотипом  $LEP TT$ , на третьем – особи с генотипом  $LEP CC$ . По массовой доле белка в молоке распределение генотипов было следующим, а именно  $LEP CT$ ,  $LEP TT$  и  $LEP CC$  [25, 26].

Полученные данные показывают, что генотип  $AA$ , гомозиготный по гену  $LEP$ , ассоциирован с наиболее высокими удоями, массовой долей жира и молочного белка у коров голштинской породы [210]. В других исследованиях с коровами голштинской породы канадского происхождения разница по удою между особями с генотипами  $LEP AA$  и  $LEP AB$  составила 128 кг, а между аналогами венгерского происхождения – 227 кг [65].

Молочная продуктивность высшей группы племенных коров Архангельской области холмогорской породы снижалась в ряду генотипов  $AA > AB > BB$  гена  $LEP$ , а массовая доля жира и белка в молоке, увеличивалась в следующем порядке  $AA < AB < BB$ . У особей с генотипом  $AB$ , было оптимальное сочетание уровня удоя с наиболее высокой массовой долей жира и белка в молоке, выходом молочного жира и белка [3]. Аналогичные исследования на коровах холмогорской породы российской селекции также показали, что самые высокие удои были у особей с генотипом  $LEP AA$  [4].

Исследования иностранного молочного скота голштинской породы по распределению аллелей *C* (*A*) и *T* (*B*) гена *LEP* показали, что их частота составила: *A* – 0,256, *B* – 0,744 (Беларусь) [10], *C* – 0,58 и *T* – 0,42 (Чехия) [140], *A* – 0,7975–0,947, *B* – 0,053–0,2025 (Иран) [133, 200].

Молочная продуктивность связана с полиморфизмом гена *LEP* у голштинских коров иранского происхождения. Особи с генотипом *AB* гена *LEP* значительно превосходили по этому показателю аналогов с гомозиготными генотипами. Кроме того, гетерозиготные коровы по сравнению с аналогами с генотипом *AA* имели более высокий выход молочного жира на 0,34 кг/сутки в течение первых 12 недель лактации [133].

Коровы чистопородные и помесные по джерсейской породе индийского происхождения с гомозиготным генотипом *CC* гена лептина характеризовались наиболее высокой средней массовой долей жира в молоке, что было достоверно ( $P < 0,05$ ) выше, чем у сверстниц с гетерозиготным генотипом *CT* [97].

Наименьшая встречаемость аллеля *LEP C* (0,52) выявлена у лимузинской породы в условиях Республики Татарстан [74]. Распределение генотипов по всему оцениваемому стаду следующее: *CC* - 39%; *CT* - 49%; *TT* - 12%. Замечено, что в молочных группах крупного рогатого скота во всех изученных стадах преобладает гетерозиготный генотип *TC* (40–62%). Далее с небольшой разницей следуют представители гомозиготного генотипа *CC* (23–42%), а последующее положение занимают животные с генотипом *TT* (10–23%).

Итак, анализ результатов научных исследований показал, что гены липидного обмена, а именно: рецептора липопротеина низкой плотности (*OLR1*), диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (*DGAT1*) и лептина (*LEP*) могут выступать маркерами удоев и качественного состава молока коров разной породной принадлежности.

## 2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 2.1 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательская работа по теме диссертационной работы проводилась в период с 2020 по 2023 гг. на кафедре биологической химии, физики и математики, а также на межкафедральной лаборатории иммунологии и биотехнологии в ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана». Производственные опыты проведены на поголовье крупного рогатого скота АО «Головное племенное предприятие «Элита» Высокогорского района, а также СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района Республики Татарстан.

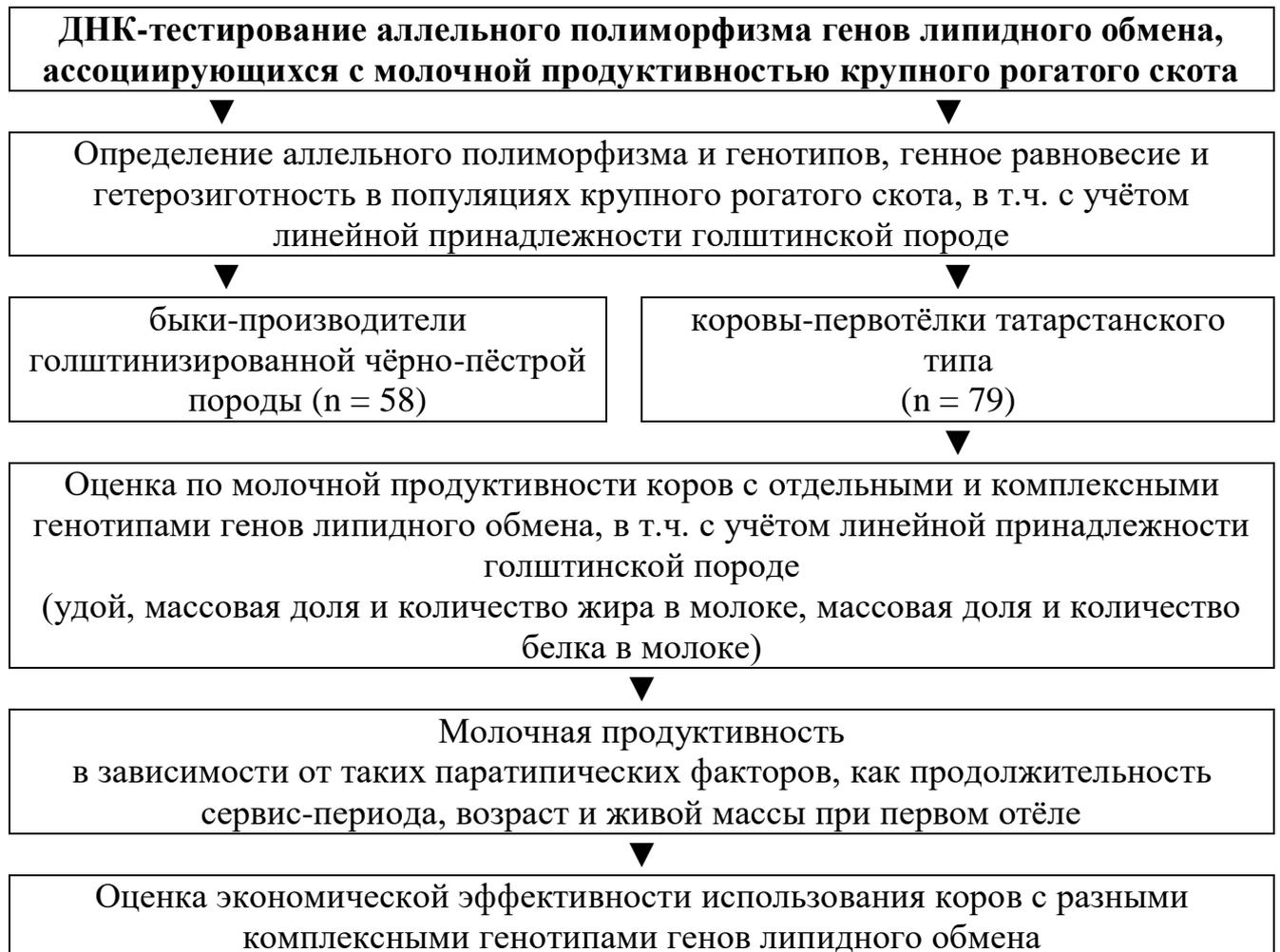
Для проведения исследований по установлению аллельного полиморфизма и генотипов генов липидного обмена крупного рогатого скота были отобраны две половозрастные группы, а именно 79 коров-первотёлок татарстанского типа в СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района Республики Татарстан; также отобраны 58 быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы в АО «Головное племенное предприятие «Элита».

В исследовании использовались коровы и быки-производители относящиеся к генеалогическим линиям голштинской породы: Вис Айдиал 933122, Монтвик Чифтейн 95679, Рефлекшн Соверинг 198998, С.Т. Рокит 252803.

Определение аллельного полиморфизма и генотипов генов липидного обмена у коров и быков-производителей проводили молекулярно-генетическими методами, а именно АС-ПЦР и ПЦР-ПДРФ. Далее с учётом принципа «аналогов» по Овсянникову А.И. в 1976 г. [45] из поголовья быков-производителей и первотёлок были сформированы группы животных с разными генотипами и комбинациями генотипов генов липидного обмена, в т.ч. с разной линейной принадлежностью по голштинской породе; далее проведена оценка первотёлок по показателям молочной продуктивности.

Дополнительные сведения, такие продуктивность и линейная принадлежность брали из данных племенного и зоотехнического учёта: акты контрольного доения, карточки племенных быков и коров – формы 1 МОЛ и 2 МОЛ, соответственно.

Общая схема научно-хозяйственных исследований представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема исследования**

Исследуемые животные (быки-производители и первотёлки) во время проведения опытов находились в схожих условия содержания и кормления. Кормление в группах первотёлок с отдельными и комплексными генотипами генов липидного обмена в СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района осуществлялось согласно схеме принятой в хозяйстве и с учётом норм и рационов кормления крупного рогатого скота по Калашникову А.П. и др. в 2003 г. [28].

Источником ДНК для начала молекулярно-генетических исследований выступали индивидуальные пробы цельной крови, взятые из хвостовой вены животных. ДНК из проб цельной крови быков выделяли стандартным методом, включающий лизис, сорбцию и отмывку. Например, можно порекомендовать нами используемый набор «ДНК-сорб В», изготавливаемый ЦНИИ Эпидемиологии, порядок проведения выделения ДНК описан в инструкции производителя.

Генотипирование крупного рогатого скота по локусам генов липидного обмена. Амплификацию проводили на амплификаторах: 4-канальный программируемый термостат для ПЦР «Терцик» (Россия) и ДНК-амплификатор DNA Engine PTC (США). Для амплификации фрагментов генов *OLR1*, *DGAT1* и *LEP* использовали следующие олигонуклеотидные праймеров, которые синтезированы в ООО «Синтол» (Россия):

1. Для проведения ПЦР-ПДРФ по гену *OLR1* крупного рогатого скота [152]:
  - *OLR1-F*: 5'-ТСС СТААСТТГТТССААГТССТ-3' (22 н.),
  - *OLR1-R*: 5'-СТС ТАС ААТ GCC TAG ААГ ААА GC-3' (23 н.).
2. Для проведения ПЦР-ПДРФ по гену *DGAT1* крупного рогатого скота [63, 64]:
  - *DGAT1-1*: 5'-CCGСТТГСТCGTAGСТТТCGAAGGТААСGC-3' (30 н.),
  - *DGAT1-2*: 5'-CCGСТТГСТCGTAGСТТТGGCAGGТААСАА-3' (30 н.),
  - *DGAT1-3*: 5'-AGGATCСТCACCГCGGTAGGTCAGG-3' (25 н.).
3. Для проведения АС-ПЦР по гену *LEP* крупного рогатого скота [107]:
  - *LEP-F1*: 5'-GACGATGTGCCACGTGTGGТТТСТТСТ GT-3' (29 н.),
  - *LEP-R1*: 5'-CGGTТСТАССТCGTСТСССAGTСССТСС-3' (28 н.),
  - *LEP-F2*: 5'-TGTСТТАСGTGGAGGСТGTGCCСAGCT-3' (27 н.),
  - *LEP-R2*: 5'-AGGGТТТТGGTGTСATCСТGGACСТТТ CG-3' (29 н.).

Температурный режим амплификации с данными праймерами был следующий: для гена *OLR1* первый цикл – 5 мин при 94 °С; следующие 30 циклов: денатурация – 30 с при 94 °С, отжиг – 30 с при 62 °С, синтез – 40 с при 72 °С ; элонгация – 5 мин при 72 °С; для гена *DGAT1* первый цикл – 5 мин при 94 °С; следующие 40 циклов: денатурация – 10 с при 94 °С, отжиг (совмещён с

синтезом) – 10 с при 72 °С; элонгация – 5 мин при 72 °С; для гена *LEP* первый цикл – 5 мин при 94 °С; следующие 40 циклов: денатурация – 10 с при 94 °С, отжиг – 10 с при 63 °С, синтез – 10 с при 72 °С ; элонгация – 5 мин при 72 °С.

Полученные ампликоны подвергали рестрикции с помощью ферментов-рестриктаз *PstI* (ген *OLRI*) и *TaqI* (ген *DGATI*) (СибЭнзим, Россия) согласно протоколов гидролиза ДНК рекомендуемого производителем.

После амплификации ампликонов (ген *LEP*) и рестрикции ампликонов (ген *OLRI* и *DGATI*) проводили горизонтальный электрофорез в 2,5 % агарозном геле и содержанием этидия бромида 0,5 мкг/мл. Для визуализации и фиксирования фрагментов размером 143 bp (генотип *OLRI AA*), 143/113/30 bp (генотип *OLRI AC*), 113/30 bp (генотип *OLRI CC*), 82/18 bp (генотип *DGATI AA*), 100/82/18 bp (генотип *DGATI AK*), 100 bp (генотип *DGATI KK*) и 239/164 bp (генотип *LEP CC*), 239/164/131 bp (генотип *LEP CT*), 239/131 bp (генотип *LEP TT*) с помощью геледокументирующей системы GelDoc+ (Bio-Rad, США). Молекулярные массы фрагментов устанавливали в сравнении со стандартными ДНК-маркерами 100 bp (10 фрагментов от 100 до 1000 bp), 100 bp + 1,5 Kb (11 фрагментов от 100 до 1500 bp) и 100 bp + 50 bp (11 фрагментов от 50 до 1000 bp), которые разгоняли одновременно с изучаемыми фрагментами ампликонов.

Частоту встречаемости аллелей и генотипов, ожидаемую частоту генотипов, хи-квадрат в популяции рассчитывали по общепринятым формулам, используемым в ветеринарной генетике с основами вариационной статистики [50].

Определяли показатели молочной продуктивности коров, такие как удой за 305 дн. лактации (учёт включал ежедекадные контрольные доения) [22], массовая доля жира и белка в молоке (измерение на анализаторе «ЛАКТАН 1-4».

Экономическую эффективность использования первотёлок с разными комплексными генотипами генов липидного обмена определялась с учётом ряда нормативных документов: «Методические рекомендации по определению экономической эффективности от внедрения результатов научно-исследовательских работ в животноводстве» [76], ГОСТ Р 52054-2003 [19] и

Приказ министерства сельского хозяйства РФ от 19 мая 2014 г. № 163 [53], опираясь на которые молоко с базисной общероссийской нормой массовой доли жира составляет – 3,4%, аналогичный показатель белка – 3,0%, соответственно.

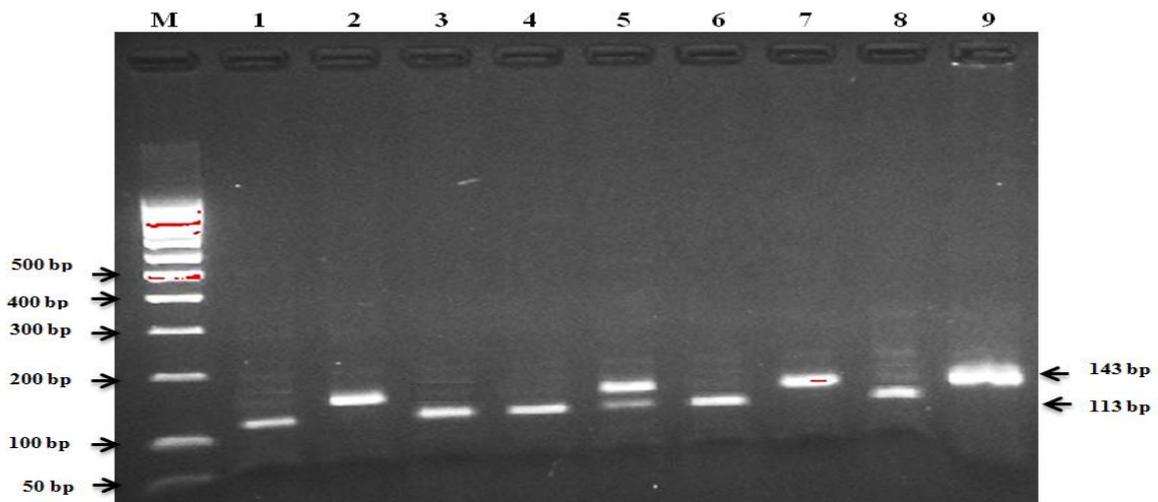
Статистическую обработку результатов исследований проводили общепринятой методикой вариационной статистики [43]. Достоверность результатов подтверждалось с учётом стандартных значений критерия Стьюдента.

## 2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.2.1 Аллельный полиморфизм генов липидного обмена у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе

#### 2.2.1.1 Аллельный полиморфизм гена рецептора липопротеина низкой плотности у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе

Результаты известного способа проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования крупного рогатого скота по аллелям *A* и *C* гена рецептора липопротеина низкой плотности крупного рогатого скота с праймерами OLR1-F+OLR1-R [156], и эндонуклеазным расщеплением ферментом *PstI* представлены на рисунок 2.



**Рисунок 2 – Электрофореграмма результата *PstI*-ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей *A* и *C* гена рецептора липопротеина низкой плотности крупного рогатого скота (праймеры OLR F+OLR1-R)**

**Обозначения:** М) ДНК-маркеры 100 bp + 50 bp (СибЭнзим); 1, 3, 4, 6, 8) генотип *CC* (113/30); 2, 7) генотип *AA* (143); 5) генотип *AC* (143/113/30); 9) цельный фрагмент гена *OLR1* (143 bp)

Пара праймеров OLR1-F+OLR1-R инициируют амплификацию участка *OLR1*-гена крупного рогатого скота длиной 143 bp, соответственно *OLR1*-ПДРФ-

*PstI* профиль (*AA* = 143 bp, *CC* = 113/30 bp и *AC* = 143/113/30 bp) распознаёт его генотипы [38].

У быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы [38] и коров-первотёлок татарстанского типа была определена встречаемость аллелей и генотипов гена рецептора липопротеина низкой плотности (таблица 1).

**Таблица 1 – Полиморфизм гена рецептора липопротеина низкой плотности у крупного рогатого скота**

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		$\chi^2$
		<i>AA</i>		<i>AC</i>		<i>CC</i>		<i>A</i>	<i>C</i>	
		n	%	n	%	n	%			
Быки-производители голштинизированной чёрно-пёстрой породы										
<i>O</i>	58	7	12,1	19	32,7	32	55,2	0,28	0,72	1,63
<i>E</i>		5	8,6	23	39,7	30	51,7			
Первотёлки татарстанского типа										
<i>O</i>	79	3	3,8	37	46,8	39	49,4	0,27	0,73	2,88
<i>E</i>		6	7,6	31	39,2	42	51,2			

*O* – фактически наблюдаемый показатель, *E* – теоретически ожидаемый показатель

Исследование племенных быков помесной чёрно-пёстрой породы и коров татарстанского типа показало, что в выборке 49,4-55,2% животных несли генотип *OLRI CC*, тогда как генотипы *OLRI AC* и *OLRI AA* составили 32,7-46,8% и 3,8-12,1%, соответственно. Частота аллелей *OLRI A* и *OLRI C* по стаду составила 0,27-0,28 и 0,72-0,73, соответственно.

Дополнительные исследования распространения аллелей и генотипов гена рецептора липопротеина низкой плотности у быков голштинизированной чёрно-пёстрой породы [38] и коров татарстанского типа в зависимости от линейной принадлежности к голштинской породе позволили определить, что среди быков наибольшая встречаемость генотипов *OLRI CC* линий Р. Соверинга, В. Айдиала (55,5-75,0%), *OLRI AC* линии М. Чифтейна (60,0%), *OLRI AC* и *OLRI CC* (по 50,0% каждого) (таблица 2).

**Таблица 2 – Полиморфизм гена рецептора липопротеина низкой плотности у крупного рогатого скота в зависимости от линейной принадлежности**

Линия	n	Частота генотипа						Частота аллеля		$\chi^2$
		AA		AC		CC		A	C	
		n	%	n	%	n	%			
<b>Быки-производители голштинизированной чёрно-пёстрой породы</b>										
В. Айдиал	45	7	15,6	13	28,9	25	55,5	0,30	0,70	4,55*
Р. Соверинг	4	-	-	1	25,0	3	75,0	0,12	0,88	0,09
М. Чифтейн	5	-	-	3	60,0	2	40,0	0,30	0,70	0,47
С.Т. Рокит	4	-	-	2	50,0	2	50,0	0,25	0,75	0,44
<b>Первотёлки татарстанского типа</b>										
В. Айдиал	52	3	5,8	27	51,9	22	42,3	0,32	0,68	1,66
Р. Соверинг	27	-	-	10	37,0	17	63,0	0,19	0,81	1,56

\* -  $P < 0,05$

Частота встречаемости аллелей *OLRI A* и *OLRI C* в стаде по линиям голштинской породы (В. Айдиал, Р. Соверинг, М. Чифтейн, С.Т. Рокит) была в пределах 0,12-0,30 и 0,70-0,88, соответственно.

В стаде коров татарстанского типа наибольшая встречаемость генотипов *OLRI CC* линии Р. Соверинга (63,0%) и *OLRI AC* линии Айдиала (51,9%).

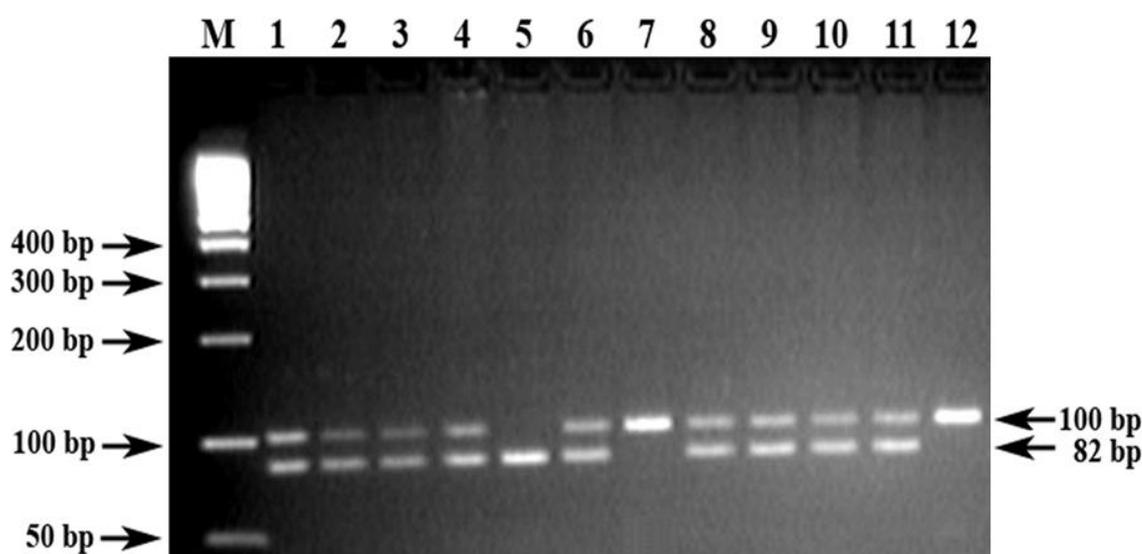
Результаты исследований показали, что генное равновесие по гену рецептора липопротеина низкой плотности в популяции быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы и коров татарстанского типа в целом не нарушено. Однако, по линии В. Айдиала у быков генное равновесие достоверно ( $P < 0,05$ ) смещено сторону гомозиготных генотипов *OLRI AA* и *OLRI CC*.

Среди племенных быков чёрно-пёстрой породы и первотёлок татарстанского типа выражено преимущество по гену рецептора липопротеина низкой плотности аллеля *OLRI C* (0,72-0,73) над аллелем *OLRI A* (0,27-0,28),

схожая тенденция была по всем генеалогическим линиям голштинского скота (В. Айдиал, Р. Соверинг, М. Чифтейн, С.Т. Рокит) и при этом она составила 0,68-0,88 и 0,12-0,30.

### 2.2.1.2 Аллельный полиморфизм гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе

Результаты известного способа проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования крупного рогатого скота по аллелям *A* и *K* гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы крупного рогатого скота с праймерами DGAT1-1+DGAT1-2+DGAT1-3 [63, 64], и эндонуклеазным расщеплением ферментом *TaqI* представлены на рисунок 3.



**Рисунок 3 – Электрофореграмма результата *TaqI*-ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей *A* и *K* гена диацилглицерол О-ацилтрансферазы крупного рогатого скота**

**(трёх праймеров DGAT1-1+DGAT1-2+DGAT1-3)**

**Обозначения:** М) ДНК-маркеры 100 bp + 50 bp (СибЭнзим); 1-4, 6, 8-11) *TaqI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *AK* (100/82/18); 5) *TaqI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *AA* (82/18 bp); 7) *TaqI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа *KK* (100 bp), 12) цельный фрагмент гена *DGAT1* (100 bp)

Праймеры DGAT1-1+DGAT1-2+DGAT1-3 инициируют амплификацию участка *DGAT1*-гена крупного рогатого скота длиной 100 bp, соответственно *DGAT1*-ПДРФ-*TaqI* профиль *AA* = 82/18 bp, *KK* = 100 bp и *AK* = 100/82/18 bp.

У быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы [39] и коров-первотёлок татарстанского типа была определена встречаемость аллелей и генотипов гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (таблица 3).

**Таблица 3 – Полиморфизм гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы у крупного рогатого скота**

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		$\chi^2$
		<i>AA</i>		<i>AK</i>		<i>KK</i>		<i>A</i>	<i>K</i>	
		n	%	n	%	n	%			
Быки-производители голштинизированной чёрно-пёстрой породы										
<i>O</i>	58	29	50,0	25	43,1	4	6,9	0,72	0,28	0,41
<i>E</i>		30	51,7	23	39,7	5	8,6			
Первотёлки татарстанского типа										
<i>O</i>	79	45	57,0	32	40,5	2	2,5	0,77	0,23	1,66
<i>E</i>		47	59,5	28	35,4	4	5,1			

*O* – фактически наблюдаемый показатель, *E* – теоретически ожидаемый показатель

Исследованиями племенного поголовья быков чёрно-пёстрой породы коров татарстанского типа выявлено, что в выборке 50,0-57,0% особей обладало гомозиготным генотипом *DGAT1 AA*, далее по распространённости были гетерозиготы и гомозиготы генотипов *DGAT1 AK* и *DGAT1 KK* – 40,5-43,1% и 2,5-6,9%, соответственно. Наибольшей встречаемостью в популяции племенных быков и коров обладал аллель *DGAT1 A* (0,72-0,77), который преобладал над аллелем *DGAT1 K* (0,23-0,28) более чем в 2,5-3,3 раза.

Также изучено распространённость аллелей и генотипов гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы среди быков голштинизированной чёрно-пёстрой породы [39] и коров татарстанского типа в зависимости от линейной принадлежности к голштинской породе (таблица 4).

Проведёнными исследованиями установлено, что у быков наибольшая встречаемость генотипов *DGAT1* AA линий Р. Соверинга (100,0%) и С.Т. Рокита (75,0%), *DGAT1* AK линии М. Чифтейна (60,0%), *DGAT1* AA и *DGAT1* AK (по 46,7% каждого).

**Таблица 4 – Полиморфизм гена рецептора диацилглицерол-О-ацилтрансферазы у крупного рогатого скота в зависимости от линейной принадлежности**

Линия	n	Частота генотипа						Частота аллеля		$\chi^2$
		AA		AK		KK		A	K	
		n	%	n	%	n	%			
Быки-производители голштинизированной чёрно-пёстрой породы										
В. Айдиал	45	21	46,7	21	46,7	3	6,6	0,70	0,30	0,56
Р. Соверинг	4	4	100,0	-	-	-	-	1,0	0	0
М. Чифтейн	5	1	20,0	3	60,0	1	20,0	0,50	0,50	0,20
С.Т. Рокит	4	3	75,0	1	25,0	-	-	0,88	0,12	0,09
Первотёлки татарстанского типа										
В. Айдиал	52	27	51,9	23	44,2	2	3,9	0,74	0,26	1,49
Р. Соверинг	27	18	66,7	9	33,3	-	-	0,83	0,17	1,18

Частота встречаемости аллелей *DGAT1* A и *DGAT1* K в популяции по линиям голштинской породы (В. Айдиал, Р. Соверинг, С.Т. Рокит) находилась в пределах 0,70-1,0 и 0-0,30, соответственно. При этом в линии М. Чифтейна распространённость анализируемых аллелей была одинаковой (по 50,0% каждого).

В стаде коров татарстанского типа наибольшая встречаемость генотипов *DGAT1* AA линии Р. Соверинга (66,7%) и *DGAT1* AA линии Айдиала (51,9%).

