

На правах рукописи

**Радюк Анастасия Владимировна**

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ  
С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ СВИНЕЙ**

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

пос. Персиановский - 2020

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет»

**Научный руководитель**

<b>Максимов Геннадий Васильевич</b> доктор сельскохозяйственных наук, профессор
--

**Официальные оппоненты:**

**Моисейкина Людмила Гучаевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарии ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова»

**Кононова Лидия Валентиновна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, главный ученый секретарь ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

**Ведущей организацией**

– Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (ФГБНУ Поволжский НИИММП), г. Волгоград

Защита состоится **«25» февраля 2020 г. в 10.00 часов** на заседании диссертационного совета Д 220.028.01 при ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» по адресу: 346493, пос. Персиановский Октябрьского (с) района Ростовской области. *Тел./факс: 8-86360-3-61-50, e-mail: [DisSovet22002801@yandex.ru](mailto:DisSovet22002801@yandex.ru), [Tretiakova.olga2013@yandex.ru](mailto:Tretiakova.olga2013@yandex.ru)*

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» и на сайте [www.dongau.ru](http://www.dongau.ru)

Автореферат разослан «    » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор с.-х. наук,  
доцент

Третьякова Ольга Леонидовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** В настоящее время, в непростых внешнеполитических и экономических условиях главной задачей агропромышленного комплекса является предоставление населению качественной мясной продукции отечественного производства. Перспективными, для разрешения этой проблемы, являются высокопродуктивные отрасли животноводства, в частности, свиноводство. Производство свинины является наиболее выгодным сегментом животноводства, но на новом этапе развития возникают повышенные требования к селекционной работе для получения качественного племенного поголовья собственного производства на уровне мировых стандартов.

Создание отечественных конкурентоспособных племенных ресурсов сельскохозяйственных животных приобретает стратегическое значение для РФ. Особое значение для решения данной задачи отводится разработке методов оценки племенной ценности животных на основе передовых научных достижений в области молекулярной биологии и генетики. Развитие технологий для проведения молекулярно-генетических исследований позволило идентифицировать функциональные гены–кандидаты, маркирующие признаки продуктивности свиней. Эти маркеры нашли широкое применение в селекционных программах международных генетических компаний. Выявление таких генов-маркеров позволяет дополнительно к традиционному отбору проводить селекцию по генотипу, непосредственно на уровне ДНК, а также выявлять нежелательные аллели, представляющие генетический груз конкретных животных, пород, популяций. Использование такой системы в дополнение к традиционным методам отбора и подбора животных позволит повысить эффективность селекционно-племенной работы со свиньями различных пород.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВПО «Донской государственной аграрный университет» по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета на 2015 год «Разработка и внедрение методов молекулярной селекции в животноводстве для повышения эффективности селекционно-племенной работы, создания отечественных конкурентоспособных пород и линий сельскохозяйственных животных» и на 2017 год «Поиск и обоснование репрезентативности молекулярно-генетических маркеров для оценки племенной ценности и генетического разнообразия с.-х. животных (свиней, овец)» № АААА-А18-118062500100. Данные исследования были отражены в гранте У.М.Н.И.К. № 9727ГУ/2015.

**Степень разработанности темы.** Изучением аллельного полиморфизма генов маркеров и его влияние на продуктивные качества свиней разных пород и породности уже довольно продолжительный период занимаются отечественные и иностранные исследователи, такие как Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Л.В. Гетманцева, М.А. Леонова, А.Ю. Колосов,