Результаты исследований показали, что генное равновесие по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы в популяции быков-производителей

голштинизированной чёрно-пёстрой породы и коров татарстанского типа, в т.ч. с учётом линейной принадлежности к голштинской породе не нарушено.

Среди племенных быков чёрно-пёстрой породы и коров татарстанского типа выражено преимущество по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы аллеля *DGAT1 A* (0,72-0,77) над аллелем *DGAT1 K* (0,23-0,28), схожая тенденция была почти по всем генеалогическим линиям голштинского скота. При этом в группе быков линии М. Чифтейна частота встречаемости аллелей по гену *DGAT1* была равной. У особей, принадлежащих к линиям В. Айдиала, Р. Соверинга, С.Т. Рокита встречаемость доминантных аллелей составила 0,70-1,0.

### 2.2.1.3 Аллельный полиморфизм гена лептина у крупного рогатого скота разных пород и линейной принадлежности к голштинской породе

Результаты известного способа проведения АС-ПЦР для генотипирования крупного рогатого скота по аллелям *C* и *T* гена лептина крупного рогатого скота с праймерами LEP-F1+LEP-R1 и LEP-F2+LEP-R2 [61, 107] представлены на рисунок 4.

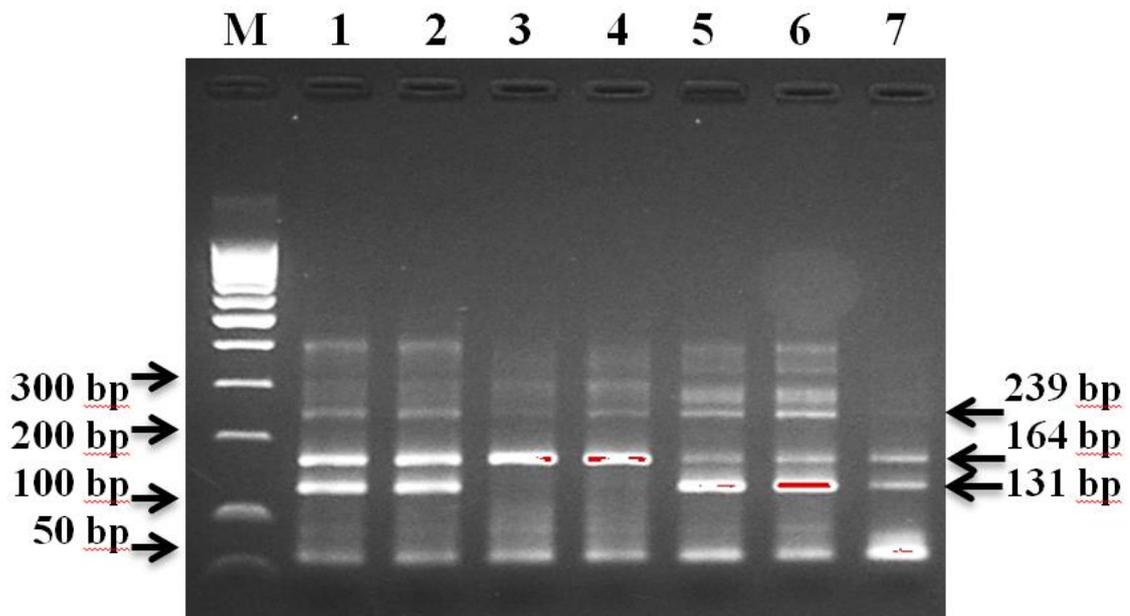


Рисунок 4 – Электрофореграмма результата АС-ПЦР-идентификации аллелей *C* и *T* гена лептина крупного рогатого скота (две пары праймеров LEP-F1+LEP-R1 и LEP-F2+LEP-R2)

**Обозначения:** М) ДНК-маркеры 100 bp + 50 bp +1,5 kb (СибЭнзим); 1, 2, 7) АС-ПЦР-профиль генотипа *CT* (239/164/131); 3, 4) АС-ПЦР-профиль генотипа *CC* (239/164 bp); 5, 6) АС-ПЦР-профиль генотипа *TT* (239/131 bp).

Две пары праймеры *LEP-F1+LEP-R1* и *LEP-F2+LEP-R2* иницируют амплификацию участков *LEP*-гена крупного рогатого скота длиной 239 и 164 bp (аллель *C*), 239 и 131 bp (аллель *T*), соответственно генотипы *CC* = 239/164 bp, *TT* = 239/131 и *CT* = 239/164/131 bp.

У быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы [39] и коров-первотёлок татарстанского типа была определена встречаемость аллелей и генотипов гена лептина (таблица 5).

**Таблица 5 – Полиморфизм гена лептина у крупного рогатого скота**

Показатель	n	Частота генотипа						Частота аллеля		$\chi^2$
		<i>CC</i>		<i>CT</i>		<i>TT</i>		<i>C</i>	<i>T</i>	
		n	%	n	%	n	%			
<b>Быки-производители голштинизированной чёрно-пёстрой породы</b>										
<i>O</i>	58	20	34,5	31	53,4	7	12,1	0,61	0,39	0,81
<i>E</i>		21	36,2	28	48,3	9	15,5			
<b>Первотёлки татарстанского типа</b>										
<i>O</i>	79	24	30,4	45	57,0	10	12,6	0,59	0,41	2,55
<i>E</i>		28	35,4	38	48,1	13	16,5			

*O* – фактически наблюдаемый показатель, *E* – теоретически ожидаемый показатель

Исследование племенных быков помесной чёрно-пёстрой породы и коров татарстанского типа показало, что в выборке 53,4-57,0% животных несли гетерозиготный генотип *LEP CT*, тогда как гомозиготные генотипы *LEP CC* и *LEP TT* составили 30,4-34,5% и 12,1-12,6%, соответственно. Частота аллелей *LEP C* и *LEP T* по стаду составила 0,59-0,61 и 0,39-0,41, соответственно.

Дополнительные исследования распространения аллелей и генотипов гена лептина у быков голштинизированной чёрно-пёстрой породы [39] и коров

татарстанского типа в зависимости от линейной принадлежности к голштинской породе позволили определить, что наибольшая встречаемость генотипов *LEP CT* линии В. Айдиала (57,8%), *LEP CC* и *LEP CT* (по 50,0% каждого) линий Р. Соверинга и С.Т. Рокита, *LEP CC* и *LEP TT* (по 40,0% каждого) линии М. Чифтейна. Частота встречаемости аллелей *LEP C* и *LEP T* в стаде по линиям голштинской породы (В. Айдиал, Р. Соверинг, С.Т. Рокит) была в пределах 0,60-0,75 и 0,25-0,40, соответственно. Тогда как по линии М. Чифтейна распространённость изучаемых аллелей была равной (по 50,0% каждого) (таблица 6).

**Таблица 6 – Полиморфизм гена лептина у крупного рогатого скота в зависимости от линейной принадлежности**

Линия	n	Частота генотипа						Частота аллеля		$\chi^2$
		<i>CC</i>		<i>CT</i>		<i>TT</i>		<i>C</i>	<i>T</i>	
		n	%	n	%	n	%			
Быки-производители голштинизированной чёрно-пёстрой породы										
В. Айдиал	45	14	31,1	26	57,8	5	11,1	0,60	0,40	1,87
Р. Соверинг	4	2	50,0	2	50,0	-	-	0,75	0,25	0,44
М. Чифтейн	5	2	40,0	1	20,0	2	40,0	0,50	0,50	1,80
С.Т. Рокит	4	2	50,0	2	50,0	-	-	0,75	0,25	0,44
Первотёлки татарстанского типа										
В. Айдиал	52	16	30,8	30	57,7	6	11,5	0,60	0,40	1,97
Р. Соверинг	27	8	29,6	15	55,6	4	14,8	0,57	0,43	0,62

В стаде коров татарстанского типа наибольшая встречаемость генотипов *LEP CT* линии В. Айдиала (57,7%) и линии Р. Соверинга (55,7%).

Результаты исследований показали, что генное равновесие по гену лептина в популяции быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы

и коров татарстанского типа, в т.ч. с учётом линейной принадлежности к голштинской породе не нарушено.

Среди племенных быков чёрно-пёстрой породы и коров татарстанского типа выражено преимущество по гену лептина аллеля *LEP C* (0,59-0,61) над аллелем *LEP T* (0,39-0,41), схожая тенденция была почти по всем генеалогическим линиям голштинского скота. При этом в группе быков линии М. Чифтейна частота встречаемости аллелей по гену *LEP* была равной. У особей, принадлежащих к линиям В. Айдиала, Р. Соверинга, С.Т. Рокита встречаемость доминантных аллелей составила 0,57-0,75.

#### **2.2.1.4 Изучение аллельного полиморфизма у крупного рогатого скота с разными комплексными генотипами генов липидного обмена**

В исследуемой группе быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породе выявлено 18 комплексных генотипов *OLR*, *DGAT1*, *LEP*, из них 9 комплексных генотипов имели частоту 5,2% и более (таблица 7).

Наиболее часто встречались быки с комплексными генотипами генов липидного обмена: *ССААСС* (15,5%), *ССААСТ*, *ССАКСТ* (12,0%), *АСААСТ* (8,6%), *АСАКСС*, *АСАКСТ* (6,9%), *АААКСТ*, *АСААСС*, *ССАКСС* (5,2%). Небольшие выборки быков с комплексными генотипами генов липидного обмена: *ААААСТ*, *ССААТТ*, *ССАКТТ*, *ССККСТ* (3,5%) и *ААААСС*, *АААКТТ*, *АСАКТТ*, *АСККСТ*, *АСККТТ* (1,7%).

В исследуемой группе первотёлок татарстанского типа выявлено меньше комплексных генотипов *OLR*, *DGAT1*, *LEP*, чем у быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы, а именно – 12, из них 9 комплексных генотипов имели частоту 5 % и более (таблица 8).

Наиболее часто встречались комплексные генотипы генов липидного обмена: *АСАКСТ*, *ССААСТ* (15,2%), *АСААСТ* (12,6%), *ССААСС* (11,4%), *АСАКСС* (10,1%), *ССААТТ* (8,9%), *ССАКСТ* (7,6%), *АСААСС* (5,1%).

**Таблица 7 – Встречаемость аллелей и генотипов у быков-производителей с разными комплексными генотипами *OLRI, DGAT1, LEP***

Генотип быков-производителей по генам липидного обмена		Частота комплексного генотипа	
		n = 58	100%
1	<i>AAAACC</i>	1	1,7
2	<i>AAAACT</i>	2	3,5
3	<i>AAAKCT</i>	3	5,2
4	<i>AAAKTT</i>	1	1,7
5	<i>ACAACC</i>	3	5,2
6	<i>ACAACT</i>	5	8,6
7	<i>ACAACC</i>	4	6,9
8	<i>ACAACKT</i>	4	6,9
9	<i>ACAATT</i>	1	1,7
10	<i>ACKKCT</i>	1	1,7
11	<i>ACKKTT</i>	1	1,7
12	<i>CCAACC</i>	9	15,5
13	<i>CCAACT</i>	7	12,0
14	<i>CCAATT</i>	2	3,5
15	<i>CCAACC</i>	3	5,2
16	<i>CCAACKT</i>	7	12,0
17	<i>CCAATT</i>	2	3,5
18	<i>CKKCT</i>	2	3,5

**Таблица 8 – Встречаемость аллелей и генотипов у коров татарстанского типа с разными комплексными генотипами *OLRI, DGAT1, LEP***

Генотип коров по генам липидного обмена		Частота комплексного генотипа	
		n = 79	100%
1	<i>AAAACT</i>	3	3,8
2	<i>ACAACC</i>	4	5,1
3	<i>ACAACT</i>	10	12,6
4	<i>ACAACC</i>	8	10,1
5	<i>ACAACKT</i>	12	15,2
6	<i>ACAATT</i>	3	3,8
7	<i>CCAACC</i>	9	11,4
8	<i>CCAACT</i>	12	15,2
9	<i>CCAATT</i>	7	8,9
10	<i>CCAACC</i>	3	3,8
11	<i>CCAACKT</i>	6	7,6
12	<i>CKKCT</i>	2	2,5

Частота встречаемости других комплексных генотипов была незначительная. Так, частота встречаемости генотипов *AAAАСТ*, *АСАКТТ*, *ССАКСС*, *ССККСТ* составила 2,5-3,8%.

Таким образом, исследования показали, что в двух стадах разных пород наибольшей частой встречаемости комплексных генотипов генов липидного обмена (*OLR1*, *DGAT1*, *LEP*) отличались три комплексных генотипа *ССААСС*, *ССААСТ*, *ССАКСТ* (быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы) и три комплексных генотипа *АСААСТ*, *АСАКСТ*, *ССААСТ* (первотёлки татарстанского типа), их величины были в пределах 12,0-15,5% и 12,6-15,2%, соответственно.

### **2.2.2 Характеристика племенных быков с разными генотипами генов рецептора липопротеина низкой плотности, диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, лептина по происхождению**

АО «ГПП «Элита» головное племенное предприятие реализует семя быков разных пород, в т.ч. голштинской породы лучшей мировой селекции. Быки рождены в США, Канаде, Германии, Нидерландах. Все быки протестированы на носительство генных аномалий, гаплотипов, на лёгкость отёла дочерей.

#### **2.2.2.1 Характеристика племенных быков с разными генотипами гена рецептора липопротеина низкой плотности по происхождению**

Характеристика быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы с разными генотипами *OLR1*-гена по происхождению представлена в таблице 9.

Анализ таблицы показывает, что наибольшие показатели по удою и массовой доле жира в молоке имели матери быков с *AA* генотипом *OLR1*-гена по удою 9514 кг и с *AC* генотипом *OLR1*-гена 3,91%, которые были выше, чем у матерей быков с другими генотипами на 353 кг и 1337 кг ( $P < 0,01$ ), на 0,06-0,08%, соответственно.

**Таблица 9 – Характеристика быков-производителей с разными генотипами *OLRI*-гена по молочной продуктивности женских предков**

Показатель		Генотип быков по локусу <i>OLR</i> -гена		
		<i>AA</i>	<i>AC</i>	<i>CC</i>
Число быков		7	19	32
Матери	удой, кг	9514±420,4	9161±361,8	8177±287,9**
	жир, %	3,83±0,06	3,91±0,05	3,85±0,03
ММ	удой, кг	7871±494,7	7802±544,5	6691±314,7*
	жир, %	3,97±0,23	3,87±0,05	3,81±0,05
МО	удой, кг	9385±568,4*	11915±820,9	9969±404,9*
	жир, %	3,96±0,08	4,11±0,11	3,95±0,04
Родословный индекс быка (РИБ)	удой, кг	9071±378,2	9510±441,9	8254±237,9*
	жир, %	3,90±0,08	3,95±0,04	3,87±0,02

\* -  $P < 0,05$ , \*\* -  $P < 0,01$  (разность между наибольшим и данным показателем)

Более высокий удой и массовая доля жира в молоке были характерны для матерей матерей (ММ) быков с *AA* и *AC* генотипами (7871 кг, 3,97% и 7802 кг, 3,87%). При этом превосходство матерями матерей быков с *AA* и *AC* генотипами *OLRI*-гена над аналогами с *CC* генотипом по удою составило 1180 кг ( $P < 0,05$ ) и 1111 кг, а по жирномолочности на 0,06-0,16%, соответственно.

Более высокими удоями и массовой долей жира в молоке характеризовались матери отцов (МО) быков с генотипом *AC* (11915 кг и 4,11%), что выше, чем у сверстниц с другими генотипами *OLRI*-гена на 1946-2530 кг ( $P < 0,05$ ) и 0,15-0,16%, соответственно.

Оценка быков по происхождению показала, что наибольшие данные по удою и массовой доле жира в молоке были у женских предков быков с *AA* и *AC* генотипами гена рецептора липопротеина низкой плотности. Так, родительский индекс быков с *AA* и *AC* генотипами *OLRI*-гена составил по молочности и массовой доле жира – 9071 кг, 3,90% и 9510 кг, 3,95%, что несколько выше, чем у быков с *CC* генотипом на 817 кг и 1256 кг ( $P < 0,05$ ) молока, 0,03-0,08% жира, соответственно.

Наряду с этим представлена характеристика быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы с разными генотипами *OLRI*-гена по происхождению с учётом их линейной принадлежности (таблица 10) [37].

**Таблица 10 – Влияние полиморфных вариантов *OLR*-гена на оценку по происхождению быков-производителей разной линейной принадлежности**

Линия	Генотип	n	Матери		ММ		МО		РИБ	
			удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %
В. Айдиал	AA	7	9514 ±420,4	3,83 ±0,06	7871 ±494,7	3,97 ±0,23	9385 ±568,4	3,96 ±0,08	9071 ±378,2	3,90 ±0,08
	AC	13	9004 ±495,9	3,89 ±0,06	7678 ±650,1	3,89 ±0,07	12128* ±1083,9	4,14** ±0,13	9454 ±607,4	3,95* ±0,04
	CC	25	7780*** ±272,4	3,86 ±0,04	6375* ±296,5	3,82 ±0,06	9890 ±463,1	3,95 ±0,05	7956 ±234,4	3,87 ±0,03
Р. Соверинг	CC	3	8441 ±1239,8	3,93 ±0,11	7122 ±1117,8	3,85 ±0,09	9169 ±154,3	4,00 ±0,20	8293 ±889,1	3,93 ±0,07
М. Чифтейн	AC	3	9730 ±334,3	3,88 ±0,05	9824 ±871,9	3,90 ±0,03	11136 ±1712,0	3,63 ±0,07	10105*** ±465,4	3,82 ±0,02

\* -  $P < 0,05$ , \*\* -  $P < 0,01$ , \*\*\* -  $P < 0,001$

Анализ таблицы показывает, что наибольшие показатели по удою и массовой доле жира в молоке имели матери быков с *OLRI/AA* генотипом линии В. Айдиала (9514 кг) и с *OLRI/AC* генотипом линии М. Чифтейна (9730 кг) *OLRI*-гена по удою, а по массовой доле жира в молоке с *OLRI/CC* генотипом линии Р. Соверинга (3,93%), показатели которых были выше, чем у матерей быков с другими генотипами на 1073-1950 кг, на 0,04-0,10%, соответственно. При этом по удою над группой с *OLRI/CC* генотипом линии В. Айдиала превосходство было достоверным ( $P < 0,001$ ) и составило 1734-1950 кг.

Более высокий удою и массовая доля жира в молоке были характерны для матерей матерей (ММ) быков с *OLRI/AC* генотипом линии М. Чифтейна (9824 кг) и с *OLRI/AA* генотипом линии В. Айдиала (3,97%). При этом превосходство над матерями матерей быков с другими генотипами и линейной принадлежности составила 1953-3449 кг и 0,07-0,15%, соответственно. Следует отметить, что по удою разница между животными с *OLRI/CC* генотипом линии В. Айдиала и *OLRI/AC* генотипом линии М. Чифтейна была достоверной ( $P < 0,05$ ) и составила 3449 кг.

Более высокими удоями и массовой долей жира в молоке характеризовались матери отцов (МО) быков с генотипом *OLRI/AC* линии В. Айдиала (12128 кг и

4,14%), что выше, чему у сверстниц с другими генотипами *OLRI*-гена и линейной принадлежности на 992-2959 кг и 0,14-0,51%, соответственно. Следует отметить, что по удою и массовой долей жира в молоке разница между животными с *OLRI/CC* генотипом линии Р. Соверинга и *OLRI/AC* генотипом линии М. Чифтейна была достоверной и составила 2959 кг ( $P<0,05$ ) и 0,51% ( $P<0,01$ ), соответственно.

Оценка быков по происхождению показала, что наибольшие данные по удою и массовой доле жира в молоке были у женских предков быков с *OLRI/AC* генотипами гена рецептора липопротеина низкой плотности линий М. Чифтейна и В. Айдиала. Так, родительский индекс быков с *OLRI/AC* генотипами *OLRI*-гена линий М. Чифтейна и В. Айдиала составил по молочности и массовой доле жира – 10105 кг и 3,95%, что несколько выше, чем у быков с другими генотипами и линейной принадлежности на 651-2149 кг молока, 0,02-0,13% жира, соответственно. Следует отметить, что по удою и массовой долей жира в молоке разница между животными с генотипом *OLRI/AC* линии В. Айдиала и с генотипом *OLRI/AC* линии М. Чифтейна была достоверной и составила 2149 кг ( $P<0,001$ ) и 0,13% ( $P<0,05$ ), соответственно.

#### **2.2.2.2 Характеристика племенных быков с разными генотипами гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы по происхождению**

Характеристика быков-производителей голштиinizированной чёрно-пёстрой породы с разными генотипами *DGAT1*-гена по происхождению представлена в таблице 11 [36].

Анализ таблицы показывает, что наибольшие показатели по удою имели матери (М) быков с *AA* генотипами по *DGAT1*-гену (8940 кг), которые были выше, чем у матерей быков с другими генотипами *DGAT1*-гена на 232-605 кг. При этом, по массовой доле жира в молоке незначительно отличались матери быков с *AA* генотипом по *DGAT1*-гену (3,88%), что выше, чем у матерей быков с *AK* и *KK* генотипами *DGAT1*-гена на 0,02%.

**Таблица 11 – Характеристика быков-производителей с разными генотипами *DGAT1*-гена по молочной продуктивности женских предков**

Показатель		Генотип быков по локусу <i>DGAT1</i> -гена		
		<i>AA</i>	<i>AK</i>	<i>KK</i>
Число быков		29	25	4
Матери	удой, кг	8940±314,2	8335±305,1	8708±911,2
	жир, %	3,88±0,04	3,86±0,04	3,86±0,03
ММ	удой, кг	6884±361,9	7309±404,9	8929±906,3*
	жир, %	3,86±0,06	3,86±0,06	3,80±0,08
МО	удой, кг	10643±607,6	10292±492,3	11369±1073,5
	жир, %	4,04±0,07	3,96±0,04	4,04±0,30
Родословный индекс быка (РИБ)	удой, кг	8852±331,1	8225±451,5	9429±694,0
	жир, %	3,91±0,03	3,73±0,16	3,89±0,06

\* -  $P < 0,05$  (разность между наименьшим и данным показателем)

Более высокий удой был у матерей матерей (ММ) быков с *KK* генотипами по *DGAT1*-гену (8929 кг), тогда как по массовой доле жира в молоке выделялись матери матерей быков с *AA* и *AK* генотипами по *DGAT1*-гену (3,86%). Причём, превосходство по этим показателям над животными с другими генотипами по *DGAT1*-гену составило 1620-2045 кг и 0,06%.

Более высокой молочностью обладали матери отцов (МО) быков с *KK* генотипами по *DGAT1*-гену (11369 кг), а более высокой массовой долей жира в молоке отличались аналоги с *AA* и *KK* генотипами по *DGAT1*-гену (4,04%). При этом, превосходство по этим показателям над особями с другими генотипами по *DGAT1*-гену составило 726-1077 кг и 0,08%.

Оценка быков по происхождению показала, что наибольшие данные по удою и массовой доле жира в молоке были у женских предков быков с *KK* и *AA* генотипами гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, соответственно. Так, родительский индекс быков с *KK* генотипом *DGAT1*-гена обладал молочностью – 9429 кг, а у быков с *AA* генотипом *DGAT1*-гена показатель по жирности молока

(3,91%), что несколько выше, чем у быков с другими генотипами на 577-1204 кг и 0,02-0,18% соответственно.

Наряду с этим представлена характеристика быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы с разными генотипами *DGAT1*-гена по происхождению с учётом их линейной принадлежности (таблица 12) [37].

Анализ таблицы показывает, что наибольшие показатели по удою и массовой доле жира в молоке имели матери быков с *DGAT1/AK* генотипом линии М. Чифтейна (9760 кг), *DGAT1/AA* генотипом линии С.Т. Рокита (9994 кг) и с *DGAT1/AA* генотипом линии Р. Соверинга *DGAT1*-гена (4,02%), показатели которых были выше, чем у матерей быков с другими генотипами и линейной принадлежности на 766-1928 кг, на 0,15-0,28%, соответственно. Следует отметить, что по удою разница между животными с *DGAT1/AK* генотипом линии М. Чифтейна и *DGAT1/AA*, *DGAT1/AK* генотипами линии В. Айдиала была достоверной ( $P < 0,05$  и  $0,001$ ) и составила 1032-1694 кг.

**Таблица 12 – Влияние полиморфных вариантов *DGAT1*-гена на оценку по происхождению быков-производителей разной линейной принадлежности**

Линия	Генотип	n	Матери		ММ		МО		РИБ	
			удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %
В. Айдиал	AA	21	8728* ±353,8	3,87 ±0,04	6660** ±431,8	3,89 ±0,08	10827 ±782,8	4,01 ±0,08	8736* ±419,0	3,91 ±0,03
	AK	21	8066*** ±334,1	3,85 ±0,04	7187* ±392,7	3,86 ±0,08	10122 ±524,5	3,97 ±0,05	8360** ±311,7	3,88 ±0,04
	KK	3	8589 ±1277,6	3,85 ±0,04	8105 ±533,3	3,74 ±0,08	10306 ±205,8	4,22 ±0,33	8897 ±631,4	3,91 ±0,08
Р. Соверинг	AA	4	8994 ±1036,5	4,02 ±0,11	7233 ±798,1	3,79 ±0,09	10867 ±1701,8	4,25 ±0,29	9022 ±962,4	4,02 ±0,10
М. Чифтейн	AK	3	9760 ±175,1	3,81 ±0,04	9382 ±849,1	3,86 ±0,02	11839 ±1821,8	3,81 ±0,07	10185 ±376,7	3,83 ±0,04
С.Т. Рокит	AA	3	9994 ±1242,6	3,74 ±0,08	7050 ±1350,8	3,72 ±0,18	9464 ±425,0	4,13 ±0,13	9126 ±670,7	3,83 ±0,09

\* -  $P < 0,05$ , \*\* -  $P < 0,01$ , \*\*\* -  $P < 0,001$

Более высокий удой и массовая доля жира в молоке были характерны для матерей матерей (ММ) быков с *DGAT1/AK* генотипом линии М. Чифтейна (9382 кг) и с *DGAT1/AA* генотипом линии В. Айдиала (3,89%). При этом превосходство

над матерями матерей быков с другими генотипами *DGAT1*-гена и линейной принадлежности составила 1277-2722 кг и 0,03-0,17%, соответственно. Следует отметить, что по удою разница между животными с *DGAT1/AK* генотипом линии М. Чифтейна и *DGAT1/AA*, *DGAT1/AK* генотипами линии В. Айдиала была достоверной ( $P < 0,01$  и  $0,05$ ) и составила 2195-2722 кг.

Более высокими удоями и массовой долей жира в молоке характеризовались матери отцов (МО) быков с генотипом *DGAT1/AK* линии М. Чифтейна (11839 кг) и с *DGAT1/AA* генотипом линии Р. Соверинга (4,25%), что выше, чему у сверстниц с другими генотипами *DGAT1*-гена и линейной принадлежности на 972-2375 кг и 0,03-0,44%, соответственно.

Оценка быков по происхождению показала, что наибольшие данные по удою и массовой доле жира в молоке были у женских предков быков с *DGAT1/AK* и *DGAT1/AA* генотипами гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы линии М. Чифтейна и Р. Соверинга. Так, родительский индекс быков с *DGAT1/AK* и *DGAT1/AA* генотипами гена *DGAT1*-гена линии М. Чифтейна и Р. Соверинга составил по молочности и массовой доле жира – 10185 кг и 4,02%, что несколько выше, чем у быков с другими генотипами и линейной принадлежности на 1059-1825 кг молока, 0,11-0,19% жира, соответственно. Следует отметить, что по удою разница между животными с *DGAT1/AK* генотипом линии М. Чифтейна и *DGAT1/AA*, *DGAT1/AK* генотипами линии В. Айдиала была достоверной ( $P < 0,05$  и  $0,01$ ) и составила 1032-1694 кг.

### **2.2.2.3 Характеристика племенных быков с разными генотипами гена лептина по происхождению**

Анализ родословной помесных быков чёрно-пёстрой породы с разными генотипами *LEP*-гена представлен в таблице 13 [36].

Исследования показывают, что наибольшие показатели по удою имели матери (М) быков с *TT* генотипами по *LEP*-гену (9110 кг), которые были выше, чем у матерей быков с другими генотипами *LEP*-гена на 128-551 кг. При этом, по

массовой доле жира в молоке выгодно отличались матери быков с *СТ* генотипами по *LEP*-гену (3,89%), что выше, чем у матерей быков с другими генотипами *LEP*-гена на 0,03-0,08%.

**Таблица 13 – Оценка быков с разными генотипами *LEP*-гена по родословной**

Показатель		Генотип быков по локусу <i>LEP</i> -гена		
		<i>СС</i>	<i>СТ</i>	<i>ТТ</i>
Число быков		20	31	7
Матери	удой, кг	8687±433,3	8559±279,0	9110±435,7
	жир, %	3,86±0,05	3,89±0,03	3,81±0,04
ММ	удой, кг	6994±419,6	7212±381,9	7755±740,2
	жир, %	3,86±0,06	3,88±0,06	3,70±0,11
МО	удой, кг	9767±478,2	11017±586,5	10574±917,7
	жир, %	4,05±0,11	3,97±0,04	4,05±0,14
Родословный индекс быка (РИБ)	удой, кг	8534±337,6	8837±315,2	9137±516,5
	жир, %	3,91±0,04	3,91±0,03	3,84±0,05

Более высокий удой был у матерей матерей (ММ) быков с *ТТ* генотипами по *LEP*-гену (7755 кг), тогда как по массовой доле жира в молоке выделялись матери матерей быков с *СТ* генотипами по *LEP*-гену (3,88%), что выше, чем в других групп на 543-761 кг и 0,02-0,18%.

Более высокой молочностью обладали матери отцов (МО) быков с *СТ* генотипами по *LEP*-гену (11017 кг), что выше, чем у аналогов с другими генотипами на 443-1250 кг. Однако по массовой доле жира в молоке животные с разными гомозиготными генотипами *LEP*-гена не отличались, у всех животных этот показатель составил 4,05%, что выше, чем у аналогов с *СТ* генотипами на 0,08%.

Оценка быков по происхождению показала, что наибольшие данные по удою и массовой доле жира в молоке были у женских предков быков с *ТТ* и *СС*, *СТ* генотипами гена лептина, соответственно. Так, родительский индекс быков с *ТТ* генотипом *LEP*-гена обладал молочностью – 9137 кг, а у быков с *СС* и *СТ*

генотипом *LEP*-гена показатель по жирности молока (3,91%), что выше, чем у предков быков с другими генотипами на 300-603 кг и 0,07% соответственно.

Наряду с этим представлена характеристика быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы с разными генотипами *LEP*-гена по происхождению с учётом их линейной принадлежности (таблица 14) [37].

**Таблица 14 – Влияние полиморфных вариантов *LEP*-гена на оценку по происхождению быков-производителей разной линейной принадлежности**

Линия	Генотип	n	Матери		ММ		МО		РИБ	
			удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %
В. Айдиал	<i>СС</i>	14	7977 ±483,2	3,85 ±0,06	6578 ±481,2	3,91 ±0,08	9489* 489,3	4,06 ±0,13	8005 ±375,1	3,92 ±0,05
	<i>СТ</i>	26	8541 ±307,4	3,88 ±0,04	7226 ±388,4	3,88 ±0,07	11132 ±673,7	3,96 ±0,04	8860 ±352,8	3,90 ±0,03
	<i>ТТ</i>	5	8920 ±605,8	3,80 ±0,06	6906 ±614,1	3,65 ±0,15	9586 ±595,8	4,12 ±0,19	8583 ±531,9	3,84 ±0,07

\* -  $P < 0,05$

Анализ таблицы показывает, что наибольшие показатели по удою и массовой доле жира в молоке имели матери быков с *LEP/ТТ* и *LEP/СТ* генотипами *LEP*-гена линии В. Айдиала 8920 кг и 3,88%, показатели которых были выше, чем у матерей быков с другими генотипами на 379-943 кг, на 0,03-0,08%, соответственно.

Более высокий удой и массовая доля жира в молоке были характерны для матерей матерей (ММ) быков с *LEP/СТ* и *LEP/СС* генотипами *LEP*-гена линии В. Айдиала 7226 кг и 3,91%, соответственно. При этом превосходство над матерями матерей быков с другими генотипами *LEP*-гена составила 320-648 кг и 0,03-0,26%, соответственно.

Более высокими удоями и массовой долей жира в молоке характеризовались матери отцов (МО) быков с *LEP/СТ* и *LEP/ТТ* генотипами *LEP*-гена линии В. Айдиала 11132 кг и 4,12%, что выше, чему у сверстниц с другими генотипами *LEP*-гена на 1546 кг, 1643 кг ( $P < 0,05$ ) и 0,06-0,16%, соответственно.

Оценка быков по происхождению показала, что наибольшие данные по удою и массовой доле жира в молоке были у женских предков быков с *LEP/CT* и *LEP/CC* генотипами гена лептина линии В. Айдиала. Так, родительский индекс быков с *LEP/CT* и *LEP/CC* генотипами *LEP*-гена составил по молочности и массовой доле жира – 8860 кг и 3,92%, что несколько выше, чем у быков с другими генотипами на 277-855 кг молока, 0,02-0,08% жира, соответственно.

#### 2.2.2.4 Характеристика племенных быков с разными комплексными генотипами генов липидного обмена по происхождению

Характеристика быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы с разными комплексными генотипами *OLR1*, *DGAT1*, *LEP* по происхождению представлена в таблице 15.

**Таблица 15 – Характеристика быков-производителей с разными комплексными генотипами *OLR1*, *DGAT1*, *LEP* по молочной продуктивности женских предков**

Комплексный генотип	n	Молочная продуктивность женских предков							
		Матери		ММ		МО		РИБ	
		удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %	удой, кг	жир, %
<i>АААКСТ</i>	3	9354 ±1052,7	3,68 ±0,06	8969 ±490,1	3,50** ±0,11	9740 ±834,7	4,06 ±0,19	9354 ±854,4	3,73 ±0,10
<i>АСААСС</i>	3	10444 ±213,4	3,97 ±0,16	8403 ±649,2	3,75* ±0,08	12753 ±1888,3	4,67 ±0,49	10511 ±411,1	4,09 ±0,12
<i>АСААСТ</i>	5	9674 ±844,8	3,90 ±0,11	7888 ±1262,1	3,86 ±0,07	15017 ±2255,9	4,03 ±0,12	10564 ±1225,6	3,92 ±0,06
<i>АСАКСС</i>	4	7826 ±1032,5	3,94 ±0,16	6911 ±944,3	4,16 ±0,11	9358* ±551,2	3,87 ±0,07	7980* ±813,2	3,98 ±0,10
<i>АСАКСТ</i>	4	9056** ±218,0	3,90 ±0,05	7499 ±1707,2	3,75* ±0,06	10040 ±385,3	4,05 ±0,13	8913 ±521,9	3,90 ±0,04
<i>ССААСС</i>	9	8991* ±587,2	3,82 ±0,05	6620* ±733,2	3,81* ±0,08	9458* ±410,7	4,00 ±0,11	8515** ±403,4	3,86 ±0,04
<i>ССААСТ</i>	7	7682** ±636,9	3,93 ±0,11	6256** ±600,1	3,84* ±0,04	9382* ±298,9	3,92 ±0,08	7750** ±481,9	3,91 ±0,06
<i>ССАКСС</i>	3	6142*** ±169,0	3,67 ±0,02	6676* ±634,5	3,64 ±0,19	9075 ±951,0	3,82 ±0,02	7009** ±480,9	3,70 ±0,04
<i>ССАКСТ</i>	7	7878*** ±398,7	3,92 ±0,04	6206** ±362,7	3,96 ±0,14	10894 ±1424,4	3,99 ±0,09	8214** ±537,4	3,95* ±0,05

Разница между с данным показателем и наибольшим, при \* -  $P < 0,05$

Анализ таблицы показывает, что наибольший удой и массовую долю жира в молоке имели матери быков с комплексным генотипом *АСААСС* по генам *OLRI*, *DGATI*, *LEP* – 10444 кг и 3,97, это выше по сравнению с матерями быков других генотипов на 770-4302 кг и 0,03-0,30%, соответственно. Причём достоверное ( $P < 0,05-0,001$ ) превосходство по молочности в пользу особей с комплексным генотипом *АСААСС* было над сверстницами генотипов *АСАКСТ*, *ССААСС*, *ССААСТ*, *ССАКСС*, *ССАКСТ*, что по итогу составило 1388-4302 кг молока. Также следует отметить, что самые низкие показатели удоя и жирномолочности имели животные с комплексным генотипом *ССАКСС* (6142 кг и 3,67%).

Наибольшие показатели по удою и массовой доле жире в молоке имели матери матерей (ММ) с комплексными генотипами *АААКСТ* и *АСАКСС* (8969 кг и 4,16%), что выше, чем у аналогов с другими комплексными генотипами на 566-2763 кг и 0,20-0,66%, соответственно. При этом достоверное ( $P < 0,05-0,01$ ) различие в сторону комплексного генотипа *АААКСТ* было по удою (2293-2763 кг молока) над сверстницами с генотипами *ССААСС*, *ССААСТ*, *ССАКСС*, *ССАКСТ*. Схожее достоверное ( $P < 0,05-0,01$ ) превосходство по жирномолочности животных с комплексным генотипом *АСАКСС* над сверстницами с генотипами *АААКСТ*, *АСААСС*, *АСАКСТ*, *ССААСС*, *ССААСТ*, что по расчётам составило 0,32-0,66% жира в молоке. Следует обозначить, что наименьшая величина удоя и массовой доли жира в молоке имела у особей с комплексными генотипами *ССААСТ*, *ССАКСТ* (6206-6256 кг молока) и *АААКСТ* (3,50%), соответственно.

Наибольшие показатели по удою и массовой доле жире в молоке имели матери отцов (МО) с комплексными генотипами *АСААСТ* и *АСААСС* (15017 кг и 4,67%), что выше, чем у аналогов с другими комплексными генотипами на 2264-5942 кг и 0,61-0,85%, соответственно. Причём достоверное ( $P < 0,05$ ) превосходство по молочности в пользу особей с комплексным генотипом *АСААСТ* было над сверстницами генотипов *АСАКСС*, *ССААСС*, *ССААСТ*, что по итогу составило 5559-5659 кг молока. Также следует отметить, что самые низкие по 2 показателям, как удой и жирномолочность имели животные с комплексным генотипом *ССАКСС* (9075 кг и 3,82%).

Оценка по происхождению быков с разными комплексными генотипами генов липидного обмена по родительскому индексу (РИБ) показала, что родительский индекс быков с комплексными генотипами *АСААСС*, *АСААСТ* (10511-10564 кг) и *АСААСС* (4,09%) был выше по удою и массовой доле жира в молоке по сравнению с аналогами других комплексных генотипов на 1157-3555 кг и 0,11-0,39%, соответственно. При этом достоверное ( $P < 0,05-0,01$ ) различие в сторону комплексного генотипа *АСААСС* было по удою (1996-3502 кг молока) над сверстницами с генотипами *АСАКСС*, *ССААСС*, *ССААСТ*, *ССАКСС*, *ССАКСТ*. По жирномолочности женские предки быков с комплексным генотипом *АСААСС* достоверно ( $P < 0,05$ ) превосходили аналогов только с генотипом *ССАКСТ*, разница при этом составила 0,14% жира в молоке. Оптимальные показатель РИБ, то есть достаточно высокие величины удоя и массовой доли жира в молоке имели женские предки быков с комплексным генотипом *АСААСС* (10511 кг и 4,09%). Наименьшую оценку РИБ и соответственно наименьшие показатели молочной продуктивности имели женские предки быков с комплексным генотипом *ССАКСС* (7009 кг и 3,70%).

### **2.2.3 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами генов рецептора липопротеина низкой плотности, диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, лептина**

#### **2.2.3.1 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами гена рецептора липопротеина низкой плотности**

Нами проведена оценка молочной продуктивности (удой за лактацию, массовая доля и количество жира в молоке, массовая доля и количество белка в молоке) первотёлок холмогорской породы татарстанского типа с разными генотипами *OLR1*-гена (таблица 16) [35].

**Таблица 16 – Молочная продуктивность коров с разными генотипами *OLRI*-гена**

Показатель	Генотип		
	<i>OLRI/AA</i>	<i>OLRI/AC</i>	<i>OLRI/CC</i>
n	3	37	39
удой, кг	6889±830,1	7463±117,5	6999±186,2*
жир, %	3,64±0,02**	3,70±0,01	3,68±0,01
молочный жир, кг	250,8±29,81	276,1±3,86	257,6±6,63*
белок, %	3,18±0,01	3,23±0,01***	3,22±0,01**
молочный белок, кг	219,1±25,35	241,1±3,41	225,4±5,76*

\* -  $P < 0,05$ , \*\* -  $P < 0,01$ , \*\*\* -  $P < 0,001$

Данные таблицы показывают, что в среднем удой коров за 305 дн. лактации в группах животных с разными генотипами по *OLRI*-гену составил 6889 кг (генотип *OLRI/AA*), 7463 кг (генотип *OLRI/AC*) и 6999 кг (генотип *OLRI/CC*) молока. Первотёлки с генотипом *OLRI/AC* превосходили сверстниц с генотипами *OLRI/AA* и *OLRI/CC* на 574 кг и 464 кг ( $P < 0,05$ ) молока, соответственно.

Массовая доля жира в молоке была в пределах от 3,64% (генотип *OLRI/AA*) до 3,70% (генотип *OLRI/AC*). По массовой доле жира в молоке коровы с генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC* превосходили аналогов с генотипом *OLRI/AA* на 0,06% ( $P < 0,01$ ) и 0,04%, соответственно. Более высоким количеством жира в молоке за лактацию характеризовались животные с генотипом *OLRI/AC* (276,1 кг), что больше, чем у коров с генотипами *OLRI/AA* и *OLRI/CC* на 25,3 кг и 18,5 кг ( $P < 0,05$ ), соответственно.

Массовая доля белка в молоке была в пределах от 3,18% (генотип *OLRI/AA*) до 3,22-3,23% (генотипы *OLRI/AC* и *OLRI/CC*). Первотёлки, имеющие в своём геноме *OLRI/C* аллель, превосходили по массовой доле белка в молоке особей с генотипом *OLRI/AA* на 0,04-0,05% ( $P < 0,01-0,001$ ). Наибольшим количеством белка в молоке за лактацию было характерно для животных с генотипом *OLRI/AC*

(241,1 кг), это выше, чем у первотёлок с гомозиготными генотипами *OLRI/AA* и *OLRI/CC* на 22,0 кг и 15,7 кг ( $P<0,05$ ), соответственно.

У коров татарстанского типа по первой лактации наибольшие величины по всем показателям молочной продуктивности у коров с генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC* гена рецептора липопротеина низкой плотности в сравнении со сверстницами генотипа *OLRI/AA*.

Дополнительно к оценке ассоциации полиморфизма гена рецептора липопротеина низкой плотности с молочной продуктивностью первотёлок татарстанского типа была определена молочная продуктивность и качество молока у коров с разными генотипами по гену *OLRI* с учётом их линейной принадлежности к голштинской породе (таблица 17) [35].

**Таблица 17 – Молочная продуктивность коров с разными генотипами *OLRI*-гена и линейной принадлежности**

Линия	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Молочный жир, кг	Белок, %	Молочный белок, кг
В. Айдиал	<i>OLRI/AA</i>	3	6889 ±830,1	3,64* ±0,02	250,8 ±29,81	3,18 ±0,01	219,1 ±25,35
	<i>OLRI/AC</i>	27	7427 ±120,0	3,70 ±0,01	274,8 ±3,90	3,22 ±0,01	239,1 ±3,43
	<i>OLRI/CC</i>	22	6943 ±251,2	3,68 ±0,01	255,5 ±9,17	3,23** ±0,01	224,3 ±7,85
Р. Соверинг	<i>OLRI/AC</i>	10	7562 ±300,8	3,69 ±0,02	279,0 ±9,98	3,24* ±0,02	245,0 ±8,83
	<i>OLRI/CC</i>	17	7072 ±284,6	3,68 ±0,02	260,2 ±9,80	3,21 ±0,01	227,0 ±8,71

\* -  $P<0,05$ , \*\* -  $P<0,01$

Наибольшим удоем за 305 дн. лактации, характеризовались коровы с генотипом *OLRI/AC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их удой в среднем по группам составил 7427 кг и 7562 кг молока, соответственно. Животные генотипа *OLRI/AC* в сравнении с аналогами других генотипов *OLRI* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по удою на 484-538 кг и 490 кг

молока, соответственно. Наибольший удой среди всего поголовья имели коровы с генотипом *OLRI/AC* линии Р. Соверинга (7562 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 135-673 кг молока.

По массовой доле жира в молоке выгодно отличались также коровы с генотипом *OLRI/AC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их величина в среднем по группам составила 3,70% и 3,69, соответственно. Животные генотипа *OLRI/AC* в сравнении со сверстницами других генотипов *OLRI* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по массовой доле жира в молоке на 0,06% ( $P < 0,05$ ), 0,02% и 0,01%, соответственно. Наибольшую массовую долю жира в молоке среди всего поголовья имели коровы с генотипом *OLRI/AC* линии В. Айдиала (3,70%), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 0,01-0,06%.

Наибольшее количество молочного жира за лактацию по линиям В. Айдиала и Р. Соверинга имели животные с генотипом *OLRI/AC*, которое составило 274,8 кг и 279,0 кг, соответственно. Животные генотипа *OLRI/AC* в сравнении со сверстницами других генотипов *OLRI* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по выходу молочного жира на 19,3-24,0 кг и 18,8 кг, соответственно. Наибольшее количество молочного жира среди всего поголовья имели коровы с генотипом *OLRI/AC* линии Р. Соверинга (279,0 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 4,2-28,2 кг.

По массовой доле белка в молоке выгодно отличались коровы с генотипами *OLRI/CC* и *OLRI/AC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их величина в среднем по группам составила 3,23% и 3,24, соответственно. Животные генотипов *OLRI/CC* и *OLRI/AC* в сравнении со сверстницами других генотипов *OLRI* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по массовой доле белка в молоке на 0,05% ( $P < 0,01$ ), 0,01% и 0,03%, соответственно. Наибольшую массовую долю белка в молоке среди всего поголовья имели коровы с генотипом *OLRI/AC* линии Р. Соверинга (3,24%), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 0,01-0,06%. Достоверное различие по этому

показателю было над животными с генотипом *OLRI/AA* линии В. Айдиала и составило 0,06% ( $P < 0,05$ ).

Наибольшее количество молочного белка за лактацию по линиям В. Айдиала и Р. Соверинга имели животные с генотипом *OLRI/AC*, которое составило 239,1 кг и 245,0 кг, соответственно. Животные генотипа *OLRI/AC* в сравнении со сверстницами других генотипов *OLRI* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по выходу молочного белка на 14,8-20,0 кг и 18,0 кг, соответственно. Наибольшее количество молочного белка среди всего поголовья имели коровы с генотипом *OLRI/AC* линии Р. Соверинга (245,0 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 5,9-25,9 кг.

Таким образом, у коров татарстанского типа по первой лактации наибольшие величины по всем показателям молочной продуктивности у коров с генотипами *OLRI/AC* линейной принадлежности к голштинской породе, а именно В. Айдиал и Р. Соверинг. Наименьшей молочной продуктивностью обладали первотёлки с генотипом *OLRI/AA* линии В. Айдиала.

### **2.2.3.2 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы**

Нами проведена оценка молочной продуктивности (удой за лактацию, массовая доля и количество жира в молоке, массовая доля и количество белка в молоке) первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *DGAT1*-гена (таблица 18).

Данные таблицы показывают, что в среднем удой за 305 дн. лактации коров в группах животных с разными генотипами по *DGAT1*-гену составил 7247 кг (генотип *DGAT1/AA*) и 7185 кг (генотип *DGAT1/AK*). Показатели по удою между генотипами минимальные, разница между генотипом *DGAT1/AA* и *DGAT1/AK* всего лишь 62 кг.

**Таблица 18 – Молочная продуктивность коров с разными генотипами *DGAT1*-гена**

Показатель	Генотип		
	<i>DGAT1/AA</i>	<i>DGAT1/AK</i>	<i>DGAT1/KK</i>
n	45	32	2
удой, кг	7247±165,4	7185±154,9	-
жир, %	3,66±0,01	3,71±0,01***	-
молочный жир, кг	265,2±5,86	266,5±5,43	-
белок, %	3,22±0,01	3,22±0,01	-
молочный белок, кг	233,4±5,12	231,4±4,63	-

\*\*\* -  $P < 0,001$

Массовая доля жира в молоке была в пределах от 3,66% (генотип *DGAT1/AA*) до 3,71% (генотип *DGAT1/AK*), межгрупповая разница по данному показателю составила 0,05% ( $P < 0,001$ ). Более высоким количеством жира в молоке за лактацию характеризовались животные с генотипом *OLRI/AC* (266,5 кг), что больше, чем у коров с генотипом *DGAT1/AA* на 1,3 кг.

По массовой доле белка в молоке межгрупповые различия животных с разными генотипами *DGAT1*-гена не выявлены, их показатели были равны 3,22%. Наибольшим количеством белка в молоке за лактацию было характерно для животных с генотипом *DGAT1/AA* (233,4 кг), это несколько выше, чем у первотёлок с генотипом *DGAT1/AK* на 2,0 кг.

У коров татарстанского типа по первой лактации значительная величина массовой доли жира в молоке отмечена у коров с генотипом *DGAT1/AA* гена в сравнении со сверстницами генотипа *DGAT1/AK*, по другим показателям молочной продуктивности различия были минимальными.

Дополнительно к оценке ассоциации полиморфизма гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы с молочной продуктивностью первотёлок татарстанского типа была определена молочная продуктивность и качество молока у коров с

разными генотипами по гену *DGAT1* с учётом их линейной принадлежности к голштинской породе (таблица 19).

**Таблица 19 – Молочная продуктивность коров с разными генотипами *DGAT1*-гена и линейной принадлежности**

Линия	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Молочный жир, кг	Белок, %	Молочный белок, кг
В. Айдиал	<i>DGAT1/AA</i>	27	7188 ±211,5	3,66*** ±0,01	263,1 ±7,59	3,23 ±0,01	232,2 ±6,61
	<i>DGAT1/AK</i>	23	7223 ±171,3	3,71 ±0,01	268,0 ±6,13	3,22 ±0,01	232,6 ±5,04
Р. Соверинг	<i>DGAT1/AA</i>	18	7335 ±271,1	3,67 ±0,01	269,2 ±9,42	3,21 ±0,01	235,5 ±8,30
	<i>DGAT1/AK</i>	9	7090 ±350,3	3,72 ±0,03	263,7 ±11,83	3,23 ±0,02	229,0 ±10,77

\*\*\* -  $P < 0,001$

Наибольшим удоем за 305 дн. лактации, характеризовались коровы с генотипами *DGAT1/AK* и *DGAT1/AA* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их удой в среднем по группам составил 7223 кг и 7335 кг молока, соответственно.

Животные генотипов *DGAT1/AK* и *DGAT1/AA* в сравнении с аналогами других генотипов *DGAT1* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по удою на 35 кг и 245 кг молока, соответственно. Наибольший удой среди всего поголовья имели коровы с генотипом *DGAT1/AA* линии Р. Соверинга (7335 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 112-245 кг молока.

По массовой доле жира в молоке выгодно отличались также коровы с генотипом *DGAT1/AK* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их величина в среднем по группам составила 3,71% и 3,72, соответственно. Животные генотипа *DGAT1/AK* в сравнении со сверстницами других генотипов *DGAT1* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по массовой доле жира в молоке на 0,05% ( $P < 0,001$ ) и 0,05%, соответственно. Наибольшую массовую долю жира в молоке среди всего поголовья имели коровы с генотипом *DGAT1/AK* линии Р.

Соверинга (3,72%), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 0,01-0,06%.

Наибольшее количество молочного жира за лактацию по линиям В. Айдиала и Р. Соверинга имели животные с генотипами *DGATI/AK* и *DGATI/AA*, которое составило 268,0 кг и 269,2 кг, соответственно. Животные генотипов *DGATI/AK* и *DGATI/AA* в сравнении со сверстницами других генотипов *DGATI* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по выходу молочного жира на 4,9 кг и 5,5 кг, соответственно. Наибольшее количество молочного жира среди всего поголовья имели коровы с генотипом *DGATI/AA* линии Р. Соверинга (269,2 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 1,2-6,1 кг.

По массовой доле белка в молоке различия коров с разными генотипами *DGATI* и линейной принадлежности (В. Айдиала и Р. Соверинга) были минимальными (0-0,02%).

Наибольшее количество молочного белка за лактацию по линиям В. Айдиала и Р. Соверинга имели животные с генотипом *DGATI/AA* линии Р. Соверинга (235,5 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 2,9-6,5 кг. Следует отметить, что различия по данному показателю между группами коров с генотипами *DGATI/AA* и *DGATI/AK* были минимальными (0,4 кг).

Таким образом, у коров татарстанского типа по первой лактации несколько выше величины показателей молочной продуктивности (удой, количество молочного жира и белка) у коров с генотипом *DGATI/AA* линейной принадлежности к голштинской породе, а именно Р. Соверинг. Некоторое внимание в плане ведения селекционно-племенной работы на повышение массовой доли жира в молоке представляют особи с генотипом *DGATI/AK* линий В. Айдиала и Р. Соверинга.

### 2.2.3.3 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами гена лептина

Нами проведена оценка молочной продуктивности (удой за лактацию, массовая доля и количество жира в молоке, массовая доля и количество белка в молоке) первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *LEP*-гена (таблица 20).

**Таблица 20 – Молочная продуктивность коров с разными генотипами *LEP*-гена**

Показатель	Генотип		
	<i>LEP/CC</i>	<i>LEP/CT</i>	<i>LEP/TT</i>
n	24	45	10
удой, кг	7407±234,8	7174±138,0	6919±303,6
жир, %	3,67±0,01	3,69±0,01	3,71±0,01**
молочный жир, кг	271,8±8,22	264,7±4,88	256,7±11,2
белок, %	3,20±0,01	3,22±0,01	3,24±0,02
молочный белок, кг	237,0±7,09	231,0±4,25	224,2±9,73

\*\* -  $P < 0,01$

Данные таблицы показывают, что в среднем удой коров за 305 дн. лактации в группах животных с разными генотипами по *LEP*-гену составил 7407 кг (генотип *LEP/CC*), 7174 кг (генотип *LEP/CT*) и 6919 кг (генотип *LEP/TT*) молока. Коровы, несущие в своём генотипе *LEP/C* аллель превосходили сверстниц с генотипом *LEP/TT* по удою на 233-488 кг.

Массовая доля жира в молоке была в пределах от 3,67% (генотип *LEP/CC*) до 3,71% (генотип *LEP/TT*). По массовой доле жира в молоке коровы с генотипами *LEP/CT* и *LEP/TT* превосходили аналогов с генотипом *LEP/CC* на 0,02% и 0,04% ( $P < 0,01$ ), соответственно. Более высоким количеством жира в молоке за лактацию характеризовались животные с генотипами *LEP/CC* (271,8 кг)

и *LEP/CT* (264,7 кг), что больше, чем у коров с генотипом *LEP/TT* на 15,1 кг и 8 кг, соответственно.

Массовая доля белка в молоке была в пределах от 3,20% (генотип *LEP/CC*) до 3,24% (генотип *LEP/TT*). Первотёлки, имеющие в своём геноме *LEP/T* аллель, несколько превосходили по массовой доле белка в молоке особей с генотипом *LEP/CC* на 0,02-0,04%. Наибольшим количеством белка в молоке за лактацию было характерно для животных с генотипами *LEP/CC* (237,0 кг) и *LEP/CT* (231,0 кг), это выше, чем у первотёлок с гомозиготным генотипом *LEP/TT* на 12,8 кг и 6,8 кг, соответственно.

У коров татарстанского типа по первой лактации наибольшие показатели удоя, количество жира и белка в молоке отмечены у животных с генотипами *LEP/CC* и *LEP/CT* гена лептина в сравнении со сверстницами генотипа *LEP/TT*. Однако по массовой доле жира и белка в молоке тенденция была обратная.

Дополнительно к оценке ассоциации полиморфизма гена лептина с молочной продуктивностью первотёлок татарстанского типа была определена молочная продуктивность и качество молока у коров с разными генотипами по гену *LEP* с учётом их линейной принадлежности к голштинской породе (таблица 21).

Наибольшим удоём за 305 дн. лактации, характеризовались коровы с генотипом *LEP/CC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их удои в среднем по группам составил 7323 и 7576 кг молока, соответственно. Животные генотипа *LEP/CC* в сравнении с аналогами других генотипов *LEP* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по удою на 185-218 кг и 331-937 кг молока, соответственно. Наибольший удои среди всего поголовья имели коровы с генотипом *LEP/CC* линии В. Айдиала (7576 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 253-937 кг молока.