Н.Г. Мишиева, М.М. Левиашвили, Т.А. Назаренко, Е.А. Коган, J. Skrzypczak, M. Mikołajczyk, P. Wirstlein, A. Barreras Serrano, J.G. Herrera Haro, S. Hori-Oshima, J. D. Brannian, K. A. Hansen; E. Budak, M. Fernández Sánchez, J. Bellver, A. Cerveró, C. Simón and A. Pellicer, H. Hu, Q. Jia, S. Hou, J. Liu, S. Zhao, X. Li, W. Zhag, S. Li, G. Wang, T. H. Short, M.F. Rothschild; M.F. Rothschild, O.I. Southwood, D.G. McLaren, A. DeVries, van der H. Steen, C.K. Tuggle, G. R. Eckardt, J. Helm, D.A. Vaske, A.J. Mileham and G.S. Plastow и др.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования явилась оценка влияния полиморфизма генов рецептора пролактина (*PRLR*), лейкомиа-ингибирующего фактора (*LIF*), рецептора эстрогена (*ESR*), фолликулостимулирующего рецептора (*FSHb*) и лептина (*LEP*) на репродуктивные качества свиноматок породы крупная белая.

Следующие задачи были поставлены для достижения указанной цели:

- определить генетическую структуру племенного поголовья свиней породы крупная белая ЗАО «Племзавод Юбилейный» по генам-маркерам *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP*;

- изучить изменчивость признаков воспроизводительной продуктивности у свиноматок различных генотипов по генам *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP*;

- установить желательные генотипы генов *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP*, ассоциированные с генетической предрасположенностью свиней к высоким показателям воспроизводительной продуктивности;

- определить эффект комбинированного генотипа по желательным аллельным вариантам генов *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP* на воспроизводительные признаки.

**Научная новизна работы.** Получены новые данные о распределении аллельных вариантов генов *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP* у свиней крупной белой породы. Изучено влияние генотипов по генам *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP* на воспроизводительные признаки свиней, включая количество поросят при рождении, многоплодие, количество мертворожденных поросят, массу гнезда при рождении, массу одного поросенка при рождении, массу гнезда при отъеме. Проведены исследования, направленные на изучение комплексного эффекта желательных генотипов генов *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP* на продуктивность свиней.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретически обоснованно применение ДНК-генотипирования в селекции свиней по воспроизводительным качествам. Выявлены желательные генотипы по генам *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP*, детерминирующие повышенный уровень воспроизводительной продуктивности свиноматок крупной белой породы.

Результаты исследований внедрены в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области и применяются при разработке селекционно-генетических программ, направленных на повышение воспроизводительных качеств свиней данного хозяйства.

**Методология и методы исследования.** При проведении исследований определяли показатели продуктивности свиней крупной белой породы в соответствии с существующими методиками и зоотехнические методики постановки опыта. ДНК-генотипирование проводили с помощью современных молекулярно-генетических методов. Обработку количественных показателей осуществляли с помощью программы М. Excel и вариационно-статистическими методами.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Частоты аллелей и генотипов генов *ESR*, *LIF*, *PRLR*, *LEP* и *FSHb* у свиней породы крупная белая;
2. Эффекты генотипов генов *ESR*, *LIF*, *PRLR*, *LEP* и *FSHb* на изменчивость воспроизводительных признаков;
3. Генотипы генов *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP*, ассоциированные с высокой воспроизводительной продуктивностью свиноматок крупной белой породы
4. Комплексное влияние желательных генотипов на изменчивость признаков плодовитости свиноматок крупной белой породы.

**Степень достоверности и апробация работы.** Результаты исследований прошли широкую апробацию на конференциях и конкурсах различного уровня, в печати и на производстве. Основные положения диссертации были представлены и обсуждены на международных научно-практических конференциях Донского ГАУ (2015 – 2017 гг.); VI Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины" (г. Ростов-на-Дону, 2015 г.); Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов» (г. Москва, 2015 - 2017 гг.); VI Фестивале науки Юга России (г. Ростов-на-Дону, 2015 г.); 10-й конференции-школе молодых ученых «Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных» (г. Москва, 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Повышение конкурентоспособности животноводства и актуальные проблемы его научного обеспечения» (г. Ставрополь, 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Селекция сельскохозяйственных животных и технология производства продукции животноводства» (пос. Персиановский, 2016 г.). Результаты работы были представлены на международных и всероссийских выставках и форумах: «Молодежном инновационном конвенте Ростовской области» (г. Ростов-на-Дону, 2016 г.) – первое место в номинации «Лучший инновационный проект»; XVIII Агропромышленном форуме юга России, конкурс «Инновации в агропромышленном комплексе» (г. Ростов-на-Дону, 2015 г.) – бронзовая медаль; Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень» (г. Москва, 2015 – 2016 гг.) – бронзовая и серебряная медали; VI Фестивале науки юга России «Фестиваль науки» (г. Ростов-на-Дону, 2016 г.); «У.М.Н.И.К.» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Ростов-на-Дону, 2015 г.) - получен