По массовой доле жира в молоке выгодно отличались коровы с генотипами *LEP/TT* и *LEP/CC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их величина в среднем по группам составила 3,72% и 3,70, соответственно. Животные генотипов *LEP/TT* и *LEP/CC* в сравнении со сверстницами других генотипов *LEP* внутри своей

линейной принадлежности имели превосходство по массовой доле жира в молоке на 0,03-0,06% ( $P<0,05$  и 0,001) и 0,01-0,02%, соответственно. Наибольшую массовую долю жира в молоке среди всего поголовья имели коровы с генотипом *LEP/TT* линии В. Айдиала (3,72%), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 0,01-0,06%. Также достоверное различие (0,04%,  $P<0,05$ ) выявлено между наибольшим показателем и данными первотёлок с генотипом *LEP/CT* линии Р. Соверинга.

Наибольшее количество молочного жира за лактацию по линиям В. Айдиала и Р. Соверинга имели животные с генотипом *LEP/CC*, которое составило 268,0 кг и 280,3 кг, соответственно. Животные генотипа *LEP/CC* в сравнении со сверстницами других генотипов *LEP* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по выходу молочного жира на 3,7-4,6 кг и 13,7 кг, 35,3 кг ( $P<0,05$ ), соответственно. Наибольшее количество молочного жира среди всего поголовья имели коровы с генотипом *LEP/CC* линии Р. Соверинга (280,3 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 12,3-35,3 кг.

**Таблица 21 – Молочная продуктивность коров с разными генотипами *LEP*-гена и линейной принадлежности**

Линия	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Молочный жир, кг	Белок, %	Молочный белок, кг
В. Айдиал	<i>LEP/CC</i>	16	7323 ±284,3	3,66*** ±0,01	268,0 ±10,39	3,20 ±0,01	234,3 ±8,66
	<i>LEP/CT</i>	30	7138 ±149,3	3,69* ±0,01	263,4 ±5,26	3,21 ±0,01	229,1 ±4,61
	<i>LEP/TT</i>	6	7105 ±494,6	3,72 ±0,01	264,3 ±18,04	3,25 ±0,03	230,9 ±15,57
Р. Соверинг	<i>LEP/CC</i>	8	7576 ±437,1	3,70 ±0,04	280,3 ±13,85	3,20 ±0,02	242,4 ±13,00
	<i>LEP/CT</i>	15	7245 ±294,5	3,68* ±0,01	266,6 ±10,46	3,22 ±0,01	233,3 ±9,01
	<i>LEP/TT</i>	4	6639 ±191,1	3,69 ±0,01	245,0* ±7,30	3,22 ±0,02	213,8 ±7,13

\* -  $P<0,05$ , \*\*\* -  $P<0,001$

По массовой доле белка в молоке выгодно отличались коровы с генотипом *LEP/TT* из линий В. Айдиала и Р. Соверинга, их величина в среднем по группе составила 3,25%, соответственно. Они по этому показателю превосходили сверстниц с другими генотипами *LEP* и линейной принадлежности на 0,03-0,05%, межгрупповые различия других генотипов и линий были незначительные.

Наибольшее количество молочного белка за лактацию по линиям В. Айдиала и Р. Соверинга имели животные с генотипом *LEP/CC*, которое составило 234,3 кг и 242,4 кг, соответственно. Животные генотипа *LEP/CC* в сравнении со сверстницами других генотипов *LEP* внутри своей линейной принадлежности имели превосходство по выходу молочного белка на 3,4-5,2 кг и 9,1-28,6 кг, соответственно. Наибольшее количество молочного белка среди всего поголовья имели коровы с генотипом *LEP/CC* линии Р. Соверинга (242,4 кг), что выше, чем у других особей с разными генотипами и линейной принадлежности на 8,1-28,6 кг.

Таким образом, у коров татарстанского типа по первой лактации наибольшие величины показателей молочной продуктивности (удой, количество молочного жира и белка) у коров с генотипом *LEP/CC* линейной принадлежности к голштинской породе, а именно В. Айдиал и Р. Соверинг.

#### **2.2.3.4 Оценка молочной продуктивности коров с разными комплексными генотипами генов липидного обмена**

Нами проведена оценка молочной продуктивности (удой за 305 дн. лактации, массовая доля и количество жира в молоке, массовая доля и количество белка в молоке) первотёлок татарстанского типа с разными комплексными генотипами генов *OLR1*, *DGAT1*, *LEP* (таблица 22).

Из таблицы видно, что удой за 305 дн. лактации первотёлок татарстанского типа с разными комплексными генотипами *OLR1*, *DGAT1*, *LEP* был в пределах от 6678 кг (генотип *CC/AK/CC*) до 7819 кг (генотип *AC/AA/CC*). Первотёлки с комплексными генотипами по генам липидного обмена *ACAACC*, *ACAACST*,

*АСАКСС* (7572-7819 кг) превосходили по этому показателю сверстниц с другими комплексными генотипами на 251-1141 кг молока. Достоверные различия по молочности выявлено между аналогами с комплексными генотипами *АС/АА/СС* и *ССААСТ*, *ССАКСТ*, что в количественном выражении составило 769-974 кг ( $P<0,05$ ) молока.

**Таблица 22 – Молочная продуктивность у коров с разными комплексными генотипами генов *OLRI*, *DGATI*, *LEP***

Показатель	n	удой, кг	жир, %	молочный жир, кг	белок, %	молочный белок, кг
<i>ААААСТ</i>	3	6889 ±830,1	3,64 ±0,02	250,8 ±29,81	3,18*** ±0,01	219,1 ±25,35
<i>АСААСС</i>	4	7819 ±173,6	3,63 ±0,02	283,8* ±6,56	3,18 ±0,03	248,6 ±4,35
<i>АСААСТ</i>	10	7604 ±282,2	3,69 ±0,03	280,6 ±8,92	3,20 ±0,02	243,3 ±8,64
<i>АСАКСС</i>	8	7572 ±98,0	3,69** ±0,01	279,4* ±3,53	3,23 ±0,02	244,6 ±2,25
<i>АСАКСТ</i>	12	7225 ±246,1	3,72* ±0,02	268,8 ±8,47	3,23 ±0,02	233,4 ±7,19
<i>АСАКТТ</i>	3	7182 ±319,8	3,74* ±0,03	268,6 ±10,86	3,22 ±0,05	231,3 ±6,62
<i>ССААСС</i>	9	7321 ±499,0	3,64 ±0,01	266,5 ±17,70	3,19* ±0,02	233,5 ±15,13
<i>ССААСТ</i>	12	7050* ±305,6	3,67* ±0,01	258,7 ±11,14	3,24 ±0,01	228,4 ±9,67
<i>ССААТТ</i>	7	6806 ±419,4	3,70* ±0,01	251,8 ±15,43	3,24 ±0,02	220,5 ±13,84
<i>ССАКСС</i>	3	6678 ±1229,1	3,77 ±0,10	251,8 ±42,48	3,19 ±0,04	213,0 ±36,23
<i>ССАКСТ</i>	6	6845* ±311,2	3,68* ±0,01	251,9 ±11,66	3,21* ±0,01	219,7* ±9,62

\* -  $P<0,05$ , \*\* -  $P<0,01$ , \*\*\* -  $P<0,001$

Массовая доля жира в молоке была в пределах от 3,63-3,64% (генотипы *ААААСТ*, *АС/АА/СС*, *ССААСС*) до 3,77% (генотип *СС/АК/СС*). По массовой доле жира в молоке коровы с комплексными генотипом по генам липидного обмена *ААААСТ*, *АС/АА/СС*, *ССААСС* уступали первотёлкам с другими генотипами на

0,03-0,13%. Причём животных 3-х комплексных генотипов с наименьшей массовой долей жира в молоке уступали аналогам с комплексными генотипами *АСАКСТ*, *ССААТТ* на 0,03-0,08% ( $P < 0,05-0,001$ ), а комплексный генотип *ССААСС* ещё достоверно ( $P < 0,05-0,01$ ) уступал сверстницам генотипов *АСАКСС*, *АСАКТТ*, *ССААСТ*, *ССАКСТ* на 0,03-0,10%. Получены также данные, что по количеству молочного жира за лактацию животные с комплексными генотипами *АСААСС*, *АСААСТ*, *АСАКСС* (279,4-283,8 кг) превосходили особей с другими генотипами на 10,6-31,9 кг. При этом достоверная разница выявлена между первотёлками с комплексными генотипами *АСААСС*, *АСАКСС* и генотипом *ССАКСТ*, что в цифровом выражении составило – 27,5-31,9 кг ( $P < 0,05$ ) молочного жира.

Массовая доля белка в молоке была в пределах от 3,18% (генотипы *АА/АА/СТ*, *АС/АА/СС*) до 3,24% у коров с генотипами *СС/АА/СТ*, *СС/АА/ТТ*. По массовой доле белка в молоке коровы с комплексными генотипами *СС/АА/СТ*, *СС/АА/ТТ* превосходили аналогам с другими генотипами на 0,01-0,06%. Причём достоверная разница выявлена между аналогами *ССААСТ* и *ААААСТ*, *ССААСС*, *ССАКСТ*, в цифровом выражении составила 0,06% ( $P < 0,001$ ), 0,03-0,05% ( $P < 0,05$ ), соответственно. Получены также данные, что по количеству молочного белка лактацию животные с комплексными генотипами *АСААСС*, *АСААСТ*, *АСАКСС* (243,3-248,6 кг) превосходили особей с другими генотипами на 9,8-35,6 кг. При этом достоверная разница выявлена между первотёлками с комплексными генотипами *АСААСС*, *АСАКСС* и генотипом *ССАКСТ*, что в цифровом выражении составило 24,9-28,9 кг ( $P < 0,05$ ) молочного белка.

Таким образом, можно сделать вывод, что в целом более высокая молочная продуктивность судя по удою, количеству молочного жира и белка характерна для первотёлок татарстанского типа с комплексными генотипами по генам липидного обмена *АСААСС*, *АСААСТ*, *АСАКСС*.

## **2.2.4 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по генам липидного обмена в зависимости от продолжительности сервис-периода**

Физиологические основы удоя основаны на том факте, что для того, чтобы иметь молоко, необходимо разводить потомство. Отёл является основой для лактации. После отёла корова восстанавливает свои репродуктивные функции. Период между отёлом и осеменением называется сервис-периодом. Оптимальная продолжительность сервисного периода в среднем составляет 80 дней; его увеличение свидетельствует о снижении репродуктивных функций у коров, но в тоже время это часто ассоциируется с доминантой молочной продуктивности [173]. Влияние продолжительности сервис-периода на молочную продуктивность коров, а также корреляционная зависимость продолжительности сервис-периода между показателями молочной продуктивности занимались и другие исследователи [14, 18, 9, 30, 46, 122, 124, 83, 149, 137].

Исследования по выявлению взаимосвязи таких показателей, как продолжительность сервис-периода и молочная продуктивность коров с разными генотипами по генам-маркерам соматотропинового каскада (*PIT1*, *PRL*, *GH*, *GHRH*, *IGF1*), белкомолочности и жирномолочности (*CSN3* и *DGAT1*) в целом показали, что у большинства животных с повышением продолжительности сервис-периода наблюдались максимальные величины молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка [13, 17].

### **2.2.4.1 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности в зависимости от продолжительности сервис-периода**

Для изучения зависимости молочной продуктивности первотёлок татарстанского типа разных генотипов по гену *OLR1* от продолжительности сервис-периода было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от

величины признака. Распределение животных в зависимости от продолжительности сервис-периода было следующим: I группа состояла из коров с продолжительностью сервис-периода менее 95 дней, II – 96-109 дней и III – 110 дней и более, соответственно (таблица 23) [33].

Исследования позволяют утверждать, что повышение продолжительности сервис-периода приводит к росту показателей молочной продуктивности первотёлок с генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC*.

**Таблица 23 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *OLRI* в зависимости от продолжительности сервис-периода**

Генотип по гену <i>OLRI</i>	Показатель		Группа коров по продолжительности сервис-периода, дней		
			I; до 95	II; 96-109	III; 110 и более
AC	n	37	11	13	13
	%	100	29,8	35,1	35,1
	удой, кг		7395±193,2	7710±222,5	7274±190,4
	жир, %		3,69±0,02	3,70±0,02	3,70±0,02
	молочный жир, кг		272,9±6,24	285,3±7,33	269,1±6,08
	белок, %		3,25±0,01	3,20±0,02*	3,24±0,01
	молочный белок, кг		240,3±6,09	246,7±6,21	235,7±5,63
CC	n	39	19	10	10
	%	100	48,8	25,6	25,6
	удой, кг		6696±254,4	7436±440,5	7139±296,6
	жир, %		3,69±0,02	3,66±0,01	3,67±0,01
	молочный жир, кг		247,1±9,00	272,2±15,82	262,0±10,83
	белок, %		3,22±0,01	3,21±0,02	3,23±0,01

\* -  $P < 0,05$

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *OLRI/AC* и со средней продолжительностью сервис-периода (96-109 дн., II группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7710 кг), количеством молочного жира (285,3 кг) и белка (246,7 кг) выгодно отличались от сверстниц I и III групп на 315 кг молока, 12,4 кг жира, 6,4 кг белка (по I группе) и 436 кг молока, 16,2 кг жира, 11 кг белка (по III группе), соответственно.

Схожая тенденция была у животных с генотипом *OLRI/CC*. Наибольшая молочная продуктивность была у первотёлок с продолжительностью сервис-периода 96-109 дней (II группа), с показателями удоя – 7436 кг молока, количеством молочного жира – 272,2 кг и количеством молочного белка - 238,7 кг, они превосходили аналогов I и III групп на 740 кг молока, 25,1 кг жира, 23,1 кг белка (по I группе) и 297 кг молока, 10,2 кг жира, 8,1 кг белка (по III группе), соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности с увеличением продолжительности сервис-периода до 109 дн. у коров с генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC* повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка.

#### **2.2.4.2 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы 1 в зависимости от продолжительности сервис-периода**

Для изучения зависимости молочной продуктивности первотелок разных генотипов по гену *DGATI* от продолжительности сервис-периода было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I группу вошли коровы, имеющие продолжительность сервис-периода менее 95 дней, во II – 96-109 дней, в III – 110 дней и более (таблица 24) [33].

Исследованиями показано, что с увеличением длительности сервис-периода наблюдалось повышение продуктивных молочных качеств первотёлок разных генотипов *DGATI/AA* и *DGATI/AK*.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *DGATI/AA* и с наибольшей продолжительностью сервис-периода (110 дней и более, III группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7320 кг), количеством молочного жира (268,6 кг) и белка (235,7 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 184 кг молока, 7,4 кг жира, 5,2 кг белка

(по I группе) и 40 кг молока, 1,4 кг жира, 2,0 кг белка (по II группе), соответственно.

**Таблица 24 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *DGAT1* в зависимости от продолжительности сервис-периода**

Генотип по гену <i>DGAT1</i>	Показатель		Группа коров по продолжительности сервис-периода, дней		
			I; до 95	II; 96-109	III; 110 и более
AA	n	45	15	13	17
	%	100	33,3	28,9	37,8
	удой, кг		7136±298,5	7280±365,3	7320±229,5
	жир, %		3,66±0,01	3,67±0,02	3,67±0,01
	молочный жир, кг		261,2±10,65	267,2±12,85	268,6±8,10
	белок, %		3,23±0,01	3,21±0,02	3,22±0,01
	молочный белок, кг		230,5±9,60	233,7±11,02	235,7±7,02
AK	n	32	13	11	8
	%	100	40,6	34,4	25,0
	удой, кг		6753±246,1**	7837±205,6	6992±202,3**
	жир, %		3,73±0,02	3,69±0,01	3,71±0,02
	молочный жир, кг		251,9±8,64**	289,2±7,28	259,4±6,94**
	белок, %		3,24±0,01*	3,19±0,02	3,24±0,01*
	молочный белок, кг		218,8±7,82**	250,0±5,31	226,5±6,67*

\* -  $P<0,05$ , \*\* -  $P<0,01$ , \*\*\* -  $P<0,001$

Первотёлок с генотипом *DGAT1/AK*, относящиеся ко II группе (продолжительность сервис-период 96-109 дней), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и III группам, разница составила 1084 кг ( $P<0,01$ ) молока, 37,3 кг ( $P<0,01$ ) жира, 31,2 кг ( $P<0,01$ ) белка (по I группе) и 845 кг ( $P<0,01$ ) молока, 29,8 кг ( $P<0,01$ ) жира, 23,5 кг ( $P<0,05$ ) белка (по III группе), соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы 1 с увеличением продолжительности сервис-периода до 109 дн. и 110 дн. и более у коров *DGAT1/AA* и *DGAT1/AK* увеличивалась молочность, количество молочного жира и белка.

### 2.2.4.3 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену лептин в зависимости от продолжительности сервис-периода

Для изучения зависимости молочной продуктивности первотелок разных генотипов по гену *LEP* от продолжительности сервис-периода было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I группу вошли коровы, имеющие продолжительность сервис-периода менее 95 дней, во II – 96-109 дней, в III – 110 дней и более (таблица 25) [33].

**Таблица 25 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *LEP* в зависимости от продолжительности сервис-периода**

Генотип по гену <i>LEP</i>	Показатель		Группа коров по продолжительности сервис-периода, дней		
			I; до 95	II; 96-109	III; 110 и более
CC	n	24	11	9	4
	%	100	45,8	37,5	16,7
	удой, кг		6958±388,1	7790±356,3	7779±232,3
	жир, %		3,68±0,03	3,65±0,01	3,67±0,03
	молочный жир, кг		256,1±13,29	284,3±12,96	285,5±7,43
	белок, %		3,21±0,02	3,20±0,02	3,20±0,03
	молочный белок, кг		223,4±11,98	249,3±10,37	248,9±5,33
CT	n	45	14	12	19
	%	100	31,1	26,7	42,2
	удой, кг		6978±244,7	7535±270,7	7089±208,8
	жир, %		3,69±0,01	3,69±0,02	3,69±0,02
	молочный жир, кг		257,5±8,82	278,0±9,42	261,6±7,30
	белок, %		3,23±0,01	3,21±0,02	3,22±0,01
	молочный белок, кг		225,4±7,76	241,9±7,82	228,3±6,57
TT	n	10	5	3	2
	%	100	50	30	20
	удой, кг		6864±293,4	6773±1015,0	-
	жир, %		3,71±0,02	3,71±0,01	-
	молочный жир, кг		254,7±11,24	251,3±37,08	-
	белок, %		3,24±0,02	3,22±0,05	-
	молочный белок, кг		222,4±10,65	218,1±30,60	-

Исследованиями показано, что с увеличением длительности сервис-периода выявлялось повышение продуктивных молочных качеств первотёлок разных генотипов *LEP/CC* и *LEP/CT*, тогда как у животных с генотипом *LEP/TT* молочная продуктивность снижалась.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *LEP/CC* и со средней продолжительностью сервис-периода (96-109 дн., II группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7790 кг), количеством молочного жира (284,3 кг) и белка (249,3 кг) выгодно отличались от сверстниц I и III групп на 832 кг молока, 28,2 кг жира, 25,9 кг белка (по I группе) и 11 кг молока, -1,2 кг жира, 0,4 кг белка (по III группе), соответственно.

Первотёлок с генотипом *LEP/CT*, относящиеся ко II группе (продолжительность сервис-период 96-109 дней), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и III группам, разница составила 557 кг молока, 20,5 кг жира, 16,5 белка (по I группе) и 446 кг молока, 16,4 кг жира, 13,6 кг белка (по III группе), соответственно.

Противоположная тенденция была у животных с генотипом *LEP/TT*. Наибольшая молочная продуктивность была у первотёлок с наименьшей продолжительностью сервис-периода до 95 дней (I группа), с показателями удоя – 6864 кг молока, количеством молочного жира – 254,7 кг и количеством молочного белка – 222,4 кг, они незначительно превосходили аналогов II группы на 91 кг молока, 3,7 кг жира, 4,3 кг белка, соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами по гену лептина с увеличением продолжительности сервис-периода до 109 дн. у коров *LEP/CC* и *LEP/CT* увеличивалась молочность, количество молочного жира и белка. Однако у животных с генотипом *LEP/TT* наибольшая молочная продуктивность была с продолжительностью сервис-периода до 95 дн., то есть удлинение сервис-периода приводит к снижению показателей молочной продуктивности.

### **2.2.5 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами генов липидного обмена в зависимости от возраста первого отёла**

Здоровье животных, репродуктивное состояние и удои считаются важными показателями для надлежащего управления стадом [183]. С другой стороны, некоторые методы управления стадом, такие как сокращение возраста первого отёла, направленные на снижение затрат на выращивание, могут оказать негативное влияние на здоровье животных, репродуктивные показатели и надой молока. Ранее сообщалось, что отёл в очень раннем возрасте может отрицательно сказаться на молочной продуктивности и что телки более восприимчивы к определённым проблемам со здоровьем, особенно к дистоции (патология сократительной деятельности матки), из-за того, что они физически недостаточно развиты в начале первой лактации [135]. Хотя для некоторых пород и систем разведения для первого отёла рекомендуется более длительный возрастной интервал, различные исследования показали, что отёл в возрасте 22-24 мес. с целью снижения затрат на разведение подходит без каких-либо неблагоприятных последствий для надоев и здоровья животных на протяжении всей продуктивной жизни телки. В соответствии с этим обеспечение оптимального баланса между экономической выгодой, здоровьем животных и надоем молока является обязательным [142]. Большинство исследователей приходят к выводу, что коровы, имеющие более высокий возраст первого отёла, как правило, наиболее продуктивны по молочным показателям [21, 56, 73, 75, 77, 90, 114, 142, 176, 197, 205, 206]. Другая группа исследователей утверждает, что возраст первого отёла оказывает действие на продуктивное долголетие, в частности на пожизненный удои буйволиц и коров [6, 24, 79, 84, 113, 202]. Так, уменьшение возраста при первом отёле снижает затраты на подготовку коров до продуктивной жизни, увеличивает ежегодный генетический прирост и увеличивает среднюю продуктивную жизнь животного [201]. Наблюдалась слабо позитивная корреляция между возрастом первого отёла и удоем за лактацию у помесных молочных коров в Эфиопии [119]. В других исследованиях у бразильских коров

имелась противоположная тенденция, так негативная генетическая и фенотипическая корреляция ( $r = -0,28$  и  $r = -0,06$ ) отмечалась между возрастом первого отёла и удоём за 305 дней лактации [103].

Также исследования показывают, что первый отёл коров в более молодом возрасте действительно сопряжён с рисками, связанными с ними потерями мясной продуктивности, но эти риски и потери должны быть сведены к минимуму при надлежащем управлении данным процессом [212].

Более высокий возраст при первом отёле у коров выступал одним из факторов риска развития кетоза в молочных стадах Северной Америки [129].

Исследования по выявлению взаимосвязи таких показателей, как возраст первого отёла и молочная продуктивность коров с разными генотипами по генам белковости, жирности молока (*CSN3* и *DGATI*) и соматотропинового каскада (*PIT1*, *PRL*, *GH*, *GHRH*, *IGF1*) показали, что у молочного скота чёрно-пёстрой породы с увеличением возраста при первом отёле повышаются индексы молочности, а также выход молочного жира и белка [11, 15].

### **2.2.5.1 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности в зависимости от возраста первого отёла**

Для изучения зависимости молочной продуктивности первотелок разных генотипов по *OLRI* от возраста первого отёла было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I группу вошли коровы, имеющие возраст первого отёла менее 24,0 месяцев, во II – 24,1 – 26,0 мес., в III – более 26,1 мес. (таблица 26) [32].

В результате исследований установлено, что с увеличением возраста первого отёла повышались продуктивные молочные качества у опытных первотёлок с разными генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC*.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *OLRI/AC* и с наибольшим возрастом первого отёла (26,1 и большее мес., III группа). Так, первотёлки данной группы с удоём (7621 кг),

количеством молочного жира (282,7 кг) и белка (245,4 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 200 кг молока, 9,6 кг жира, 5,7 кг белка (по I группе) и 191 кг молока, 7,8 кг жира, 5,4 кг белка (по II группе), соответственно.

**Таблица 26 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *OLRI* в зависимости от возраста первого отёла**

Генотип по гену <i>OLRI</i>	Показатель		Группа коров по возрасту 1-го отёла, месяцев		
			I; до 24,0	II; 24,1-26,0	III; 26,1 и более
AC	n	37	14	16	7
	%	100	37,9	43,2	18,9
	удой, кг		7421±133,5	7430±225,2	7621±256,0
	жир, %		3,68±0,02	3,70±0,02	3,71±0,02
	молочный жир, кг		273,1±4,36	274,9±7,42	282,7±8,05
	белок, %		3,23±0,01	3,23±0,01	3,22±0,03
	молочный белок, кг		239,7±3,86	240,0±6,69	245,4±6,61
CC	n	39	11	25	3
	%	100	28,2	64,1	7,7
	удой, кг		6682±394,7	7053±219,5	7713±657,7
	жир, %		3,69±0,03	3,67±0,01	3,65±0,03
	молочный жир, кг		246,6±13,86	258,8±7,99	281,5±21,20
	белок, %		3,22±0,02	3,22±0,01	3,20±0,05
	молочный белок, кг		215,2±12,35	227,1±6,84	246,8±16,75

Схожая тенденция была у животных с генотипом *OLRI/CC*. Первотёлок с генотипом *OLRI/CC*, относящиеся к III группе (возраст первого отёла 26,1 и более мес.), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и II группам, разница составила 1031 кг молока, 34,9 кг жира, 31,6 белка (по I группе) и 660 кг молока, 22,7 кг жира, 19,7 кг белка (по II группе), соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC* по гену рецептора липопротеина низкой плотности с увеличением возраста первого отёла повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка.

### 2.2.5.2 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы в зависимости от возраста первого отёла

Для изучения зависимости молочной продуктивности первотелок разных генотипов по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, от возраста первого отёла было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I группу вошли коровы, имеющие возраст первого отёла менее 24,0 месяцев, во II – 24,1 – 26,0 мес., в III – более 26,1 мес. (таблица 27) [32].

**Таблица 27 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *DGAT1* в зависимости от возраста первого отёла**

Генотип по гену <i>DGAT1</i>	Показатель		Группа коров по возрасту 1-го отёла, месяцев		
			I; до 24,0	II; 24,1-26,0	III; 26,1 и более
AA	n		14	28	3
	%		31,1	62,2	6,7
		удой, кг	7164±283,4	7200±216,4	8069±570,6
		жир, %	3,66±0,01	3,67±0,01	3,65±0,03
		молочный жир, кг	262,2±10,17	264,2±7,66	294,5±18,29
		белок, %	3,22±0,01	3,23±0,01	3,17±0,05
		молочный белок, кг	230,7±8,88	232,6±6,78	255,8±14,21
AK	n	32	12	13	7
	%	100	37,5	40,6	21,9
		удой, кг	6915±277,7	7283±245,8	7468±251,3
		жир, %	3,72±0,02	3,70±0,01	3,71±0,02
		молочный жир, кг	257,2±9,54	269,5±8,95	277,1±8,17
		белок, %	3,23±0,02	3,21±0,02	3,23±0,02
		молочный белок, кг	223,4±8,74	233,8±7,00	241,2±6,76

В результате исследований установлено, что с увеличением возраста первого отёла повышались продуктивные молочные качества у опытных первотёлок с разными генотипами *DGAT1/AA* и *DGAT1/AK*.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *DGAT1/AA* и с наибольшим возрастом первого отёла (26,1 и

большее мес., III группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (8069 кг), количеством молочного жира (294,5 кг) и белка (255,8 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 905 кг молока, 32,3 кг жира, 25,1 кг белка (по I группе) и 869 кг молока, 30,3 кг жира, 23,2 кг белка (по II группе), соответственно.

Аналогичная тенденция была у животных с генотипом *DGATI/AK*. Первотёлок с генотипом *DGATI/AK*, относящиеся к III группе (возраст первого отёла 26,1 и более мес.), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и II группам, разница составила 553 кг молока, 19,9 кг жира, 17,8 белка (по I группе) и 185 кг молока, 7,6 кг жира, 7,4 кг белка (по II группе), соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *DGATI/AA* и *DGATI/AK* по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы с увеличением возраста первого отёла повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка.

### **2.2.5.3 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену лептина в зависимости от возраста первого отёла**

Для изучения зависимости молочной продуктивности первотёлок разных генотипов по гену лептина от возраста первого отёла было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I группу вошли коровы, имеющие возраст первого отёла менее 24,0 месяцев, во II – 24,1 – 26,0 мес., в III – более 26,1 мес. (таблица 28) [32].

Исследованиями показано, что с увеличением возраста первого отёла выявлялось повышение продуктивных молочных качеств первотёлок разных генотипов *LEP/CC* и *LEP/CT*, тогда как у животных с генотипом *LEP/TT* молочная продуктивность снижалась.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *LEP/CC* и с наибольшим возрастом первого отёла (26,1 и большее мес., III группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7931 кг),

количеством молочного жира (291,1 кг) и белка (253,0 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 475 кг молока, 16,0 кг жира, 14,4 кг белка (по I группе) и 798 кг молока, 30,7 кг жира, 24,0 кг белка (по II группе), соответственно.

**Таблица 28 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *LEP* в зависимости от возраста первого отёла**

Генотип по гену <i>LEP</i>	Показатель		Группа коров по возрасту 1-го отёла, месяцев		
			I; до 24,0	II; 24,1-26,0	III; 26,1 и более
<i>CC</i>	n	24	8	11	5
	%	100	33,3	45,9	20,8
	удой, кг		7456±393,8	7133±399,3	7931±316,9
	жир, %		3,69±0,04	3,65±0,01	3,67±0,02
	молочный жир, кг		275,1±12,48	260,4±14,58	291,1±9,86
	белок, %		3,20±0,02	3,21±0,02	3,19±0,03
	молочный белок, кг		238,6±11,99	229,0±12,24	253,0±7,63
<i>CT</i>	n	45	13	27	5
	%	100	28,9	60,0	11,1
	удой, кг		6675±272,1	7378±164,8	7366±357,7
	жир, %		3,68±0,02	3,69±0,01	3,71±0,03
	молочный жир, кг		245,6±9,95	272,2±5,68	273,3±11,67
	белок, %		3,23±0,01	3,21±0,01	3,24±0,03
	молочный белок, кг		215,6±8,65	236,8±5,05	238,7±9,52
<i>TT</i>	n	10	4	6	0
	%	100	40	60	0
	удой, кг		7360±325,4	6624±486,9	-
	жир, %		3,70±0,01	3,72±0,02	-
	молочный жир, кг		272,3±12,21	246,4±18,02	-
	белок, %		3,21±0,04	3,26±0,02	-
	молочный белок, кг		236,3±10,83	215,9±15,86	-

Схожая тенденция была у животных с генотипом *LEP/CT*. Первотёлок с генотипом *LEP/CT*, относящиеся к III группе (возраст первого отёла 26,1 и более мес.), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и II группам, разница составила 691 кг молока, 27,7 кг жира, 23,1 белка (по I группе) и -12 кг молока, 1,1 кг жира, 1,9 кг белка (по II группе), соответственно.

Противоположная тенденция была у животных с генотипом *LEP/TT*. Наибольшая молочная продуктивность была у первотёлок с наименьшим возрастом первого отёла до 24,0 мес. (I группа), с показателями удоя – 7360 кг молока, количеством молочного жира – 272,3 кг и количеством молочного белка – 236,3 кг, они превосходили аналогов II группы на 736 кг молока, 25,9 кг жира, 20,4 кг белка, соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *LEP/CC* и *LEP/CT* по гену лептина с увеличением возраста первого отёла повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка. Однако у животных с генотипом *LEP/TT* наибольшая молочная продуктивность была с возрастном первого отёла до 24 мес., то есть повышение возраста первого отёла приводит к снижению показателей молочной продуктивности.

#### **2.2.6 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами генов липидного обмена в зависимости от живой массы при первом отёле**

В значительной степени продуктивность и долголетие коров зависят от живой массы при первом отёле. Однако увеличение живой массы лишь до определённого предела сопровождается повышением удоя, дальнейшее повышение живой массы за пределами этого оптимума не ведёт к повышению продуктивности, у очень крупных коров удои даже снижаются [48, 49].

Многочисленные результаты исследований указывают на то, что влияние интенсивности выращивания ремонтных тёлочек, возраста и живой массы при первом осеменении и отёле на продолжительность продуктивной жизни коров [29, 59, 130, 215]. Также подтверждается, что живая масса коровы при первом отёле, оказывает непосредственное влияние на будущую молочную продуктивность и, конечно, на срок хозяйственного использования животного. При нормальном формировании организма, развитие внутренних органов связано

с живой массой, а более крупные коровы имеют и лучше развитые внутренние органы [68].

Установлено, что для каждой породы существует определённый оптимум для живой массы как показатель завершения развития и рабочей упитанности, возрастание до этого показателя положительно отражается на молочной продуктивности. Так у коров бурой швицкой и сычевской пород при увеличении живой массы при первом отёле наблюдалось повышение пожизненной молочной продуктивности, в частности пожизненный удой, выход молочного жира и белка [42].

Живая масса животных является отражением физиологического развития и готовности их к воспроизводству, было изучено влияние живой массы коров при первом отёле на молочную продуктивность. Полученные результаты показали, что наиболее высокие удои были у коров чёрно-пёстрой породы таджикского типа и помесных с голштинами иранской селекции с живой массой при первом отёле 535-537 кг. При этом снижение живой массы до 435-479 кг и повышение живой массы до 567-570 кг приводит к снижению удоя за 305 дн. лактации на 649-1095 кг (14,1-26,4%,  $P < 0,001$ ) и 102-182 кг (1,7-3,5%) молока, соответственно [55].

Установлена чёткая положительная взаимосвязь молочной продуктивности первотёлок с живой массой. Так, коровы чёрно-пёстрой породы уральского типа первого отёла с продуктивностью более 10000 кг молока имеют в среднем живую массу 579 кг, а животные с удоем до 5000 кг – 473 кг, соответственно. Рассчитанный, для большей объективности, коэффициент молочности и выход питательных веществ с молоком на каждые 100 кг живой массы показывают преимущество высокопродуктивных животных с большой живой массой. Так, первотёлки с продуктивностью более 10000 кг выделяют с молоком 124,7 кг жира и белка, в то время как низкопродуктивные – практически в два раза меньше (66,1 кг) [20].

Уровень молочной продуктивности голштинских коров однозначно взаимосвязан с живой массой при первом отёле. Коровы с живой массой при первом отёле 481 кг и более превосходили сверстниц с наименьшей живой массой

(до 460 кг и 461-480 кг) по удою за I лактацию и выходу молочного жира на 282,0 и 134,9 кг молока и на 10,8 и 4,4 кг молочного жира, соответственно. Затраты кормовых единиц на производство молока у высокопродуктивных коров заметно ниже, чем у менее продуктивных аналогов [2].

### 2.2.6.1 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену рецептора липопротеина низкой плотности в зависимости от живой массы при первом отёле

Для изучения молочной продуктивности первотелок разных генотипов по гену *OLRI* в зависимости от живой массы при первом отёле, было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I-ю группу вошли коровы, имеющие живую массу при первом отёле менее 480 кг, во II-ю – 481-520 кг, в III-ю – более 521 кг (таблица 29) [34].

**Таблица 29– Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *OLRI* в зависимости от живой массы при первом отёле**

Генотип по гену <i>OLRI</i>	Показатель		Группа коров по живой массе при 1-м отёле, кг		
			I; до 480	II; 481-520	III; 521 и более
АС	n	37	12	15	10
	%	100	32,4	40,6	27,0
	удой, кг		7417±211,8	7484±222,8	7486±149,1
	жир, %		3,68±0,02	3,70±0,02	3,70±0,01
	молочный жир, кг		272,9±6,44	276,9±7,49	277,0±5,16
	белок, %		3,24±0,01	3,21±0,02	3,23±0,02
	молочный белок, кг		240,3±6,10	240,2±6,51	241,8±4,27
СС	n	39	16	21	2
	%	100	41,0	53,9	5,1
	удой, кг		7062±322,7	7000±247,2	-
	жир, %		3,69±0,02	3,67±0,01	-
	молочный жир, кг		260,6±11,33	256,9±8,91	-
	белок, %		3,21±0,01	3,23±0,01	-
	молочный белок, кг		226,7±9,84	226,1±7,73	-

В результате исследований установлено, что с увеличением живой массы первого отёла повышались продуктивные молочные качества у опытных первотёлок с генотипом *OLRI/AC*, тогда у животных с генотипом *OLRI/CC* продуктивность снижалась.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *OLRI/AC* и с наибольшей живой массой при первом отёле (521 кг и больше, III группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7486 кг), количеством молочного жира (277,0 кг) и белка (241,8 кг) незначительно отличались от сверстниц I и II групп на 69 кг молока, 4,1 кг жира, 1,5 кг белка (по I группе) и 2 кг молока, 0,1 кг жира, 1,6 кг белка (по II группе), соответственно.

Противоположная тенденция была у животных с генотипом *OLRI/CC*. Наибольшая молочная продуктивность была у первотёлок с наименьшей живой массе при первом отёле до 480 кг (I группа), с показателями удоя – 7062 кг молока, количеством молочного жира – 260,6 кг и количеством молочного белка – 226,7 кг, они минимально превосходили аналогов II группы на 62 кг молока, 3,7 кг жира, 0,6 кг белка, соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с генотипами *OLRI/AC* по гену рецептора липопротеина низкой плотности с увеличением живой массы при первом отёле минимально повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка. Однако у животных с генотипом *OLRI/CC* наибольшая молочная продуктивность была с живой массой при первом отёле до 480 кг, то есть повышение возраста первого отёла приводит к незначительному снижению показателей молочной продуктивности.

#### **2.2.6.2 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену диацилглицерол-О-ацилтрансфераза 1 в зависимости от живой массы при первом отёле**

Для изучения молочной продуктивности первотёлок разных генотипов по гену *DGAT1* в зависимости от живой массы при первом отёле, было проведено

распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I-ю группу вошли коровы, имеющие живую массу при первом отёле менее 480 кг, во II-ю – 481-520 кг, в III-ю – более 521 кг (таблица 30) [34].

**Таблица 30 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *DGATI* в зависимости от живой массы при первом отёле**

Генотип по гену <i>DGATI</i>	Показатель		Группа коров по живой массе при 1-м отёле, кг		
			I; до 480	II; 481-520	III; 521 и более
AA	n	45	18	25	2
	%	100	40	56	4
	удой, кг		7366±247,6	7165±235,2	-
	жир, %		3,66±0,02	3,67±0,01	-
	молочный жир, кг		269,6±8,62	263,0±8,39	-
	белок, %		3,22±0,01	3,23±0,01	-
	молочный белок, кг		237,2±7,57	231,4±7,36	-
AK	n	32	11	12	9
	%	100	34,4	37,5	28,1
	удой, кг		6879±334,1	7294±251,1	7415±146,6
	жир, %		3,72±0,03	3,71±0,02	3,71±0,01
	молочный жир, кг		255,9±11,59	270,6±8,86	275,1±5,13
	белок, %		3,23±0,01	3,20±0,02	3,24±0,02
	молочный белок, кг		222,2±10,19	233,4±7,08	240,2±4,51

В результате исследований установлено, что с увеличением живой массы при первом отёле снижались продуктивные молочные качества у опытных первотёлок с генотипом *DGATI/AA*, тогда как у животных с генотипом *DGATI/AK* молочная продуктивность увеличилась.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *DGATI/AA* и с наименьшей живой массой при первом отёле (до 480 кг, I группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7366 кг), количеством молочного жира (269,6 кг) и белка (237,2 кг) выгодно отличались от сверстниц II группы на 201 кг молока, 6,6 кг жира, 5,8 кг белка, соответственно.

Противоположная тенденция была у животных с генотипом *DGATI/AK*. Первотёлок с генотипом *DGATI/AK*, относящиеся к III группе (живая масса при

первом отёле 521 кг и более), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и II группам, разница составила 536 кг молока, 19,2 кг жира, 18,0 белка (по I группе) и 121 кг молока, 4,5 кг жира, 6,8 кг белка (по II группе), соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с генотипом *DGAT1/AA* по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы с увеличением живой массе при первом отёле снижаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка. Однако у животных с генотипом *DGAT1/AK* наибольшая молочная продуктивность была с живой массой при первом отёле до 521 кг и более, то есть повышение живой массы при первом отёле приводит к повышению показателей молочной продуктивности.

### **2.2.6.3 Оценка молочной продуктивности коров с разными генотипами по гену лептина в зависимости от живой массы при первом отёле**

Для изучения молочной продуктивности первотелок разных генотипов по гену *LEP* в зависимости от живой массы при первом отёле, было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I-ю группу вошли коровы, имеющие живую массу при первом отёле менее 480 кг, во II-ю – 481-520 кг, в III-ю – более 521 кг (таблица 31) [34].

Исследованиями показано, что с увеличением живой массы при первом отёле выявлялось повышение продуктивных молочных качеств первотёлок разных генотипов *LEP/CC*, *LEP/CT* и *LEP/TT*.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *LEP/CC* и с наибольшей живой массой при первом отёле (521 кг и более, III группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7666 кг), количеством молочного жира (282,9 кг) и белка (246,8 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 51 кг молока, 1,9 кг жира, 4,6 кг белка (по I группе) и 533 кг молока, 23,3 кг жира, 18,5 кг белка (по II группе), соответственно.

**Таблица 31 – Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *LEP* в зависимости от живой массы при первом отёле**

Генотип по гену <i>LEP</i>	Показатель		Группа коров по живой массе при 1-м отёле, кг		
			I; до 480	II; 481-520	III; 521 и более
<i>CC</i>	п	24	7	11	6
	%	100	29,2	45,8	25,0
	удой, кг		7615±507,4	7133±399,4	7666±136,1
	жир, %		3,69±0,05	3,64±0,01	3,69±0,01**
	молочный жир, кг		281,0±16,67	259,6±14,16	282,9±4,81
	белок, %		3,18±0,02	3,20±0,02	3,22±0,03
	молочный белок, кг		242,2±15,11	228,3±12,21	246,8±2,89
<i>CT</i>	п	45	17	23	5
	%	100	37,8	51,1	11,1
	удой, кг		7164±222,3	7192±213,6	7120±240,4
	жир, %		3,67±0,02	3,69±0,01	3,72±0,02
	молочный жир, кг		262,9±7,75	265,4±7,61	264,9±8,39
	белок, %		3,22±0,01	3,21±0,01	3,24±0,02
	молочный белок, кг		230,7±6,98	230,9±6,44	230,7±8,49
<i>TT</i>	п	10	5	4	1
	%	100	50	40	10
	удой, кг		6633±528,4	7444±250,7	-
	жир, %		3,71±0,01	3,72±0,02	-
	молочный жир, кг		246,1±19,39	276,9±8,50	-
	белок, %		3,26±0,02	3,22±0,03	-
	молочный белок, кг		216,2±17,16	239,7±7,89	-

\*\* -  $P < 0,01$

Схожая тенденция была у животных с генотипом *LEP/CT*. Первотёлок с генотипом *LEP/CT*, относящиеся ко II группе (живая масса при первом отёле 481-520 кг), имели незначительно выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и III группам, разница составила 28 кг молока, 2,5 кг жира, 0,2 кг белка (по I группе) и 72 кг молока, 0,5 кг жира, 0,2 кг белка (по II группе), соответственно.

Аналогичная тенденция была и у животных с генотипом *LEP/TT*. Наибольшая молочная продуктивность была у первотёлок с наибольшей живой массой при первом отёле 481-520 кг (II группа), с показателями удоя – 7444 кг

молока, количеством молочного жира – 276,9 кг и количеством молочного белка – 239,7 кг, они превосходили сверстниц I группы на 811 кг молока, 30,8 кг жира, 23,5 кг белка, соответственно.

Таким образом, у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *LEP/CC*, *LEP/CT* и *LEP/TT* по гену лептина с увеличением живой массы при первом отёле повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка.

### **2.2.7 Экономическая эффективность использования коров с разными комплексными генотипами генов липидного обмена**

Деятельность по производству молока на животноводческих фермах, независимо от вида, представляющего экономический интерес, предполагает развитие потоков деятельности как внутри системы, так и за её пределами, с целью продажи продукции. Эти виды деятельности предполагают распределение ресурсов различного рода, которые, с экономической точки зрения, отражаются в финансовых усилиях, и их результат должен быть направлен на максимизацию экономического эффекта. Таким образом, главной задачей для молочного сектора является повышение прибыльности [105, 198].

Одним из резервов увеличения генетического потенциала крупного рогатого скота, повышения конкурентоспособности производимой молочной продукции за счет снижения ее себестоимости и улучшения качества является в настоящее время это селекция направленная как на использование лучшего генофонда молочного скота, так и ДНК-технологии при совершенствовании отечественных пород [54, 60, 70]. Например, при расчетах экономической эффективности производства молока от коров с различными генотипами (установленными методом ДНК-анализа) определённых генов получены следующие результаты, что более высокий чистый доход на 1 голову был получен от коров с генотипами бета-лактоглобулина, пролактина, гормона роста *LGB/BB* (821,76-1116,08 руб.), *PRL/BB* (824,25-1107,17 руб.), *GH/LL* (774,38-1106,61 руб.)

[51] и каппа-казеина, диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, пролактина *CSN3/BB* (1270-11850 руб.), *DGAT1/AK* (876-2741 руб.) и *PRL/BB* (1694-2043 руб.) [23] по сравнению со сверстницами других генотипов.

При расчёте экономической эффективности использования коров с разными комплексными генотипами по генам липидного обмена была использована средняя цена на сырое молоко в 2021 году на территории Республика Татарстана, которая составила 29,53 рублей за 1 кг (таблица 32).

**Таблица 32 – Эффективность производства молока от первотёлок с разными комплексными генотипами по генам липидного обмена**

Показатель	AA/AA/CT <sup>Δ</sup>	AC/AA/CC	AC/AA/CT	AC/AK/CC	AC/AK/CT	AC/AK/TT	CC/AA/CC	CC/AA/CT	CC/AA/TT	CC/AK/CC	CC/AK/CT	
n	3	4	10	8	12	3	9	12	7	3	6	
Удой за лактацию, кг	6889	7819	7604	7572	7225	7182	7321	7050	6806	6678	6845	
Массовая доля жира, %	3,64	3,63	3,69	3,69	3,72	3,74	3,64	3,67	3,70	3,77	3,68	
Массовая доля белка, %	3,18	3,18	3,20	3,23	3,23	3,22	3,19	3,24	3,24	3,19	3,21	
Молоко базисной жирности и белковости на 1 голову, кг	7818	8849	8803	8848	8511	8480	8334	8219	7999	7874	7927	
Прибавка основной продукции	кг	-	1031	985	1030	693	662	516	401	181	56	109
	%	-	13,19	12,60	13,17	8,86	8,47	6,60	5,13	2,32	0,72	1,39
Цена реализации 1 кг молока, руб.	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	29,53	
Стоимость дополнительной продукции в расчёте на 1 голову, тыс. руб.	-	22,834	21,815	22,812	15,348	14,662	11,428	8,881	4,009	1,240	2,414	

Δ – Базовый вариант

Из данных таблицы видно, что от первотёлок татарстанского типа с разными комплексными генотипами по генам липидного обмена в среднем получено молока базисной жирности и белковости в количестве от 7818 кг

(генотип *AA/AA/CT* базовый вариант, особи имеющие наименьший расчётный показатель) до 8803-8849 кг (генотипы *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC*, особи имеющие наибольшие расчётные показатели).

По результатам расчётов группы коров с разными комплексными генотипами по генам липидного обмена по сравнению с аналогами базового варианта (генотип *AA/AA/CT*) выдали дополнительное количество молока в размере 56-1031 кг, что в процентном отношении составило 0,72-13,19%.

Стоимость дополнительной молочной продукции в расчёте на 1 голову по группам животных с разными комплексными генотипами по генам липидного обмена в сравнении с показателем базового варианта составила 1,240-22,834 тыс. руб.

Расчёт экономической эффективности использованию первотёлок татарстанского типа с разными комплексными генотипами по генам липидного обмена показал, что от особей генотипов *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC* по сравнению с аналогами генотипа *AA/AA/CT* в расчёте на 1 голову возможно получить наибольшую прибыль, что в денежном выражении составило 21,815-22,834 тыс. руб.

### 3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучением аллельного полиморфизма по генам липидного обмена (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*) у крупного рогатого скота и их ассоциации с показателями молочной продуктивности занимались учёные России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Полиморфизм в позиции *A8232C* гена *OLRI* был проанализирован разными авторами с участием различных типов и пород крупного рогатого скота [90].

У иранского молочного скота частота встречаемости аллелей *A* и *C* по гену *OLRI* составила 0,47 и 0,53, соответственно [171]. Почти аналогичная частота для аллелей *A* и *C* была также зарегистрирована у крупного рогатого скота в США, а именно 0,46 и 0,54 [147], у крупного рогатого скота в Польше, 0,43 и 0,57 [152], и у животных восточной анатолийской красной породы в Турции, 0,452, 0,548, соответственно [185]. Несколько другая частота аллелей по гену *OLRI* в позиции *A8232C* отмечалась у польских коров красно-пёстрой голштинской породы, и составила *A* - 0,30 и *C* - 0,70 [156].

В наших исследованиях в выборках крупного рогатого скота татарстанского типа и голштинизированной чёрно-пёстрой породы получены схожие результаты. Так, частота встречаемости *A* и *C* аллелей гена *OLRI* в 2-х популяциях составила 0,27-0,28 и 0,72-0,73, соответственно.

Противоположные результаты получены по аллельному полиморфизму гена *OLRI* в стадах турецкой серой степной и анатолийской чёрной пород, встречаемость аллельных вариантов составила: 0,6333-0,7044 (*A*) и 0,2956-0,3667 (*C*) [185].

У крупного рогатого скота большое количество QTL, влияющих на признаки производства молока, было отмечено, что ген *OLRI* влияет на удой [109, 148] и процент молочного жира и выход молочного жира [86, 99, 147, 184]. С этими результатами согласуются исследования европейских коров голштинской, симментальской и швицкой пород, которые подтвердили влияние генетических вариантов гена *OLRI* на удой, белковомолочность и жирномолочность, а также на

энергетическое содержание молока [92, 196]. Коровы с генотипами *CC* и *AC* имели высокие показатели по молочному жиру в сравнении с генотипом *AA* [147, 203]. Другие исследователи также отметили, что в молочном скотоводстве коровы с генотипом *CC* имели более высокие показатели по молочному жиру, массовой доле жира в молоке, чем у аналогов генотипа *AA* [146, 216]. В аналогичных исследованиях ген *OLRI* выступил как ген, связанный с выработкой и содержанием белка в коровьем молоке [203]. На голштинских коров ирландской селекции подтверждено, что у них генетические варианты гена *OLRI* оказывают влияние на массовую долю белка в молоке [127]. Генотип *CC* по гену *OLRI* у Сахивалского крупного рогатого скота оказывал достоверное влияние ( $P < 0,01$ ) на средний удой молока в день тестирования и выход молочного жира за лактацию [175]. Животные, несущие в своём геноме *C*-аллель по гену *OLRI*, превосходили своих аналогов с генотипом *AA* по удою, выходу молочного жира и белка [171]. В других исследованиях коровы с генотипами *CC* и *AC* по гену *OLRI* характеризовались более высокой массовой долей жира в молоке по сравнению со сверстницами генотипа *AA* [120]. Коровы с генотипом *CC* по гену *OLRI* производили больше количество молочного жира по сравнению с коровами генотипов *AC* ( $P < 0,1$ ) и *AA* ( $P < 0,01$ ). Массовая доля белка в молоке у коров генотипов *CC* и *AC* была выше, чем у коров с генотипом *AA* ( $P < 0,01$ ).

В наших исследованиях в целом получены аналогичные результаты, показывающие, что коровы татарстанского типа несущие в своём генотипе *C*-аллель по гену *OLRI*, в т.ч. принадлежащих к разным линиям голштинской породы, превосходили сверстниц с генотипом *AA* по удою, количеству молочного жира и белка.

Другим маркером, который связан с показателями молочной продуктивности, а частности с жирномолочностью, считается ген диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы (*DGATI*) [12, 104]. Данный ген фермента диацетилглицерол-О-ацетилтрансферазы (*DGATI*) используется в биосинтезе липидов и связан с жирномолочностью коров [126]. Также ген *DGATI* в позиции *K232A*

также способствовал влиянию на содержание жирных кислот в молоке крупного рогатого скота [213].

Вариации последовательности в *DGAT1* были хорошо изучены, описан полиморфизм, где имеется замена лизина (*K*) на аланин (*A*) в позиции 232 аминокислотной последовательности, известной как *K232A* [126, 219].

Показано, что *A* аллель гена *DGAT1* присутствует только среди пород *Bos taurus taurus*, но отсутствует (или представлен с очень низкой частотой) у пород *Bos taurus indicus*, *Bos grunniens*, *Bubalus bubalus* [208].

У китайского скота частота аллеля *K* для северного, центрального и южного китайского скота составила 0,2083, 0,4100 и 0,8402, соответственно, постепенно увеличиваясь у коренного китайского скота с севера на юг, в то время как частота аллеля *A* показала противоположную тенденцию с севера на юг. Кроме того, самая высокая частота аллеля *A* была обнаружена у крупного рогатого скота породы вейнинг. Для голштинского скота частота аллелей *K* и *A* составляли 0,1667 и 0,8333, соответственно, что указывает на то, что частота аллеля *A* у голштинского скота значительно выше, чем у китайского скота [162].

Изучение полиморфизма *DGAT1 K232A* (аллели *A* и *K*) основных бразильских пород: неллорской, гузератской, красной синдхи, гир, голштинской и помесей гир х голштинской ( $F_1$ ) показало, что самая высокая частота аллеля *A* была обнаружена в образце голштинской породы (0,73) [166].

Распределение частот аллелей гена *DGAT1* в популяции коров чёрно-пёстрой породы, в т.ч. помесного по голштинской породе Московской Ленинградской, Нижегородской, Ивановской областей и Республики Татарстан в РФ, а также в Республике Беларусь для *A* и *K* аллелей составила 0,286-0,419 и 0,581-0,714 [67]; 0,65-0,69 и 0,31-0,35 [71]; 0,703-0,772 и 0,228-0,297 [52]; 0,657-0,816 и 0,184-0,343; 0,600 и 0,400 [40]; 0,615 и 0,385 [111].

Среди первотёлок и возрастных коров чёрно-пёстрой и холмогорской пород по гену *DGAT1* встречаемость аллеля *A* доминирует над аллелем *K* во всех породах Республики Татарстан. В тоже время самая высокая встречаемость аллеля *DGAT1/K* была обнаружена у коров чёрно-пёстрой породы (0,29-0,31),

тогда как у сверстниц холмогорской породы она составила – 0,27-0,30 [198].

При изучении методом ПЦР (RFLP-PCR) гена *DGATI* у иранского голштинского скота частота встречаемости аллелей *K* и *A* составила 0,37 и 0,63 [155].

При изучении частоты аллелей гена *DGATI* в позиции *K232A* у шведских молочных пород, а именно: ишская молочная, шведская красная и шведская голштинская в среднем частота встречаемости варианта *K* составила 0,09-0,12 [181].

Исследования на крупном рогатом скоте отечественной костромской породы показали, что высокая частота *A* и низкая *K* аллельных вариантов гена *DGATI* характерна коров, быков и составила 0,797-0,948 и 0,052-0,203, соответственно [47].

В наших исследованиях 2-х выборок крупного рогатого скота татарстанского типа и голштинизированной чёрно-пёстрой породы получены такие же результаты, частота встречаемости у голштинизированной чёрно-пёстрой породы *A* и *K* аллелей гена *DGATI* составила 0,72 и 0,28, татарстанского типа 0,77 и 0,23, соответственно.

Противоположные результаты получены по аллельному полиморфизму гена *DGATI*. Так, у пород крупного рогатого скота боргу и белая фулани кенийского происхождения частота встречаемости аллельных вариантов гена *DGATI* в положении *K232A* составила 0,08-0,23 (аллель *A*) и 0,77-0,92 (аллель *K*) [8]. Среди индийского крупного рогатого скота Гир и Канкредж рассчитана общая частота встречаемости аллелей для *K* и *A* составила 0,915 и 0,085, соответственно [188].

Исследования бразильского помесного скота (Гир х голштинская) показали низкую частоту аллеля *A* гена *DGATI* – 0,39, также у животных Гир и красный синдхи была ещё ниже частота аллеля *A* (0,04 и 0,025, соответственно). Аллель *A* не был в образцах крупного рогатого скота из Неллора и Гузерата [166]. При изучении аллельного полиморфизма гена *DGATI* у местного иракского скота выявлено, что частота аллелей *K* и *A* составила 0,60 и 0,40, соответственно [116].

Выявлена достоверная зависимость полиморфизма гена *DGAT1* у коров голштинской породы немецкого происхождения с признаками молочной продуктивности (удой, продукция жира и белка, процентное содержание жира и белка в молоке) [106]. С этими результатами согласуются исследования европейских коров голштинской, симментальской и швицкой пород, которые подтвердили влияние генетических вариантов гена *DGAT1* на удой, белкомолочность и жирномолочность, а также на энергетическое содержание молока [92, 196].

Полиморфизм *DGAT1 A232K* как было показано ранее, оказывает значительное влияние на показатели молочной продуктивности (выход молока, содержание белка и жира, жирнокислотный состав). Достоверное снижение содержания белка в молоке и удою, увеличение содержания жира в молоке было связано с заменой на лизин (*K*-аллель). Вариант с заменой на аланин (*A*-аллель) был связан с увеличением содержания белка в молоке и удою, но снижением количества жира в молоке [167, 209].