грант на проведение исследований; Всероссийский конкурс на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых заведений Министерства сельского хозяйства РФ – 2018-2019 гг. - первое место; Startup Tour (Таганрог, 2016 г.) - первое место; Startup Village (г. Москва, 2016 г.); Конкурсе на «Лучший молодежный проект» в рамках Всероссийского молодежного форума «Ростов-2016» - получен грант на проведение исследований; Конкурсе проектов «Потенциал будущего» (г. Москва, 2017 г.); Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектива-2017» (г. Нальчик, 2017 г.); IX международном конгрессе «Биотехнология: состояние и перспективы» (г. Москва, 2017 г.); Конференции «Генетика- фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции» (г. Ростов-на-Дону, 2017 г.). В 2016 г. - удостоена стипендии Губернатора Ростовской обл., 2016-2017 гг.- стипендии Президента РФ. В 2016 г. была удостоена стипендии Фонда целевого капитала «Образование и наука ЮФО».

**Публикация результатов исследований.** По материалам исследования опубликовано 20 печатных работ, отражающих основное содержание работы, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 – в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science. Получен патент на изобретение: «Способ оценки плодовитости свиней ландрас и крупная белая» № 2634404 от 26.10.2017. Зарегистрированы «База данных аутосомных ДНК-маркеров свиней» №2015621623 от 02.11.2015 и "База данных генотипов свиней по генам GH, GHR, POU1F1/–, LEP" №2017621094 от 31.07.2017.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 120 страницах компьютерного текста, содержит 27 таблиц и 11 рисунков, состоит из введения, обзора литературы, материала и методики, результатов исследования, выводов и предложения производству, списка литературы, насчитывающего 221 источников, в т. ч. 143 зарубежных.

## **2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Проведение молекулярно-генетических исследований и обработку полученных результатов осуществляли в лаборатории молекулярной диагностики и биотехнологии с.-х. животных Донского ГАУ. Объектом исследования служили свиньи крупной белой породы ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области, которые в конце 2013 года были завезены на предприятие из Англии. В ЗАО «Племзавод-Юбилейный» внедрены современные технологии содержания животных и организована поточная технология производства свинины. Научно-информационное обеспечение селекционно-племенной работы осуществляется посредством компьютерной программы АСС фирмы «Селиком» г. Рязань.

Для оценки влияния полиморфизма исследуемых генов на воспроизводительные качества свиней было проведено генотипирование 110 свиноматок крупной белой породы методом ПЦР-ПДРФ (полимеразная

цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов). Свиноматки отбирались одного года рождения, имеющие одинаковые условия кормления и содержания, и к моменту проведения исследований как минимум три опороса. У свиноматок учитывали следующие показатели воспроизводительной продуктивности: количество поросят при рождении (гол.), многоплодие (гол.), массу гнезда при рождении (кг), крупноплодность (кг), количество мертворожденных поросят (гол.) и масса гнезда при отъеме (кг). При обработке результатов учитывали номер опороса (1-й, 2-й, 3-й и в среднем по 3-ем опоросам). Схема исследования представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема исследований

ПЦР-ПДРФ анализ включал следующие этапы: отбор и обработка биологического материала (выщипы тканей из ушной раковины); выделение ДНК; подготовка смеси и постановка ПЦР для амплификации исследуемого участка гена; проведение рестрикции амплифицированных фрагментов: электрофорез в агарозном геле и детекция результатов в трансиллюминаторе

в ультрафиолетовом свете. Выделение ДНК и постановку ПЦР–ПДРФ проводили согласно общепринятым методикам применения ДНК-генотипирования в животноводстве (Л.В. Гетманцева и др., 2016). Полиморфизм генов рецептора пролактина (*PRLR*), лейкоингибирующего фактора (*LIF*), рецептора эстрогена (*ESR*), фолликулостимулирующего рецептора (*FSHb*) и лептина (*LEP*) определяли методами ПЦР и ПЦР-ПДРФ согласно методикам, представленным в литературных источниках с небольшими собственными модификациями (таблица 1).