Исследования показали, что ген *DGAT1* сильно влияет на удой и состав молока у итальянских голштинов [98], белых пород крупного рогатого скота фулани и боргу [136], симментальской и бурой швейцарской пород крупного рогатого скота в Хорватии [110].

В одном из исследований было показано, что лизин определяется аллелем *K*, характеризуется более высокой скоростью в производстве триацилглицеринов, чем вариант *A* аллель (аланиновый вариант) и, таким образом, увеличивает содержание жира в молоке животных [125]. При изучении местного иракского скота выявлено, что генотип *KK* ген *DGAT1* был значимо ( $P < 0,05$ ) ассоциирован с более высоким показателем количества молочного жира [116].

Средние удои по лактациям были достоверно ( $P < 0,05$ ) выше у коров помесной джерсейской и голштинской пород с генотипом *AA* по гену *DGAT1* по сравнению с аналогами других генотипов. Показатели содержания жира и белка в молоке у генотипов *AA* были ниже, чем у генотипа *KK* в обеих генетических группах ( $P > 0,05$ ) [157].

Айрширские коровы новолодожского типа из Ленинградской области с генотипом *AA* гена *DGATI* имели достоверно более высокий удой за 100 и 305 дней лактации по сравнению со сверстницами генотипа *AK*. Коровы с генотипом *AK* в отличие от особей с генотипом *AA* существенно различались по массовой доле жира и белка в молоке [111].

Наличие у животных генотипа *KA* по гену *DGATI* имеет значительное ( $P < 0,05$ ) влияние на удой молока, по сравнению с особями генотипа *KK* в породах крупного рогатого скота Гир и Канкредж. Аналогично, генотип *KK* имел значительное ( $P < 0,05$ ) влияние на процент жира в молоке по сравнению с *KA* в породах Гир и Канкредж [188].

У всех пород иранских буйволов, относящийся к *Bos indicus* аллель *K* гена *DGATI* связан с высоким содержанием в жира в молоке [180]. Также подтверждается, что аллеле *K* у некоторых пород буйволов, который считается основным фактором, отвечающим за высокую жирность молока у буйволиц [208, 165, 186].

По гену *DGATI* от первотелок холмогорской породы татарстанского типа с генотипом *AA* жирность и белковость молока была выше, чем у сверстниц с генотипом *AK* [78]. А среди другой популяции холмогорской породы коровы российского происхождения с аллелем *K* в геноме, наоборот, характеризовались более высокой массовой долей жира в молоке и молочной продуктивностью [40].

Анализ коров шведских молочных пород показал, что вариант *K* был связан с увеличением содержания жира и белка в молоке, но меньшим удоём по сравнению с вариантом *A*. Менее выраженные эффекты были обнаружены для выхода молочного жира и белка, для которых вариант *K* ассоциировался с большим выходом молочного жира, но меньшим выходом молочного белка [181].

В группах чистопородного и помесного коров ярославской породы прослеживалась тенденция к снижению удоёя и повышению массовой доли жира и белка в молоке, выхода молочного жира у коров, несущих *K* аллель гена *DGATI*, в сравнении со сверстницами с генотипом *AA* [40].

Первотелки голштинской породы чешского происхождения и чистокровные

и помесные коровы джерсейской породы индийского происхождения с гомозиготным генотипом *KK* гена *DGATI* характеризовались наиболее высокими показателями средней массовой доли жира [140, 97] и белка в молоке, выходом молочного жира, что было достоверно выше, чем у аналогов с генотипами *KA* и *AA* [97].

По сравнению с голштинскими коровами голландского происхождения генотипа *AA* особи с генотипом *KK* гена *DGATI* превосходили по выходу молочного жира, но в то же время уступали по суточному удою и выходу молочного белка [214].

У первотёлок чёрно-пёстрой породы Республики Татарстан с генотипом *AK* гена *DGATI* уровень молочной продуктивности был выше, чем с другими генотипами. Количество молочного жира и белка также была выше у коров с генотипом *DGATI/AK*. Первотёлки с генотипом *DGATI/KK* имели больше жирность и белковость молока, чем аналоги с генотипами *DGATI/AA* и *DGATI/AK* [62]. В условиях Республики Татарстан по массовой доле жира в молоке чёрно-пёстрые первотёлки с генотипом *DGATI/KK* превосходили особей с генотипом *DGATI/AK*. По массовой доле белка и казеина в молоке животные с генотипом *DGATI/AK* имели значительное преимущество [72].

Изучение влияния генотипов на признаки лактации показало, что коровы голштинской × джерсейской породы с генотипом *AK DGATI* имели более высокую массовую долю жира в молоке по сравнению со сверстницами с генотипом *AA* [172].

В наших исследованиях в целом получены аналогичные результаты, показывающие, что коровы татарстанского типа имеющие генотип *AA* по гену *DGATI*, в т.ч. принадлежащих к разным линиям голштинской породы, превосходили сверстниц с генотипом *AK* по удою, количество молочного жира и белка, но в тоже время по массовой доле жира в молоке тенденция была противоположной.

Ген лептина (*LEP*) и его полиморфные варианты аллели и генотипы могут рассматриваться как один из потенциальных маркеров производства молока и мяса [101].

При изучении генетических изменений в гене лептина у породы крупного рогатого скота (восточно-анатолийская красная), частота аллелей *T* и *C* составила 0,48 и 0,52, соответственно [170].

При изучении у крупного рогатого скота пород пинцгау и словацкой пятнистой выявлено, что по встречаемости преобладал аллель *A* (*C*) гена *LEP* – 0,69 (пинцгау) и 0,83 (словацкий пятнистый скот) [178].

Среди коров голштинской породы Республики Татарстан частота встречаемости аллелей *C* и *T* у изучаемого гена составила: 0,570 и 0,430 соответственно [82].

После проведения ДНК-исследования скота японского черного скота определены частоты аллелей *C* и *T* гена *LEP* в соотношении 0,71 и 0,29, соответственно [81].

По данным исследований на голштинском скоте распределение частот аллелей *C* (*A*) и *T* (*B*) гена *LEP* было следующим: *C* - 0,41-0,62 и *T* - 0,38-0,59 (Республика Татарстан) [25, 26, 57], *A* - 0,91 и *B* - 0,09 (привезены из Венгрии в Рязанскую область) [5], соответственно.

При изучении аллельного полиморфизма гена *LEP* у коров украинского происхождения украинской черно-пестрой, красной степной, красной пород установлено, что частота аллелей *C* (*A*) и *T* (*B*) составляет 0,630-0,815 и 0,185-0,370 [111, 123], 0,587-0,636 и 0,364-0,413; 0,587-0,659 и 0,341-0,413 [123] соответственно. Аналогичные исследования на коровах украинского происхождения показали, что у всех пород (красно-пестрая, черно-пестрая, красная) частота аллеля *C* (*A*) (0,676-0,770) гена *LEP* преобладала над встречаемостью аллеля *T* (*B*) (0,060 - 0,152) [96].

Также сообщается, что частота встречаемости аллеля *T* (*B*) гена лептина у различных пород крупного рогатого скота зарубежной селекции составляла в

среднем от 0,21 до 0,50: симментальская (0,21), брангус (0,40), ангусская (0,27), голштинская (0,29), желтая (0,28), лимузинская (0,30), герефорд (0,50) [139, 191].

Исследования иностранного молочного скота голштинской породы по распределению аллелей  $C$  ( $A$ ) и  $T$  ( $B$ ) гена  $LEP$  показали, что их частота составила:  $A - 0,256$ ,  $B - 0,744$  (Беларусь) [10],  $C - 0,58$  и  $T - 0,42$  (Чехия) [140],  $A - 0,7975$ - $0,947$ ,  $B - 0,053$ - $0,2025$  (Иран) [133, 200].

В наших исследованиях в выборках крупного рогатого скота татарстанского типа и голштинизированной чёрно-пёстрой породы получены схожие результаты. Так, частота встречаемости  $C$  и  $T$  аллелей гена  $LEP$  в 2-х популяциях составила  $0,59$ - $0,61$  и  $0,39$ - $0,41$ , соответственно.

Противоположные результаты получены по аллельному полиморфизму гена  $LEP$ . Так в стадах восточно-анатолийского красного и лимузинского скота частота встречаемости аллельного варианта  $T$  по сравнению  $C$  выше, и составила  $0,54$  и  $0,52$ , соответственно [74, 170]. Тогда как у животных брахманской породы обнаружен только один аллель  $T$  ( $B$ ) ( $1,0$ ) и один генотип  $TT$  ( $100\%$ ) гена лептина [139, 191].

Генотипы лептина оказывали значительное влияние на период лактации, общий удой за 300 дней и количество дней до достижения пика удоя во время первой лактации у коров породы *Narjan*. Гомозиготные коровы ( $AA$ ) имели тенденцию к значительному превосходство по продолжительности периода лактации ( $P < 0,05$ ), общему надоем молока и удою за 300 дн. лактации по сравнению с аналогами генотипов  $AB$  и  $BB$  в первой лактации [94].

Результаты статистического анализа между полиморфизмом  $Sau3A1$  и параметрами производства молока - надоем молока, белка и жира (кг) не были значительными. Сравнение крупного рогатого скота пород Пинцгау и Словацкая пятнистая с одинаковым генотипом показало значительный эффект у коров породы пинцгау с генотипом  $AA$  генотипа на выход молока и белка ( $P \leq 0,05$ ) [94].

Данные Банос и др. говорят о том, что вариант  $T$  был связан с меньшим содержанием жира, белка содержанием жира, белка и удоем; в то время как

аллель *C* показывает корреляцию с различными признаками качества молока у коров голштинской породы [178].

Отсутствие генотипа *BB* и значительных различий по исследуемым функциональным признакам между двумя генотипами *SAU3AI*, а также отсутствие полиморфизма *A59V* (наличие только генотипа *CC*) показывает, что бушинская порода скота, хотя и является автохтонной низкопродуктивной местной отечественной породой, используемая для производства мяса и молока, обладает полиморфизмом по генетическим маркерам характерным для высокопродуктивных молочных коров [174].

Коровы голштинской породы в Республике Татарстан, несущие генотип *LEP CC*, имели более высокую молочную продуктивность, аналоги с генотипом *LEP CT* и *LEP TT* – соответственно меньшей молочной продуктивностью. Наибольшая массовая доля жира в молоке отмечена у особей с генотипом *LEP CT*, на втором месте – животные с генотипом *LEP TT*, на третьем – особи с генотипом *LEP CC*. По массовой доле белка в молоке распределение генотипов было следующим, а именно *LEP CT*, *LEP TT* и *LEP CC* [25, 26].

Полученные данные показывают, что генотип *AA*, гомозиготный по гену *LEP*, ассоциирован с наиболее высокими удоями, массовой долей жира и молочного белка у коров голштинской породы [210]. В других исследованиях с коровами голштинской породы канадского происхождения разница по удою между особями с генотипами *LEP AA* и *LEP AB* составила 128 кг, а между аналогами венгерского происхождения – 227 кг [65].

Молочная продуктивность высшей группы племенных коров Архангельской области холмогорской породы снижалась в ряду генотипов *AA>AB>BB* гена *LEP*, а массовая доля жира и белка в молоке, увеличивалась в следующем порядке *AA<AB<BB*. У особей с генотипом *AB*, было оптимальное сочетание уровня удоя с наиболее высокой массовой долей жира и белка в молоке, выходом молочного жира и белка [3]. Аналогичные исследования на коровах холмогорской породы российской селекции также показали, что самые высокие удои были у особей с генотипом *LEP AA* [4].

Среди коров ярославской породы Ивановской области наибольшей массовой долей жира в молоке характеризовались особи, несущие в своём генотипе *B* аллель гена *LEP*, причём достоверная разница между генотипами *AB* и *AA*. По удою и массовой доле белка в молоке, животные с разными генотипами гена *LEP* отличались незначительно [31].

В наших исследованиях в целом получены аналогичные результаты, показывающие, что коровы татарстанского типа имеющие генотип *CC* по гену *LEP*, в т.ч. принадлежащих к разным линиям голштинской породы, превосходили сверстниц с генотипами *CT* и *TT* по удою, количество молочного жира и белка, но в тоже время по массовой доле жира и белка в молоке тенденция была противоположной.

Тем не менее имеются и противоположные результаты получены по значимому влиянию аллеля *T* гена лептина на молочную продуктивность. Бьюшенен и др. (2003) сообщили, что аллель *T* гена лептина крупного рогатого скота приводит к более высокому производству молока [144]. Komisarek и Dorynek (2005) сообщают, что генотип *Arg4Cys TT* имеет высокий значительный эффект для увеличения удоя [100]. Аллель *T* гена лептина крупного рогатого скота приводит к более высокое производство молока [144]. При этом генотип *Arg4Cys TT* имеет высокий значимый эффект для увеличения удоя [100].

У голштинских коров иранского происхождения с генотипом *AB* гена *LEP* значительно превосходили по молочной продуктивности аналогов с гомозиготными генотипами. Кроме того, гетерозиготные коровы по сравнению с аналогами с генотипом *AA* имели более высокий выход молочного жира на 0,34 кг/сутки в течение первых 12 недель лактации [133].

Изучая ассоциации гена лептина с динамикой молочной продуктивности за три лактации коров голштинской породы выявлено, что наилучшие показатели по всем трем лактациям были выявлены в группе животных с генотипом *TT* гена *LEP* [82].

По молочной продуктивности первотелки голштинской породы Республики Татарстан с генотипом *LEP TT* достоверно превосходили аналогов с генотипами

*LEP TC* на 673,4 кг (8,9%,  $P \leq 0,01$ ) и *LEP CC* на 459,1 кг (6,1%). Кроме того, особи с генотипом *LEP TT* имели преимущество перед сверстниками из других групп с генотипами *LEP CC* и *LEP TC* по массовой доле жира в молоке на 0,04 и 0,17% соответственно [57].

Генетическим анализом гена *LEP* определено, что животные с генотипом *CC* имели значительно более высокий процент белка в молоке за лактацию ( $P < 0,05$ ), чем другие генотипы у венгерской симментальской породы [87].

Коровы чистопородные и помесные по джерсейской породе индийского происхождения с гомозиготным генотипом *CC* гена лептина характеризовались наиболее высокой средней массовой долей жира в молоке, что было достоверно ( $P < 0,05$ ) выше, чем у сверстниц с гетерозиготным генотипом *CT* [97].

В целом в группах коров украинской красной, украинской чёрно-пёстрой и украинской красно-пёстрой пород с генотипом *CT* по локусу гена лептина (*LEP*) в сравнении с аналогами других генотипов имели наилучшие по молочной продуктивности [203].

На основании проведённых исследований сделаны следующие **выводы**:

1. В стадах быков-производителей голштинизированной чёрно-пёстрой породы и первотёлок татарстанского типа преобладали аллель *C* (0,72-0,73) и генотип *CC* 49,4-55,2% гена *OLR1*; *A* (0,72-0,77) и генотип *AA* 50,0-57,0% гена *DGAT1*; *C* (0,59-0,61) и генотип *CT* 53,4-57,0% гена *LEP*, соответственно. В зависимости от линейной принадлежности животных в целом тенденция частоты встречаемости аллелей сохранилась и составила для аллеля *C* (0,68-0,88) гена *OLR1*; аллеля *A* (0,50-1,0) гена *DGAT1*; аллеля *C* (0,50-0,75) гена *LEP*. Среди популяций пород голштинизированной чёрно-пёстрой и татарстанского типа из 27 возможных комплексных генотипов генов липидного обмена (*OLR*, *DGAT1*, *LEP*) встречалось 18 и 12 генотипов, соответственно. В этих 2-х выборках наибольшая встречаемость комплексных генотипов генов липидного обмена была *ССААСС*, *ССААСТ*, *ССАКСТ* (12,0-15,5%) и *АСААСТ*, *АСАКСТ*, *ССААСТ* (12,6-15,2%), соответственно.

2. При оценке быков-производителей с разными отдельными и комплексными генотипами генов липидного обмена по происхождению выявлены высокие показатели РИБ (родословный индекс быка) по удою и жиру у быков с генотипом *AC* гена *OLR* (9510 кг и 3,95%), в т.ч. с генотипом *OLR1/AC* линий М. Чифтейна (10105 кг) и В. Айдиала (3,95%); с генотипами *KK* (9429 кг) и *AA* (3,91%) гена *DGAT1*, в т.ч. с генотипами *DGAT1/AK* линии М. Чифтейна (10185 кг) и *DGAT1/AA* линии Р. Соверинга (4,02%); с генотипами *TT* (9137 кг) и *CC*, *CT* (3,91%) гена *LEP*, в т.ч. с генотипами *LEP/CT* (8860 кг) и *LEP/CC* (3,92%) линии В. Айдиала. Наибольшая оценка по удою и массовой доле жира в молоке была у быков с комплексными генотипами *ACAACC*, *ACAACCT* (10511-10564 кг) и *ACAACC* (4,09%).

3. Анализ молочной продуктивности первотёлок татарстанского типа с разными генотипами генов липидного обмена показал, что наибольшие показатели по удою, количеству молочного жира и белка были у коров с генотипами *AC* и *CC* гена *OLR1*, в т.ч. с генотипами *OLR1/AC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга; с генотипом *AA* гена *DGAT1*, в т.ч. с генотипом *DGAT1/AA* линии Р. Соверинга; с генотипами *CC* и *CT* гена *LEP*, в т.ч. с генотипом *LEP/CC* линий В. Айдиала и Р. Соверинга. Наибольшие показатели молочной продуктивности (удой, количество молочного жира и белка) выявлены у коров татарстанского типа с комплексными генотипами генов липидного обмена (*OLR1*, *DGAT1*, *LEP*) отличались три комплексных генотипа *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC*.

4. Установлено, что с увеличением продолжительности сервис-периода повышается удой, количество молочного жира и белка у коров холмогорской породы татарстанского типа с генотипами *OLR1/AC*, *OLR1/CC*, *DGAT1/AA*, *DGAT1/AK*, *LEP/CC*, *LEP/CT*, (96-109 дн., 110 дн. и более), за исключением аналогов с генотипами *LEP/TT*, у которых наибольшая продуктивность была при наименьшей продолжительности сервис-периода (до 95 дн.).

Более высокую молочную продуктивность имели первотёлки с генотипами *OLR1/AC*, *OLR1/CC*, *DGAT1/AA*, *DGAT1/AK*, *LEP/CC*, *LEP/CT*, отелившиеся в более позднем возрасте (24,1-26,0 мес., 26,1 мес. и более), за исключением коров с

генотипами *LEP/TT* у которых наибольшая продуктивность была при наименьшем возрасте первого отёла (до 24,0 месяцев).

Наилучшие показатели молочной продуктивности были у коров с генотипами *OLRI/AC*, *DGATI/AK*, *LEP/CC*, *LEP/CT*, *LEP/TT*, имеющие наибольшую живую массу при первом отёле (481-520 кг, 521 кг и более), за исключением сверстниц с генотипами *OLRI/CC*, *DGATI/AA* у которых была выше продуктивность при наименьшей живой массе при первом отёле (до 480 кг).

5. Расчёты показали, в условиях Республики Татарстан экономически обосновано получение молока от первотёлок татарстанского типа с комплексными генотипами генов липидного обмена *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC*, по сравнению со сверстницами генотипа *AA/AA/CT* получено дополнительно за лактацию 985-1031 кг (12,60-13,19%) молока, что в денежном выражении составило 21,815-22,834 тыс. руб.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота татарстанского типа следует опираться на коров, несущих в своём геноме аллели *OLR1/C*, *DGAT1/A*, генотип *LEP/CT* и комплексные генотипы *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC*.

2. Племенным хозяйствам разводящих крупный рогатый скот татарстанского типа следует учитывать полученные нами результаты исследований.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая работа будет направлена на изучение аллельных вариантов генов *OLR1*, *DGAT1*, *LEP*, включая другие гены липидного обмена у крупного рогатого скота различных пород. Выявление влияния генотипов генов липидного обмена не только на показатели молочной продуктивности крупного рогатого скота, но поиск ассоциации с воспроизводительными качествами и другими хозяйственно-полезными признаками.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- Амплификатор** (термоциклёр) – прибор, предназначенный для проведения ПЦР.
- Амплификация** – процесс многократного копирования специфического участка ДНК (кДНК), ограниченного (фланкированного) праймерами.
- АС-ПЦР** – аллель-специфичная полимеразная цепная реакция (AS-PCR – Allele-Specific-Polymerase Chain Reaction).
- Ген** – участки ДНК или РНК, детерминирующие последовательность мономерных звеньев в кодируемых ими полипептидах или полинуклеотидах.
- Генетические маркеры** – нуклеотидные последовательности с известной первичной структурой, которые позволяют проводить идентификацию анализируемой НК.
- ДНК** – дезоксирибонуклеиновая кислота.
- НК** – нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК).
- П.о.** – пар оснований (**bp** – base pair).
- ПДРФ** – полиморфизм длины рестрикционных фрагментов (RFLP – Restriction Fragment Length Polymorphism).
- Праймеры** – короткие последовательности нуклеотидов (чаще 20-25) комплементарные концевым участкам изучаемого гена.
- ПЦР** – полимеразная цепная реакция (PCR – Polymerase Chain Reaction).
- ЭДТА** – этилендиаминтетрауксая кислота (EDTA – ethylenediaminetetraacetic acid).
- ЭКЕ** – энергетическая кормовая единица.
- A** – adenosine (A – аденозин).
- C** – cytosine (Ц – цитозин).
- DGATI** – ген диацилглицерол-О-ацилтрансферазы.
- dNTPs** – deoxynucleosidtriphosphates (дНТФ – дезоксинуклеозидтрифосфаты).
- G** – guanosine (Г – гуанозин).
- LEP** – ген лептина.
- OLRI** – ген рецептора липопротеина низкой плотности.
- PstI** – эндонуклеаза рестрикции, из штамма *E. coli* несущего клонированный ген *PstI* из *Providencia stuartii* (сайт узнавания: CTGCA↑G).
- QTL** – Quantitative Trait Loci's (гены или локусы количественных признаков).
- T** – thymidine (Т – тимидин).
- TagI** – эндонуклеаза рестрикции, из штамма *E. coli* несущего клонированный ген *TagI* из *Thermus aquaticus* (сайт узнавания: T↑CGA).

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ахметов, Т.М. Оптимизация техники выделения ДНК из крови и спермы / Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, Ф.М. Нургалиев // Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2011. – Т. 205. – С. 18-23.
2. Аширов, М.И. Продуктивные качества коров голштинской породы с разной живой массой при первом отёле / М.И. Аширов, У.Т. Рахимов, Ф.Б. Бариддинов. – матер. междунар. науч. практ. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых «Ветеринарная медицина в XXI веке: роль биотехнологий и цифровых технологий». – Витебск : ВГАВМ, 2021. – С. 183-186.
3. Багаль, И.В. Полиморфизм генов молочных белков и гормонов у коров высшей селекционной группы холмогорской породы : дис. ... канд. биол. наук : 06.02.07 / Багаль Ирина Евгеньевна. – Лесные Поляны Московской области,. –2017. – 152 с.
4. Багаль, И.Е. Молочная продуктивность коров холмогорской породы с разными генотипами генов гормонов / И. Е. Багаль [и др.] // Зоотехния. – 2015. -№ 9. – С. 23-26.
5. Беган, М.А. Полиморфизм генов лептина (LEP), тиреоглобулина (TG) и бета-казеина (CSN2) у голштинских коров / М.А. Беган, Я.А. Хабибрахманова, Л.А. Калашникова, В.Г. Труфанов. – сб. науч. тр. ВНИИ овцеводства и козоводства. – 2014. – Т. 3. - № 7. – 487-491.
6. Братушка, Р.В. Влияние возраста первого отёла на эффективность хозяйственного использования коров украинской чёрно-пёстрой молочной породы / Р.В. Братушка // Розведення і генетика тварин. – 2013. - № 47. – С. 119-125.
7. Варламова, М.И. Полиморфизм гена лептин голштинской породы крупного рогатого скота // М.И. Варламова, Ш.К. Шакиров, Н.Ю. Сафина, [и др.] // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. – 2020. - № 3 (47). – С. 3-6.
8. Вельматов, А.П. Комплексное влияние генотипов каппа-казеина и бета-лактоглобулина на молочную продуктивность и технологические свойства

молока коров красно-пёстрой породы в Республике Мордовия / А.П. Вельматов, Н.Н. Неяскин, Н.О. Тельнов // Огарёв-Online. – 2017. – № 1 (90). – С. 9.

9. Володин, В.В. Влияние сервис-периода на молочную продуктивность коров / В.В. Володин, А.А. Литвинов, Е.В. Улитин. – матер. науч. практ. конф. «Теоретические и практические аспекты развития современной науки». – Уфа, 2019. – С. 94-98.

10. Ганджа, А.И. Полиморфизм гена лептина и его влияние на показатели молочной продуктивности коров / А.И. Ганджа и [др.]. // Зоотехническая наука Беларуси. – 2017. – Т. 52. - № 1. – С. 37-45.

11. Ганиев, А.С. Молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от возраста первого отёла / А.С. Ганиев // Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2018. – Т. 233. – С. 30-34.

12. Ганиев, А.С. Полиморфизм гена жирномолочности крупного рогатого скота / А.С. Ганиев, Р.Р. Шайдуллин // Ученые записки казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – С. 30-35.

13. Ганиев, А.С. Сервис-период и молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 / А.С. Ганиев, Ф.С. Сибагатуллин, Р.Р. Шайдуллин, Т.Х. Фаизов // Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2018. – Т. 234 (2). – С. 67-73.

14. Герасимова, А.С. Анализ показателей воспроизводства бурого швицкого скота Смоленской области / А.С. Герасимова // Международный вестник ветеринарии. – 2022. - № 4. – С. 387-394. [<https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.4.387>].

15. Гилемханов, И.Ю. Влияние возраста первого отёла и генотипа у коров на молочную продуктивность и качество молока / И.Ю. Гилемханов, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.] // Научный альманах. – 2021. - № 7-1 (81). – С. 98-102.

16. Гилемханов, И.Ю. Влияние живой массы при первом отёле и генотипа у коров на молочную продуктивность и качество молока / И.Ю. Гилемханов //

Вестник научных конференций. – 2021. - № 7-2 (71). Междунар. научн. практ. конф. «Актуальные вопросы образования и науки». – Тамбов, 2021. – С. 42-45.

17. Гилемханов, И.Ю. Влияние сервис-периода и генотипа у коров на молочную продуктивность и качество молока / И.Ю. Гилемханов, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.] // Научный альманах. – 2021. - № 7-1 (81). – С. 103-107.

18. Горелик, А.С. Оценка влияния длительности сервис-периода на молочную продуктивность коров / А.С. Горелик, М.Б. Ребезов, А.А. Белооков, [и др.] // Аграрная наука. – 2023. – 366. - № 1. – С. 49-52. [<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-49-52>].

19. ГОСТ Р 52054-2003. Молоко коровье сырое. Технические условия (с изменением № 1) – М.: Стандартинформ, 2003. – 12 с.

20. Гридин, В.Ф. Взаимосвязь молочной продуктивности коров-первотелок уральского типа черно-пестрой породы с живой массой при отёле / В.Ф. Гридин, С.Л. Гридина // Вестник биотехнологии. – 2020. - № 2 (23).

21. Деева, В.С. Влияние возраста отёла на продуктивность коров / В.С. Деева, А.С. Дуров // Вестник Новосибирского ГАУ. – 2016. – № 1 (38). – С. 126-133.

22. Дунин, И.М. Правила оценки молочной продуктивности коров молочных и молочно-мясных пород (СНПлем Р 23-97): сб. правовых и нормативных актов к федеральному закону «О племенном животноводстве» / И.М. Дунин [и др.]. - М.: ВНИИплем, 2000. - Вып. 1. - 285 с.

23. Загидуллин, Л.Р. Эффективность производства молока от коров с различным генотипом / Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, Р.Р. Шайдуллин, [и др.]. – Материалы Казанского международного конгресса евразийской интеграции. – Казань, 2021. – С. 63-71.

24. Загороднев, Ю.П. Влияние возраста первого отёла на функциональные свойства коров и их пожизненную продуктивность / Ю.П. Загороднев. – междунар. науч. практ. конф. «Актуальные вопросы и достижения современной науки». – Астана, Казахстан, 2018. – С. 141-144.

25. Зиннатов, Ф.Ф. Взаимосвязь полиморфизм генов липидного обмена (LEP, TG5) с молочной продуктивностью крупного рогатого скота / Ф.Ф. Зиннатов, А.Р. Шамсова, Ф.Ф. Зиннатова, [и др.] // Учёные записки Казанской ГАВМ. – 2017. – Т. 231.– С. 72-75.

26. Зиннатова, Ф.Ф. Изучение связи гена лептина (LEP) с молочной продуктивностью у коров голштинской породы с применением ПДРФ-анализа / Ф.Ф. Зиннатова, А.Р. Шамсова, Ф.Ф. Зиннатов и [др.]. – матер. XII междунар. научно-практ. конф. – 2017. – С. 1-3.

27. Зиновьева, Н.А. Методические рекомендации по использованию метода полимеразной цепной реакции в животноводстве / Н.А. Зиновьева, А.Н. Попов, Л.К. Эрнст, [и др.]. – Дубровицы: ВИЖ. – 1998. – 47 с.

28. Калашников, А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие / Под ред. А.П. Калашникова и др. – 3-е изд. перераб. и допол. – М.: 2003. – 456 с.

29. Комков, Д.Г. Продолжительность и интенсивность использования коров с разным возрастом и живой массой при первом отёле / Д.Г. Комков, Р.М. Кертиев, Н.М. Кертиева // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 7. – С. 42-45.

30. Кровикова, А.Н. Молочная продуктивность коров в зависимости от продолжительности сервис-периода / А.Н. Кровикова, Т.В. Лепёхина, Е.Н. Болотова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 5 (107). – Ч. 1. – С. 171-174.

31. Кудрявцева, О.В. Генетическая обусловленность группой и индивидуальной фенотипической изменчивости уровня признаков молочной продуктивности у коров ярославской породы / О.В. Кудрявцева, А.Е. Колганов, Д.К. Некрасов, М.С. Федосова // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2017. – № 4 (21). – С. 78-80.

32. Ламара, М. Влияние генов липидного обмена и возраста первого отёла на молочную продуктивность коров татарстанского типа / М. Ламара, Л.Р.

Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.] // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2023. - № 1. – С. 52-57.

33. Ламара, М. Влияние генов липидного обмена и длительности сервис-периода на молочную продуктивность коров / М. Ламара, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.]. – Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Инновационные подходы в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных в современных условиях индустриального производства». – Казань, 2023. – С. 47-54.

34. Ламара, М. Влияние генов липидного обмена и живой массы при первом отёле на молочную продуктивность коров татарстанского типа / М. Ламара, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.] // Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2023. – Т. 254 (2). – С. 139-145.

35. Ламара, М. Молочная продуктивность и качество молока коров с разными генотипами OLR1 и линейной принадлежности / М. Ламара, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.] // Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2023. – Т. 253 (1). – С. 163-167. [[https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_1\\_253\\_163](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_253_163)].

36. Ламара, М. Оценка по происхождению быков разных генотипов по генам липидного обмена, связанных с молочной продуктивностью и качеством молока / М. Ламара, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.]. – материалы Казанского международного конгресса евразийской интеграции. – Казань, 2022. – С. 9-15.

37. Ламара, М. Оценка по происхождению быков с разными генотипами по генам липидного обмена и линейной принадлежности / М. Ламара, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, [и др.] // Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2023. – Т. 253 (1). – С. 168-173. [[https://doi.org/10.31588/2413\\_4201\\_1883\\_1\\_253\\_168](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_253_168)].

38. Ламара, М. Полиморфизм гена OLR1 в выборке быков-производителей Республики Татарстан / М. Ламара, Г.Х. Халилова, Р.У. Зарипов, [и др.] – материалы Казанского международного конгресса евразийской интеграции. – Казань, 2022. – С. 15-22.

39. Ламара, М. Полиморфизм генов лептина и диацилглицерол-О-ацилтрансферазы у голштинизированных чёрно-пёстрых быков / М. Ламара, Л.Р. Загидуллин, Т.М. Ахметов, Р.Р. Шайдуллин, С.В. Тюлькин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2022. - № 2. – С. 43-48.

40. Ларионова, П.В. Разработка и экспериментальная апробация систем анализа полиморфизма генов-кандидатов липидного обмена у крупного рогатого скота : дис. канд. биол. наук: 03.00.23, 06.02.01 / Ларионова Полина Валентиновна. – Дубровицы, – 2006. – 127 с.

41. Леонова, М.А. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М.А. Леонова, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк, [и др.] // Молодой учёный. – 2013. - № 12 (59). – С. 612-614.

42. Леутина, Д.В. Влияние живой массы при первом отеле на продуктивные качества коров отечественной селекции в хозяйствах Смоленской области / Д.В. Леутина, Е.А. Прищеп, А.С. Герасимова. – матер. II междунард. науч. практ. конф. «Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы» – Вологда, 2019. – С. 98-103.

43. Меркурьева, Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных / Е.К. Меркурьева. – М.: Колос, 1970. – 424 с.

44. Михалюк, А.Н. Влияние гена-маркера жирномолочности диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) на жирнокислотный состав и органолептические свойства образцов масла сливочного, выработанного из молока коров отечественной селекции / А.Н. Михалюк // Вестник Национальной академии наук Беларуси. – 2022. – Т. 60. – № 2. – С. 213-222. [<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-213-222>].

45. Овсяников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсяников. – М.: Колос, 1976. – 303 с.

46. Павлова, Е.И. Влияние сервис-периода на молочную продуктивность коров-первотёлок / Е.И. Павлова, Н.И. Татаркина. – матер. LIV студенческой науч. практ. конф., посвященной памяти 75-летия Победы в Великой отечественной войне. – Тюмень, 2020. – С. 433-437.

47. Перчун, А.В. Оценка костромской породы крупного рогатого скота по ДНК-маркерам хозяйственно-полезных признаков: дис. канд. биол. наук : 06.02.07 / Перчун Алексей Валерьевич. – п. Каравеево, Костромская область. – 2015. – 121 с.

48. Петрухина, Л.Л. Влияние возраста первого осеменения и живой массы на молочную продуктивность коров / Л.Л. Петрухина, С.Л. Белозерцева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50. – № 2. – С. 57–63. [<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-7>].

49. Петрухина, Л.Л. Влияние возраста первого отёла на пожизненную продуктивность и продуктивное долголетие / Л.Л. Петрухина, С.Л. Белозерцева. – матер. III междунар. науч. практ. конф. «Научное обеспечение животноводства Сибири». – Красноярск, 2019. – С. 201-204.

50. Петухов, В.Л. Ветеринария генетика / В.Л. Петухов, А.И. Жигачев, Г.А. Назарова. – М.: Агропромиздат, 1996. – 384 с.

51. Пешко, Н.Н. Экономическая эффективность производства молока от коров с различными генотипами по генам бета-лактоглобулина, пролактина и гормона роста / Н.Н. Пешко – матер. XXI междунар. науч. практ. конф. «Современные технологии сельскохозяйственного производства: экономика, бухгалтерский учёт, общественные науки». - Гродно: ГГАУ, 2018. - С. 89-91.

52. Позовникова, М.В. Полиморфизм генов LGB, PRL, GH, PIT-1 и DGAT1 и анализ ассоциации их генотипов с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота : дис. ... канд. биол. наук : 06.02.07 / Позовникова Марина Владимировна. – СПб, – 2017. – 138 с.

53. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 19 мая 2014 г. № 163 «О мерах по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2012 г. № 1370».

54. Пустотина, Г.Ф. Эффективность производства молока от коров разных генотипов / Г.Ф. Пустотина // Вестник Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. - № 9. – С. 303-307.

55. Расулова, П.Т. Влияние возраста и живой массы при первом отёле на молочную продуктивность коров / П.Т. Расулова, А.С. Карамеева, Т.Б. Рузиев, С.В. Карамеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 316-320. [<https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-92-6-316-320>].

56. Ревина, Г.Б. Зависимость плодовитости первотёлок от возраста отёла и живой массы / Г.Б. Ревина, Л.И. Асташенкова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. - № 8-1 (86). – С. 93-95. [<https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.86.8.016>].

57. Сафина, Н.Ю. Характеристика биологической эффективности и полноценности молочной продуктивности голштинских коров-первотёлок с разными генотипами лептина (LEP) / Н.Ю. Сафин // Вестник Курской ГСХА. – 2018. - № 4. – С. 131-133.

58. Селионова, М.И. Молекулярно-генетические маркеры в селекционной работе с разными видами сельскохозяйственных животных / М.И. Селионова, Е.А. Гладырь, Т.И. Антоненко, С.С. Бурьлова // Вестник АПК Ставрополя. – 2012. - № 2 (6). – С. 30-35.

59. Сиряк, В.А. Продолжительность и эффективность использования молочных коров в зависимости от интенсивности их роста / В.А. Сиряк, Ю.П. Полупан, Р.В. Ставецкая // *Inovații în zootehnie și siguranța produselor animaliere – realizări și perspective*: conferința științifico-practică cu participare internațională dedicată celei de-a 65-a aniversări de la fondarea Institutului (30 septembrie - 01 octombrie). – Maximovca, 2021. – P. 503-512. [URL: [file:///C:/Users/Ya.UsER/Downloads/\\_Volum%20lucrări%20Conferinta\\_%2065\\_ISPZ MV-1.pdf\\_%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Ya.UsER/Downloads/_Volum%20lucrări%20Conferinta_%2065_ISPZ%20MV-1.pdf_%20(1).pdf)].

60. Сударев, Н.П. Эффективность использования коров ярославской породы разных генотипов по голштинам / Н.П. Сударев, Д. Абылкасымов, О.В. Абрампальская [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. - № 7. – С. 20-24.

61. Тюлькин, С.В. Использование ДНК-анализа для тестирования крупного рогатого скота по генам молочных белков и гормонов / С.В. Тюлькин, Э.Ф. Валиуллина, Т.М. Ахметов, [и др.] / Методические рекомендации ФГБНУ ВНИИплем МСХ РФ. – М.: ФГБНУ ВНИИплем, 2013. – 22 с.

62. Тюлькин, С.В. Молекулярно-генетическое тестирование крупного рогатого скота по генам белков молока, гормонов, фермента и наследственных заболеваний : дис. докт. биол. наук: 06.02.07 / Тюлькин Сергей Владимирович. – Казань, 2019. – 349 с.

63. Тюлькин, С.В. Разработка способа проведения ПЦР-ПДРФ на примере DGAT1-гена крупного рогатого скота / С.В. Тюлькин, Р.Р. Вафин, А.В. Муратова, [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015 - № 2-17 – С. 3773-3775.

64. Тюлькин, С.В. Способ проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования крупного рогатого скота по аллелям А и К гена DGAT1. Патент на изобретение РФ № 2528743 / С.В. Тюлькин, Р.Р. Вафин, А.В. Муратова, [и др.] // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». – опубликовано 20.09.2014. – Бюл. № 26.

65. Хабибрахманова, А.Я. Полиморфизм гена лептина (LEP) и его взаимосвязь с молочной продуктивностью голштинских коров // А. Я. Хабибрахманова [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб науч. тр. – Гродно. – 2014. – Т. 26 : Зоотехния. – С. 301-305.

66. Харзинова, В.Р. Изучение генотипов ДНК-маркеров GH, DGAT1 и TG5 в связи с линейной принадлежностью и уровнем молочной продуктивности чёрно-пёстрой породы : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.07 / Харзинова Вероника Руслановна. – Дубровицы. – 2011. – 115 с.

67. Харзинова, В.Р. Изучение генотипов ДНК-маркеров GH, DGAT1 и TG5 в связи с линейной принадлежностью и уровнем молочной продуктивности коров чёрно-пёстрой породы : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.07 / Харзинова Вероника Руслановна. – Дубровицы, – 2011. – 18 с.

68. Чупшева, Н.Ю. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы при интенсивной технологии производства молока в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.10 / Чупшева Нина Юрьевна. – Пенза. – 2020. – 130 с.

69. Шайдуллин, Р.Р. Воспроизводительная способность коров с комплексными генотипами каппа-казеина и диацилглицерол-О-ацилтрансферазы / Р.Р. Шайдуллин, Г.С. Шарафутдинов, А.Б. Москвичева, М. Ламара. – матер. II междунар. науч. практич. конф. «Сельское хозяйство и продовольственная безопасности: технологии, инновации, рынки, кадры», посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань, 2020. – С. 464-469.

70. Шайдуллин, Р.Р. Межлинейный полиморфизм гена каппа-казеина и его влияние на молочную продуктивность коров / Р.Р. Шайдуллин, Г.С. Шарафутдинов, А.Б. Москвичёва, [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. - № 5. – С. 51-55.

71. Шайдуллин, Р.Р. Селекционно-генетические аспекты совершенствования молочного скота в Республике Татарстан : дис. ... д-ра. с.-х. наук : 06.02.07 / Шайдуллин Радик Рафаилович. – Казань, –2017. – 458 с.

72. Шайдуллин, Р.Р. Физико-химические показатели молока коров-первотёлок с разными генотипами по генам CSN3 и DGAT1 / Р.Р. Шайдуллин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. - № 2.– С. 140-144.

73. Шарафутдинов, Г.С. Молочная продуктивность первотёлок разной селекции в зависимости от возраста первого отёла / Г.С. Шарафутдинов, Р.Р. Шайдуллин, С.В. Тюлькин, И.И. Хатыпов // Вестник Казанского ГАУ. – 2008. – Т. 3. – № 4 (10). – С. 119-122.

74. Шарипов, А.А. Молекулярно-генетические аспекты селекции мясного скота по мраморности мяса / А.А. Шарипов, Ю.Р. Юльметьева, Ш.К. Шакиров, Л.И. Гафурова // Вестник мясного скотоводства. – 2014. – № 2 (85). – С. 59-64.

75. Шаталов, С.В. Влияние возраста первого отёла на продуктивность и срок хозяйственного использования молочного скота / С.В. Шаталов, В.С. Шаталов, В.К. Томилин // Вестник Донского ГАУ. – 2012. – № 4 (6). – С. 30-37.

76. Шмаков, Ю.И. Методические рекомендации по определению экономического эффекта от внедрения результатов научно-исследовательских работ в животноводство. / Ю.И. Шмаков, Л.Л. Комаров, Н.В. Черкаев. – Дубровицы, 1984. – 30 с.

77. Щербатый, З.Э. Влияние возраста первого плодотворного осеменения и первого отёла на молочную продуктивность коров украинской чёрно-пёстрой молочной породы // Учёные Записки УО ВГАВМ. – 2014. – Т. 50. – Вып. 2. – Ч. 1. – С. 246-249.

78. Юльметьева, Ю. Связь полиморфных вариантов генов молочных белков и гормонов с признаками молочной продуктивности крупного рогатого скота / Ю. Юльметьева, Ш. Шакиров, А. Миннахметов, Н. Фатхутдинов // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. - № 7. – Р. 23-26.

79. Яранцева, С.Б. Влияние живой массы тёлочек при первом плодотворном осеменении и возраста первого отёла на пожизненную продуктивность и долголетие коров / С.Б. Яранцева, М.А. Шишкина. - VI-й междунар. науч. практ. конф. «Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий. – Горно-Алтайск, 2017. – С. 194-198.

80. Ярышкин, А.А. Влияние полиморфизма гена лептина на хозяйственно полезные признаки крупного рогатого скота / А.А. Ярышкин, О.С. Шаталина, О.И. Лешонок, Н.В. Ковалюк // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (93). – С. 260-264.

81. Aierqing, S. Association between temperament and polymorphisms of CRH and leptin in Japanese Black Cattle / S. Aierqing, A. Nakagawa, T. Bungo // Journal of advanced veterinary and animal research. – 2020. – V. 7. – № 1. – P. 1-5.

82. Akhmetov, T.M. Genetic parameters of milk productivity for three lactations of Holstein cattle with different genotypes of LEP gene / T.M. Akhmetov,

N.Yu. Safina, A.M. Alimov, M.I. Varlamova // BIO Web of Conferences. – 2020. – 27, 00061.

83. Akilli, A. Path analysis for factor affecting the 305-day milk yield of Holstein cows / A. Akilli, K.U.L. Ertuğrul, A. Hülya // Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG). – 2022. – V. 39 (3). – P. 191-198.

84. Almasri, O. Effect of age at first calving and first lactation milk yield on productive life traits of Syrian Shami cows / O. Almasri, S. Abou-Bakr, M.A.M. Ibrahim // Egyptian J. Anim. Prod. – 2020. – V. 57 (2). – P. 81-87.

85. Anggraeni, A. Association of the OLR1 gene of the 3'UTR g.8232(A/C) genotypes on milk fatty acid components in Holstein Friesian / A. Anggraeni, Y.P. Nadapdap, S.A. Asmarasari, [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – V. 788. 012005. [<https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012005>].

86. Anggraeni, A. Genetic polymorphisms of the OLR1 and DGAT1 genes associated with milk components in Holstein Friesian dairy cattle under an intensive management in Central Java / A. Anggraeni // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – V. 287. 012001. [<https://doi.org/10.1088/1755-1315/287/1/012001>].

87. Anton, I. Effect of DGAT1, leptin and TG gene polymorphisms on some milk production traits in different dairy cattle breeds in Hungary / I. Anton., K. Kovács, G. Holló, [et al.] // Archiv Tierzucht. – 2012. – V. 55 (4). – P. 307-314.

88. Ardicli, S. Effect of *STAT1*, *OLR1*, *CSN1S1*, *CSN1S2*, and *DGAT1* genes on milk yield and composition traits of Holstein breed / S. Ardicli, B. Soyudal, H. Samli, [et al.] // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2018. – V. 47. [<https://doi.org/10.1590/rbz4720170247>].

89. Atalay, T. The relationships between leptin gene polymorphism and some performance traits in Simmental and Brown Swiss cattle / T. Atalay, M. Özdemir // Research Square. – 2021. [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1073960/v1>].

90. Atashi, H. Association between age at first calving and lactation performance, lactation curve, calving interval, calf birth weight, and dystocia in

Holstein dairy cows / H. Atashi, A. Asaadi, M. Hostens // PLoS ONE. – 2021. V. 16 (1): e0244825. [<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244825>].

91. Ates, A. Genotype and allele frequencies of polymorphisms in ABCG2, PPARGC1A and OLR1 genes in indigenous cattle breeds in Turkey / A. Ates, H.G. Türkay, I. Akiş, [et al.] // Acta Vet. Beograd. – 2014. – V. 64. – P. 73-80.

92. Ateya, A. Single nucleotide polymorphisms and metabolic biochemical profile of productive markers characterize three European breeds of dairy cattle / A. Ateya, H. Ghanem, M. Elghareeb, [et al.] // ACTA VET. BRNO. – 2022. – V. 91. – P. 317-331. [<https://doi.org/10.2754/avb202291040317>].

93. Bachan, R. Genetic polymorphisms of leptin gene in relation with reproduction traits in Haryana cows / R. Bachan, R. Nigam, V. Pandey, [et al.] // Journal of Animal Research. – 2017. – V. 7 (3). – P. 425-429.

94. Bachan, R. LEP/BsaAI Analysis of Leptin Gene and Its Association with Milk Production Traits of Lactating Haryana Cattle of India / R. Bachan, R. Nigam, V. Pandey, [et al.] // Journal of Livestock Research. – 2019. – V. 9 (6). – P. 184-190.

95. Banos, G. Impact of single nucleotide polymorphism in leptin, leptin receptor, growth hormone receptor, and diacylglycerol-o-transferase (DGAT1) gene loci on milk production, feed, and body energy traits of UK dairy cows // G. Banos, J.A. Woolliams, B.W. Woodward, [et al.] // Journal of Dairy Sciences. – 2008. – V. 91. – P. 3190-3200.

96. Berezovsky, A.V. How polymorphisms for genes k-CN, TG5, LEP milk production of cows of Ukrainian dairy breeds / A.V. Berezovsky, Yu.P. Polupan, S.Yu. Ruban, K.V. Корулов // Розведення і генетика тварин. – 2015. - № 49. – С. 154-163.

97. Bhat, S.A. Association of DGAT1, beta-casein and leptin gene polymorphism with milk quality and yield traits in Jersey and its cross with local Kashmiri cattle / S.A. Bhat, S.M. Ahmad, N.A. Ganai, [et al.] // Journal of entomology and zoology studies. – 2017. – V. 5 (6). – P. 557-561.

98. Bobbo, T. Short communication: Association analysis of diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) mutation on chromosome 14 for milk yield and composition traits, somatic cell score, and coagulation properties in Holstein bulls / T. Bobbo, F.

Tiezzi, M. Penasa, [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – V. 101 (9). – P. 8087-8091. [<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14533>].

99. Bouwman, A.C. Genome-wide association of milk fatty acids in Dutch dairy cattle / A.C. Bouwman, H. Bovenhuis, M.H.P.W. Visker, J.A. van Arendonk // *BMC Genet*. – 2011. – V. 12. – P. 1-12.

100. Buchanan, F.C. An association between a leptin single nucleotide polymorphism and milk and protein yield / F.C. Buchanan, A.G. Van Kessel, C. Waldner, [et al.] // *J. Dairy Sci*. – 2003. – V. 86. – P. 3164-3166.

101. Buchanan, F.C. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels / F.C. Buchanan, C.J. Fitzsimmons, A.G. Van Kessel, [et al.] // *Genetic Select. Evolut*. – 2002. – V. 34. – P. 105-116.

102. Canizares-Martinez, M.A. Effect of Leptin, Pituitary Transcription Factor and Luteinizing Hormone Receptor Genes Polymorphisms on Reproductive Traits and Milk Yield in Holstein Cattle / M.A. Canizares-Martinez, G.M. Parra-Bracamonte, J.C. Segura-Correa, J.G. Magana-Monforte // *Brazilian Archives of Biology and Technology*. – 2021. – V. 64. [<https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021190643>].

103. Carrara, E.R. Genomic prediction in Brazilian Guzará cattle: application of a single-step approach to productive and reproductive traits / E.R. Carrara, M.G.C.D. Peixoto, A.A. da Silva, [et al.] // *Tropical Animal Health and Production*. – 2022. [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2061251/v1>].

104. Cases, S. Identification of a gene encoding an acyl CoA: diacylglycerol acyltransferase, a key enzyme in triglycerol synthesis / S. Cases, S.J. Smith, Y. Zheng, [et al.] // *E Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1998. – V. 95. – P. 13018-13023.

105. Chetroiu, R. Comparative analysis of economic efforts and effects in milk production at ruminants // *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. – 2022. – T. 22. – №. 2. – C. 167-172.

106. Citek, J. Associations between Gene Polymorphisms, Breeding Values, and Glucose Tolerance Test Parameters in German Holstein Sires / J. Citek, L. Hanusová,

M. Brzáková1, [et al.] // Czech. J. Anim. Sci. – 2018. – V. 63 (5). – P. 167-173. [https://doi.org/10.17221/8/201-7CJAS].

107. Corva, P.M. Effect of leptin gene polymorphisms on growth, slaughter and meat quality traits of grazing Brangus steers / P.M. Corva, [et al.] // Genet. Mol. Res. – 2009. – V. 8. – N 1. – P. 105-116.

108. Dar, M.R. Exploring the relationship between polymorphisms of leptin and IGF-1 genes with milk yield in indicine and taurine crossbred cows / M.R. Dar, M. Singh, S. Thakur, A. Verma // Tropical animal health and production. – 2021. – V. 53 (4). [https://doi.org/10.1101/814004].

109. De Koning, D.J. Mapping of multiple quantitative trait loci by simple regression in half-sib designs / D.J. De Koning, N.F. Schulmant, K. Elo, [et al.] // Journal of Animal Sciences. – 2001. – V. 79. – P. 616-622.

110. Dokso, A. Effect of DGAT1 gene variants on milk quantity and quality / A. Dokso, A. Ivanković, E. Zečević, M. Brka // Mljekarstvo. – 2015. – V. 65 (4). – P. 238-242.

111. Dyman, T. Molecular diagnostics of QLT-genes polymorphism in Ukrainian Black-and-White dairy cattle / T. Dyman, O. Dubin, O. Plivachuk // Телянологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2014. - № 1 (110). – С. 5-8.

112. Efimova, I.O. Association of complex genotypes of kappa-casein and diacylglycerol O-acyltransferase from milk production in different lines cows / I.O. Efimova, L.R. Zagidullin, R.R. Shaidullin, [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – V. 604. 012015. [https://doi.org/10.1088/1755-1315/604/1/012015].

113. El-Awady, H.G. The effect of age at first calving on productive life and lifetime profit in lactating Egyptian buffaloes / H.G. El-Awady, A.F. Ibrahim, I.A.M.A. El-Naser // Buffalo Bulletin. – 2021. – V. 40. – № 1. – P. 71-85.

114. Eldawy, M.H. Milk production potential and reproductive performance of Egyptian buffalo cows / M.H. Eldawy, M. El-Saeed Lashen, H.M. Badr, M.H. Farouk // Tropical Animal Health and Production. – 2021. – 53: 282. [https://doi.org/10.1007/s11250-021-02722-2].

115. Elzaki, S. Effects of DGAT1 on milk performance in Sudanese Butana×Holstein crossbred cattle / S. Elzaki, P. Rorkuc, D. Arends, [et al.] // *Tropical Animal Health and Production*. – 2022. – V. 54 (142). [<https://doi.org/10.1007/s11250-022-03141-7>].

116. Faraj, S.H. DGAT1 gene polymorphism and its relationships with cattle milk yield and chemical composition / S.H. Faraj, A.Y. Ayied, D.K. Seger // *Periódico Tchê Química*. – 2020. – V. 17. - № 35. – P. 174-180.

117. Fonseca, S.D.P. Association of ADIPOQ, OLR1 and PPARGC1A gene polymorphisms with growth and carcass traits in Nelore cattle / S.D.P. Fonseca, P.R.F. de Souza, F.M.G. de Camargo, [et al.] // *Meta Gene*. – 2015. – V. 4. – P. 1-7.

118. Forhead, A.J. The hungry fetus? Role of leptin as a nutritional signal before birth / A.J. Forhead, A.L. Fowden // *Journal of Physiology*. – 2009. – V. 587. – P. 1145-1152.

119. Getahun, K. Genetic and phenotypic relationship between fertility and lactation traits in crossbred dairy cows in Ethiopia / K. Getahun, N. Beneberu // *Livestock Research for Rural Development*. – 2023. – V. 35 (2).

120. Ghombavani, M.S. Association of a polymorphism in the 3' untranslated region of the OLR1 gene with milk fat and protein in dairy cows / M.S. Ghombavani, S.A. Mahyar, M.A. Edriss // *Archiv Tierzucht*. – 2013. – V. 56. – № 32. – P. 328-334.

121. Glantz, M. Effect of polymorphism in the leptin, leptin receptor and acyl-CoA: Diacylglycerol acyltransferase 1 (DGAT1) genes and genetic polymorphism of milk proteins on bovine milk composition / M. Glantz, H.L. Mansson, H. Stalhammar, M. Paulsson // *Journal of Dairy Research*. – 2012. – V. 79. – P. 110-118.

122. Gorelik, O.V. Evaluation of the relationship between milk yield and the service period duration of cows / Gorelik O.V., Harlap S.Yu., Vinogradova N.D. [et al.] // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental* 677. 032019 (2021). [<https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032019>].

123. Gorodna, A. Comparative analysis of dnc polymorphism of the structural genes of growth hormone and leptin in cows different types of forming organism / A.

Gorodna, O. Karateeva // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2012. - № 8 (98). – С. 23-26.

124. Grinchuk, M. Influence of reproductive qualities on dairy productivity of cows of the Simmental breed / M. Grinchuk, Y. Nesterova // E3S Web of Conferences 285. 04005 (2021) ABR 2021. [<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128504005>].

125. Grisart, B. Genetic and functional confirmation of the causality of the DGAT1 K232A quantitative trait nucleotide in affecting milk yield and composition / B. Grisart, F. Farnir, L. Karim, [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2004. – V. 101 (8). – P. 2398-2403.

126. Grisart, B. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: Identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart, W. Coppieters, F. Farnir, [et al.] // Genome Res. – 2020. – V. 12. – P. 222-231.

127. Gritsienko, Yu. Connection between gene markers with milk production traits of Ukrainian dairy cows / Yu. Gritsienko, M. Gill, O. Karatieieva // Online Journal of Animal and Feed Research. – 2022. – V. 12 (5). – P. 302-313. [<https://dx.doi.org/10.51227/ojaf.2022.41>].

128. Gui, L.S. Analysis of the oxidized low density lipoprotein receptor 1 gene as a potential marker for carcass quality traits in Qinchuan cattle / L.S. Gui, A.H.S. Raza, J. Jia // Asian-Aust. J. Anim. Sci. – 2019. – V. 32. – P. 58-62.

129. Ha, S. Characteristics of Holstein cows predisposed to ketosis during the post-partum transition period / S. Ha, S. Kang, M. Jeong, [et al.] // Veterinary Medicine and Science. – 2022. – V. 9 (1). [<https://doi.org/10.1002/vms3.1006>].

130. Handcock, R.C. Positive relationships between body weight of dairy heifers and their first-lactation and accumulated three-parity lactation production / R.C. Handcock, N. Lopez-Villalobos, L.R. McNaughton, [et al.] // J. Dairy Sci. – 2019. – V. 102. – P. 4577-4589.

131. Haruna, I.L. Effects of bovine leptin gene variation on milk traits in New Zealand Holstein-Friesian× Jersey-cross dairy cows / I.L. Haruna, Y. Li, H. Zhou, J.G.

Hickford // New Zealand Journal of Agricultural Research – 2021. – V. 64 (1). – P. 114-121. [<https://doi.org/10.1080/00288233.2020.1838570>].

132. Haruna, I.L. Variation in bovine leptin gene affects milk fatty acid composition in New Zealand Holstein Friesian\_Jersey dairy cows / I.L. Haruna, H. Zhou, J.G.H. Hickford // Archives Animal Breeding. – 2021. – V. 64. (1). – C. 245-256. [<https://doi.org/10.5194/aab-64-245-2021>].

133. Heravi Moussavi, A. Association of leptin polymorphism with production, reproduction and plasma glucose level in Iranian Holstein cows / A. Heravi Moussavi, M. Ahouei, M.R. Nassiry, A. Javadmanesh // Asian-Australasian journal of animal sciences. - 2006. – V. 19 (5). – P. 627-631.

134. Heydarian, D. Study on DGAT1-exon8 Polymorphism in Iranian Buffalo / D. Heydarian, S.R. Miraei-Ashtiani., M. Sadeghi // Int. J. Adv. Biol. Biom. Res. – 2014. – V. 2 (7). – P. 2276-2282.

135. Hoffman, P.C. Applied dynamics of dairy replacement growth and management / P.C. Hoffman, D.A. Funk // J. Dairy Sci. – 1992. – V. 75. – P. 2504-2516. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78012-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78012-6)].

136. Houaga, I. Effect of breed and Diacylglycerol acyltransferase 1 gene polymorphism on milk production traits in Beninese White Fulani and Borgou cows / I. Houaga, A.W.T. Muigai, M. Kyallo, [et al.] // Global Journal of Animal Breeding and Genetics. – 2017. – V. 5 (5). P. 403-412.

137. Ibadullaeva, A.S. Productivity characteristics of holstein cows in breeding groups / A.S. Ibadullaeva, O.Y. Yusupov, R.D. Bazarbaev, [et al.] // Web of Scientist: International Scientific Research Journal. – 2021. – V. 2 (12). – P. 76-79.

138. Isik, R. Polymorphism detection of *DGAT1* and *Lep* genes in Anatolian water buffalo (*Bubalus bubalis*) populations in Turkey / R. Isik, E.Ö. Ünal, M.İ. Soysal // Arch. Anim. Breed. – 2022. – V. 65. [<https://doi.org/10.5194/aab-65-1-2022>, 2022].

139. Javanmard, A. DNA polymorphism of bovine pituitary-specific transcription factor and leptin gene between Iranian *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle / A. Javanmard, N. Asadzadeh, F. Sarhadi // American journal of agricultural and biological sciences. – 2010. – V. 5 (3). – P. 282-285.

140. Kadlecova, V. Association of bovine DGAT1 and leptin genes polymorphism with milk production traits and energy balance indicators in primiparous Holstein cows / V. Kadlecova, D. Němečková, K. Ječmínková, L. Stádník // *Mljekarstvo*. – 2014. – V. 64 (1). – P.19-26.

141. Kaneda, M. Allele frequencies of gene polymorphisms related to economic traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle breeds / M. Kaneda, B.Z. Lin, S. Sasazaki, [et al.] // *Animal Science Journal*. – 2011. – V. 82. – P. 717-721.

142. Kara, N.K. Relationship of Age at First Calving, First Lactation Milk Yield, Reproductive Performance and Diseases in Simmental Dairy Cows in Turkey / N.K. Kara // *Pakistan J. Zool.* – 2022. – P. 1-7. [<https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20210714120751>].

143. Kaupe, B. Joint analysis of the influence of CYP11B1 and DGAT1 genetic variation on milk production, somatic cell score, conformation, reproduction, and productive lifespan in German Holstein cattle / B. Kaupe, H. Brandt, E.M. Prinzenberg, G. Erhardt // *Journal of Animal Science*. – 2007. – V. 85. – P. 11-21.

144. Kaygisiz, A. Investigation of leptin gene polymorphisms in east anatolian red anatolian and black cattle and determination of genetic distance from brown swiss cattle / A. Kaygisiz, C. Bengi and S. Cilek // *Animal & Plant Sciences*. – 2011. – V. 21 (2). – P. 121-125.

145. Kesek, M.A. Genetic, physiological and nutritive factors affecting the fatty acid profile in cows milk / M. Kesek, T. Szulc, A. Zielak-Steciwo // *Anim. Sci. Pap.* – 2014. – V. 32. – P. 95-105.

146. Khatib, H. Additional support for an association between OLR1 and milk fat traits in cattle / H. Khatib, G. Rosa, K. Weigel, [et al.] // *Animal Genetics*. – 2007. – V. 38. – P. 308-310.

147. Khatib, H. Association of the OLR1 gene with milk composition in Holstein dairy cattle / H. Khatib, S.D. Leonard, V. Schutzkus, [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2006. – V. 89. – P. 1753-1760.

148. Khatkar, M.S. Quantitative trait loci mapping in dairy cattle: review and meta-analysis / M.S. Khatkar, P.C. Thomson, I. Tammen, H.W. Raadsma // *Genet. Sel. Evol.* – 2004. – V. 36. – P. 163-190.

149. Kidirbergenovich, N.T. Study of the Effect of service period on milk productivity / N.T. Kidirbergenovich, B.K. Karamaddinovich // *Middle European Scientific Bulletin.* – 2022. – V. 24. – P. 332-333.

150. Kim, S. Genome-Wide Identification of Candidate Genes for Milk Production Traits in Korean Holstein Cattle / S. Kim, B. Lim, J. Cho, [et al.] // *Animals.* – 2021. – V. 11. 1392. [<https://doi.org/10.3390/ani11051392>].

151. Kiyici, J.M. LEP and SCD polymorphisms are associated with milk somatic cell count, electrical conductivity and pH values in Holstein cows / J.M. Kiyici, B. Akyüz, M. Kaliber, [et al.] // *Animal Biotechnology.* – 2019. – V. 31. – P. 498-503. [<https://doi.org/10.1080/10495398.2019.1628767>].

152. Komisarek, J. Effect of *ABCG2*, *PPARGC1A*, *OLRI* and *SCD1* gene polymorphism on estimated breeding values for functional and production traits in Polish Holstein-Friesian bulls / J. Komisarek, Z. Dorynek // *J. Appl. Genet.* – 2009. – V. 50 (2). – P. 125-132.

153. Komisarek, J. Impact of leptin gene polymorphisms on breeding value for milk production traits in cattle / J. Komisarek, J. Szyda, A. Michalak, Z. Dorynek // *J. of Animal and Feed Sci.* – 2005. – V. 14. – P. 491-500.

154. Komisarek, J. Polymorphisms of leptin and leptin receptor genes in the Polish population of Holstein-Friesian bulls / J. Komisarek, Z. Dorynek // *Ann. Anim. Sci.* – 2005. – V. 5 (2). – P. 253-260.

155. Koopaei, H.K. Effect of *DGAT1* variants on milk composition traits in Iranian Holstein cattle population / H.K. Koopaei., M.R.M. Abadi., S.A. Mahyari, [et al.] // *Animal Science Papers and Reports.* – 2012. – V. 30. – № 3. – P. 231-239.

156. Kowalewska-Luczak, I. Polymorphism in the *OLRI* gene and functional traits of dairy cattle / I. Kowalewska-Luczak, E. Czerniawska-Piatkowska // *Veterinarski Arhiv.* – 2018. – V. 88 (2). – P. 171-177. [<https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.170228>].

157. Krovvidi, S. Evaluation of non-synonym mutation in DGAT1 K232A as a marker for milk production traits in Ongole cattle and Murrah buffalo from Southern India / S. Krovvidi, A.K. Thiruvankadan, N. Murali, [et al.] // Tropical Animal Health and Production. – 2021. – V. 53. – P. 118.

158. Krovvidi, S. Evaluation of non-synonym mutation in *DGAT1* K232A as a marker for milk production traits in Ongole cattle and Murrah buffalo from Southern India / S. Krovvidi, A.K. Thiruvankadan, N. Murali, [et al.] // Tropical Animal Health and Production. – 2021. – V. 53 (118). [<https://doi.org/10.1007/s11250-021-02560-2>].

159. Kulibaba, R. Polymorphism of LEP and TNF- $\alpha$  genes in the dairy cattle populations of Ukrainian selection / R. Kulibaba, Y. Liashenko, P. Yurko, [et al.] // Basrah Journal of Agricultural Sciences. – 2021. – V. 34 (1). – P. 180-191. [<https://doi.org/10.37077/25200860.2021.34.1.16>].

160. Kulig, H. Association between leptin gene polymorphisms and growth traits in Limousin cattle / H. Kulig, M. Kmiec // Russian J. Genetics. – 2009. – V. 45 (6). – P. 738-741.

161. Kulig, H. Associations between Leptin Gene Polymorphisms and Somatic Cell Count in Milk of Jersey Cows / H. Kulig, M. Kmiec, K. Wojdak-Maksymiec // Acta Veterinaria Brno. – 2010. – V. 79. – P. 237-242. [<https://doi.org/10.2754/avb201079020237>].

162. Li, F. DGAT1 K232A polymorphism is associated with milk production traits in Chinese cattle / F. Li, C. Cai, K. Qu, [et al.] // Animal Biotechnology. – 2020. [<https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1711769>].

163. Li, Y. Effect of DGAT1 variant (K232A) on milk traits and milk fat composition in outdoor pasture-grazed dairy cattle / Y. Li, H. Zhou, L. Cheng, [et al.] // New Zealand Journal of Agricultural Research. – 2021. – V. 64 (1). – P. 101-113. [<https://doi.org/10.1080/00288233.2019.1589537>].

164. Liefers, S.C. Associations between leptin gene polymorphisms and production, live weight, energy balance, feed intake, and fertility in Holstein heifers / S.C. Liefers, R.F. Veerkamp, T. Vanderlede // J. Dairy Sci. – 2002. – V. 85. – P. 1627-1638.

165. Liu, J.J. Genome-wide association studies to identify quantitative trait loci affecting milk production traits in water buffalo / Liu JJ, Liang AX, Campanile G, [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2018. – V. 101 (1). – P. 433-444.
166. Locarte, G.A. DGAT1 K 232A polymorphism in Brazilian cattle breeds / G.A. Locarte, M.A. Machado, M.L. Martinez // *Genetics and Molecular Research.* – 2006. – V. 5 (3). – P. 475-482.
167. Lu, J. Effect of the DGAT1 K232A genotype of dairy cows on the milk metabolome and proteome / J. Lu, S. Boeren, T. van Hooijdonk, [et al.] // *J. Dairy Science.* – 2015. – V. 98 (5). – P. 3460-3469.
168. Luczak, I.K. Polymorphism in the OLR1 gene and functional traits of dairy cattle / I.K. Luczak, E.C. Piątkowska // *Veterinarski Arhiv.* – 2018. – V. 88. - № 2. – P. 171-177.
169. Lusk, J.L. Association of single nucleotide polymorphisms in the leptin gene with body weight and backfat growth curve parameters for beef cattle / J.L. Lusk // *J. Anim. Sci.* – 2006. – V. 85 (8). – P. 1865-1872.
170. Machulskaya, E.V. Breed characteristics associated with LEP gene polymorphisms in Holstein cattle / E.V. Machulskaya, N.V. Kovalyuk, L.G. Gorkovenko, [et al.] // *Russ. Agricult. Sci.* – 2017. – V. 43. – P. 314-316.
171. Mashhadi, M.H. A research on association between SCD1 and OLR1 genes and milk production traits in Iranian Holstein dairy cattle / M.H. Mashhadi // *Iranian J. of Applied Animal Sci.* – 2017. – V. 7 (2). – P. 243-248.
172. Mauriæ, M. Effect of DGAT1, FASN and PRL genes on milk production and milk composition traits in Simmental and crossbred Holstein cattle / M. Mauriæ, T. Masek, M. Beniæ, [et al.] // *Indian Journal of animal sciences.* – 2017. – V. 87 (7). – P. 859-863.
173. Mikolaychik, I.N. The relationship between the duration of the service period and the milk yield of the Holsteinized black-mottled breed / I.N. Mikolaychik, O.V. Gorelik, V.V. Nenahov, [et al.] // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental* 677. 042016 (2021). [<https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042016>].

174. Milan, M. Insight in leptin gene polymorphism and impact on milk traits in autochthonous busha cattle // M. Milan, P. Nevres, L. Miodrag, [et al.] // *Acta Veterinaria-Beograd.* – 2019. – V. 69 (2). – P. 153-163.

175. Mir, M.A. Association of polymorphisms in exon 6 and 3'-untranslated region of the OLR1 gene with milk production traits in Sahiwal cattle / M.A. Mir, T. Ahmad, I.D. Gupta, [et al.] // *Journal of Applied Animal Research.* – V. 51 (1). – P. 156-165. [<https://doi.org/10.1080/09712119.2023.2167822>].

176. Mohamed, M.A. Assessment of some production traits of Butana heifers as affected by age and calving season / M.A. Mohamed, S.A. Mohamed, K.A. Gubartalla // *Sudan J. Anim. Prod.* – 2016. – V. 22. – P. 37-43.

177. Mohammed, S.A. DGAT1 gene in dairy cattle Glob / S.A. Mohammed, S.A. Rahamtalla, S.S. Ahmed, [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2015. – V. 3. – P. 191-198.

178. Moravcikova, N. Associations between polymorphisms in the leptin gene and milk production traits in Pinzgau and Slovak Spotted cattle // N. Moravcikova, A. Trakovická, E. Hazuchová, [et al.] // *Acta argiculturae Slovenica.* – 2012. – S. 3. – P. 259-263.

179. Moravcikova, N. Polymorphism within the intron region of the bovine leptin gene in Slovak Pinzgau cattle / N. Moravcikova, A. Trakovicka, R. Kasarda // *Animal Science and Biotechnology.* – 2012. – V. 245 (1). – P. 112-115.

180. Naserkheil, M. Exploring novel single nucleotide polymorphisms and haplotypes of the diacylglycerol O-acyltransferase 1 (DGAT1) gene and their effects on protein structure in Iranian buffalo / M. Naserkheil, S.R. Miraie-Ashtiani, M. Sadeghi, [et al.] // *Genes & Genomics.* – 2019. – V. 41. – P. 1265-1271.

181. Naslund, J. Frequency and Effect of the Bovine Acyl-CoA: Diacylglycerol Acyltransferase 1 (DGAT1) K232A Polymorphism in Swedish Dairy Cattle / J. Naslund, W.F. Fikse, G.R. Pielberg, A. Lunde'n // *J. Dairy Sci.* – 2008. – V. 91. – P. 2127-2134.

182. Oikonomou, G. The effects of polymorphisms in the DGAT1, leptin and growth hormone receptor gene loci on body energy, blood metabolic and reproductive

traits of Holstein cows / G. Oikonomou, K. Angelopoulou, G. Arsenos [et al.] // *Anim. Genet.* – 2009. – V. 40. - № 1. – P. 10-17.

183. Okuyucu, I.C. Determination of herd management level by some reproduction and milk yield traits of Simmental cows at intensive conditions in Turkey / I.C. Okuyucu, H. Erdem, S. Atasever / *Sci. Pap. Ser. D. Anim. Sci.* – 2018. – V. 61. – P. 135-139.

184. Olsen, H.G. A genome scan for quantitative trait loci affecting milk production in Norwegian dairy cattle / H.G. Olsen, L. Gomez-Raya, D.I. Vage, [et al.] // *Journal of Dairy Sciences.* – 2002. – V. 85. – P. 3124-3130.

185. Ozden, C. Genetic variation at the OLR1, ANXA9, MYF5, LTF, IGF1, LGB, CSN3, PIT1, MBL1, CACNA2D1, and ABCG2 loci in Turkish Grey Steppe, Anatolian Black, and EastAnatolian Red cattle / C. Ozden, S. Ardiçli // *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences.* – 2022. – V. 46. – No. 3, Article 15. [<https://doi.org/10.55730/1300-0128.4220>].

186. Ozdil, F. DGAT1-exon8 polymorphism in Anatolian buffalo / F. Ozdil, F. İlhan // *Livest Sci.* – 2012. – V. 149 (1-2). – P. 83-87.

187. Pandey, V. Effect of leptin gene polymorphism on reproduction and production traits in Sahiwal cattle // V. Pandey, R. Nigam, S.P. Singh, [et al.] // *Ruminant Science.* – 2017. – V. 6 (2). – P. 237-242.

188. Patel, J. Evaluation of DGAT1-exon 8 K232A substitution in gir and kankrej (*Bos indicus*), Indian origin cattle and its association with milk production traits / J. Patel, J. Chauhan // *Genetika.* – 2017. – V. 49. – № 2. – P. 627-634.

189. Pathak, R.K. Unraveling structural and conformational dynamics of DGAT1 missense nsSNPs in dairy cattle / R.K. Pathak, B. Lim, Y. Park, J.-M. Kim // *Scientific reports.* – 2022. – V. 12, 4873. [<https://doi.org/10.1038/s41598-022-08833-6>].

190. Pegolo, S. Effect of candidate gene polymorphisms on the detailed fatty acids profile determined by gas chromatography in bovine milk / S. Pegolo, A. Cecchinato, M. Mele, [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2016. – V. 99. P. 4558-4573. [<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10420>, 2016].

191. Pomp, D. Rapid communication: Mapping of leptin to bovine chromosome 4 by linkage analysis of a PCR-based polymorphism / D. Pomp, T. Zou, A.C. Clutter, W. Barendse // *Journal of Animal Science*. – 1997. – V. 75 (5). – P. 1427.

192. Ringseis, R. Oxidized fat reduces milk triacylglycerol concentrations by inhibiting gene expression of lipoprotein lipase and fatty acid transporters in the mammary gland of rats / R. Ringseis, C. Dathe, A. Muschick, [et al.] // *J. Nutr.* – 2007. – V. 137. – P. 2056-2061.

193. Rothschild, M.F. Applications of genomics to improve livestock in the developing world / M.F. Rothschild, G.S. Plastow // *Livest. Sci.* – 2014. – V. 166. – P. 76-83.

194. Safina, N. Association of LEP gene polymorphism with biochemical parameters of lipid metabolism and milk productivity of Holstein cattle / N. Safina, G. Sharafutdinov, T. Akhmetov, [et al.] // *In E3S Web of Conferences*. – 2021. – V. 254, 01007. [<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401007>].

195. Sawamura, T. An endothelial receptor for oxidized low-density lipoprotein / T. Sawamura, N. Kume, T. Aoyama, [et al.] // *Nature*. – 1997. – V. 386. – P. 73-77.

196. Schennink, A. Effect of polymorphisms in the FASN, OLR1, PPARGC1A, PRL and STAT5A genes on bovine milk-fat composition / A. Schennink, H. Bovenhuis, K.M. Leon-Koosterziel, [et al.] // *Anim. Genet.* – 2009. – V. 40. – P. 909-916.

197. Sezer, Ö.Z. Effects of calving year, season, and age on some 4 lactation traits of Anatolian buffaloes reared at 5 farmer conditions in Turkey / Ö.Z. Sezer, A. Kürşat, K. Seher // *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.* – 2021. [<https://doi.org/10.33988/auvfd.813234>].

198. Shaidullin, R. Allelic Polymorphism of CSN3 and Dgat1 Genes in Herds of Black-and-White and Kholmogorsky Cattle / R. Shaidullin, L. Zagidullin, T. Akhmetov, [et al.] // *XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”*. – 2023. – V. 574. – 3133-3139. [[https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5\\_346](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_346)].

199. Shaidullin, R.R. The Power of the Influence of the Genotypes of DNA Markers on the Indicators of Milk Production of Cows / R.R. Shaidullin, L.R.

Zagidullin, T.M. Akhmetov, [et al.] // SunText Review of Biotechnology. – 2021. – V. 2 (1). 123 [<https://doi.org/10.51737/2766-5097.2021.023>].

200. Sharifzadeh, A. Genetic polymorphism at the leptin gene in Iranian Holstein cattle by PCR-RFLP / A. Sharifzadeh, A. Doosti, S. Moshkelani // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2010. – V. 9 (10). – P. 1420-1422. [<https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1420.1422>].

201. Shetkar, M. Genetic study of important economic traits in Haryana cattle / M. Shetkar, V. Kumar, S P Singh, [et al.] // Indian Journal of Animal Sciences. – 2023. – V. 93 (1). – P. 56-61. [<https://doi.org/10.56093/ijans.v93i1.120089>].

202. Sheveleva, O. Influence of paratypical factors on the productive longevity and lifelong productivity of Holstein cows of the Dutch selection of different generations / O. Sheveleva, M. Chasovshchikova, A. Bakharev, [et al.] // Amazonia Investiga. – 2020. – V. 9. – № 25. – P. 176-181.

203. Soltani-Ghombavani, M. Association of a polymorphism in the 3' untranslated region of the *OLRI* gene with milk fat and protein in dairy cows / M. Soltani-Ghombavani, S. Ansari-Mahyari, M.A. Edriss // Archiv Tierzucht 56. – 2013. – V. 32. – P. 328-334. [<https://doi.org/10.7482/0003-9438-56-032>].

204. Souza, F. Assessment of DGAT1 and LEP gene polymorphisms in three Nelore (*Bos indicus*) lines selected for growth and their relationship with growth and carcass / F. Souza, M. Mercadante, L. Fonseca [et al.] // Animal Sci. – 2010. – V. 88. – P. 435-441.

205. Stankov, K. Influence of the age of first insemination and first calving in Holstein – Friesian heifers on farm economic efficiency / K. Stankov // Agricultural science and technology. – 2020. – V. 12. - № 4. – P. 379-383. [<https://doi.org/10.15547/ast.2020.04.061>].

206. Steele, M. Age at first calving in dairy cows: which months do you aim for to maximize productivity / M. Steele // Veterinary Evidence. – 2021. – V. 5 (1). [<https://doi.org/10.18849/ve.v5i1.248>].

207. Tabaran, A. Influence of DGAT1 K232A polymorphism on milk fat percentage and fatty acid profiles in Romanian Holstein cattle / A. Tabaran, V. Balteanu, E. Gal, [et al.] // *Anim. Biotechnol.* – 2015. – V. 26 (2). – P. 105-111.

208. Tantia, M.S. DGAT1 and ABCG2 polymorphism in Indian cattle (*Bos indicus*) and buffalo (*Bubalus bubalis*) breeds / M.S. Tantia, R.K. Vijn, B.P. Mishra, [et al.] // *BMC Vet. Res.* – 2006. – V. 2. – P. 32.

209. Thalle, G. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in German cattle breeds / G. Thalle // *J. Dairy* // G. Thalle, W. Kramer, A. Winter, [et al.] // *Dairy Sci.* – 2003. – V. 81. – P. 1911-1918.

210. Trakovicka, A. Genetic polymorphisms of leptin and leptin receptor genes in relation with production and reproduction traits in cattle / A. Trakovicka, N. Moravcikova, R. Kasarda // *Acta Biochimica Polonica.* – 2013. – V. 60 (4). – P. 783-787.

211. Tumino, S. Feeding System Resizes the Effects of DGAT1 Polymorphism on Milk Traits and Fatty Acids Composition in Modicana Cows / S. Tumino, A. Criscione, V. Moltisanti, [et al.] // *Animals.* 2021. – V. 11. 1616. [<https://doi.org/10.3390/ani11061616.a>].

212. Twomey, A.J. Impact of age at first calving on performance traits in Irish beef herds / A.J. Twomey, A.R. Cromie // *Journal of Animal Science.* – 2023. – V. 101. [<https://doi.org/10.1093/jas/skad008>].

213. Tabaran, A. Influence of DGAT1 K232A polymorphism on milk fat percentage and fatty acid profiles in Romanian Holstein cattle / A. Tabaran, V. Balteanu, E. Gal, [et al.] // *Anim Biotechnol.* – 2015. – V. 26 (2). – P. 105-111.

214. Van Gastelen, S. Linseed oil and DGAT1 K232A polymorphism: Effects on methane emission, energy and nitrogen metabolism, lactation performance, ruminal fermentation, and rumen microbial composition of Holstein-Friesian cows / S. Van Gastelen, M.H.P.W. Visker, J.E. Edwards, [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2017. – V. 100. – P. 8939-8957. [<https://doi.org/10.3168/jds.2016-12367>].

215. Volkmann, N. Impacts of prepubertal rearing intensity and calf health on first lactation yield and lifetime performance / N. Volkmann, N. Kemper, A. Römer // *Annals of Animal Science*. – 2019. – V. 19. – № 1. – P. 201-214.

216. Wang, X. A mutation in the 3' untranslated region diminishes microRNA binding and alters expression of the OLR1 gene / X. Wang, T. Li, H.B. Zhao, [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2013. – V. 96. – P. 6525-6528.

217. Wang, X. Short communication: association of an OLR1 polymorphism with milk production traits in the Israeli Holstein population / X. Wang, F. Peñagaricano R. Tal-Stein, R. Lipkin, H. Khatib // *J. Dairy Science*. – 2012. – V. 95. – P. 1565-1567. [<https://doi.org/10.3168/jds.2011-5012>].

218. Wayne, J. Neuropeptide: It's in the neural regulation of reproductive function and feed intake in mammalian species / J. Wayne, W.J. Kuenzel, G.S. Fraley // *Poultry and Avian Biology Reviews*. – 1995. – V. 6. – P. 185-209.

219. Winter, A. Association of a lysine 232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl CoA: diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content / A. Winter, W. Krämer, F.A. Werner [et al.] // *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. – 2002. – V. 99. – № 14. – P. 9300-9305.

220. Yadav, T. Effect of *Bsa*I genotyped intronic SNP of leptin gene on production and reproduction traits in Indian dairy cattle / T. Yadav, A. Magotra, Y.C. Bangar, [et al.] // *Animal Biotechnology* - 2021. [<https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1955701>].

221. Ylmaz, H. Analysis of technical efficiency in milk production: A cross-sectional study on Turkish dairy farming, Geography, *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian* / H. Ylmaz, F. Gelaw, S. Speelman, // *Journal of Animal Science*. – 2020. [<https://doi.org/10.37496/rbz4920180308>].

## ПРИЛОЖЕНИЕ

УТВЕРЖДАЮ  
 Председатель СХПК «Агрофирма Рассвет»  
 Кукморского района Республики Татарстан  
 \_\_\_\_\_ Г.Х. Хабибрахманов  
 \_\_\_\_\_ 2023 г.

## АКТ

о проведение научных исследований аспиранта кафедры биологической химии, физики и математики ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ Ламара М., зав. кафедрой биологической химии, физики и математики ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ Ахметовым Т.М., зав. кафедрой механизации ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ Загидуллиным Л.Р., научным сотрудником лаборатории иммунологии и биотехнологии ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ Тюлькиным С.В. в СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района Республики Татарстан.

В период 2019-2022 гг. в СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района Республики Татарстан на 79 коровах татарстанского типа проведены научные исследования по изучению молочной продуктивности первотёлок с разными генотипами по локусам генов липидного обмена (*LEP*, *DGAT1*, *OLR1*). Данные исследования показали, что у первотёлок татарстанского типа с разными генотипами по генам липидного обмена что наибольшие показатели по удою, количеству молочного жира и белка имели генотипы *OLR1/AC* и *OLR1/CC* гена рецептора липопротеина низкой плотности, *LEP/CC* и *LEP/CT* гена лептина и по массовой доле жира в молоке *DGAT1/AK* гена диацилглицерол-О-ацилтрансферазы, соответственно. Наибольшие показатели молочной продуктивности (удой, количество молочного жира и белка) выявлены у коров с комплексными генотипами генов липидного обмена *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC*. Расчёты показали, что экономически обосновано получение молока от первотёлок с комплексными генотипами генов липидного обмена *AC/AA/CC*, *AC/AA/CT* и *AC/AK/CC*, по сравнению со сверстницами генотипа *AA/AA/CT* получено дополнительно за лактацию 0,72-13,19 % молока, что в денежном выражении составило 21,815-22,834 тыс. руб.

Аспирант кафедры биологической химии, физики и математики ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ

М. Ламара

Зоотехник-селекционер СХПК «Агрофирма Рассвет»

В.И. Павлов

Зав. кафедрой биологической химии, физики и математики ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ

Т.М. Ахметов

Зав. кафедрой механизации ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ

Л.Р. Загидуллин

Научный сотрудник лаборатории иммунологии и биотехнологии ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ

С.В. Тюлькин