Таблица 1 - Метод определения полиморфизма генов

Ген	Метод	Рестриктаза	Литература
<i>ESR</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>PvuII</i>	Short et al., 1997; Леонова и др., 2016
<i>PRLR</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>AluI</i>	Drogemuller et al, 2001; Mikhailov et al., 2014
<i>LIF</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>DraIII</i>	Spötter et al., 2003; Leonova et al., 2015
<i>LEP</i>	ПЦР-ПДРФ	<i>HinfI</i>	Chen et al., 2004; Getmantseva et al., 2017
<i>FSHb</i>	ПЦР	-	Humpolíček et al., 2007; Максимов и др., 2017

Частоту аллелей и генотипов определяли по формулам (Г.В. Максимов и др., 2010):

$$P_A = \frac{2 \cdot n_1 + n_3}{2 \cdot N} \quad (1)$$

$$P_{A'} = \frac{2 \cdot n_2 + n_3}{2 \cdot N} \quad (2)$$

$$P_{AA} = \frac{n_1}{N}, P_{A'A'} = \frac{n_2}{N}, P_{AA'} = \frac{n_3}{N} \quad (3)$$

где  $P_A$  – частота аллеля *A*,  $P_{A'}$  – частота аллеля *A'*,  $P_{AA}$  – частота генотипа *AA*,  $P_{A'A'}$  – частота генотипа *A'A'*,  $P_{AA'}$  – частота генотипа *AA'*,  $n_1$  – количество гомозигот *AA*,  $n_2$  – количество гомозигот *A'A'*,  $n_3$  – количество гетерозигот *AA'*,  $N$  – общее количество животных.

Анализ воспроизводительной продуктивности свиноматок проводили с использованием программы Excel- пакет *Анализ данных – описательная статистика*. Рассчитывали следующие статистические показатели: среднюю арифметическую величину ( $M$ ), стандартную ошибку ( $m$ ), медиану, моду, стандартное отклонение ( $\sigma$ ), эксцесс, асимметрию, и интервал, максимальное и минимальное значение, коэффициент изменчивости ( $Cv, \%$ ). Достоверность различий между показателями продуктивности свиноматок различных генотипов определяли с использованием критерия Стьюдента и уровня вероятности ( $P$ ).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Оценка воспроизводительных качеств свиней крупной белой породы

В системе гибридизации, принятой в ЗАО «Племзавод - Юбилейный», свиньи крупной белой породы (КБ) используются на первом этапе гибридизации в качестве материнской породы. Общая характеристика воспроизводительных качеств исследуемой группы свиноматок крупной белой породы по результатам трех опоросов, представлена в таблице 2. Проведенный анализ репродуктивных качеств показал, что свиноматки КБ имеют высокие показатели продуктивности. Статистический анализ выявил большой потенциал данной породы, но в тоже время показал, что дальнейшая селекционная работа, основанная только на использование традиционных методов отбора, не сможет принести значительных положительных сдвигов в ближайшем будущем.

Таблица 2 - Характеристика воспроизводительных качеств свиноматок по трем опоросам

Показатель	Количество поросят при рождении	Количество живых поросят при рождении	Количество мертворожденных поросят	Масса гнезда при рождении	Масса одного поросенка при рождении	Количество поросят при отъеме	Масса гнезда при отъеме
Средняя (М)	13,10	11,90	1,04	16,50	1,38	11,26	81,66
Ст. ошибка (m)	0,22	0,22	0,12	0,31	0,02	0,16	1,28
Медиана	13,00	12,00	1,00	17,00	1,40	11,33	81,10
Мода	12,00	12,00	1,00	16,00	1,5	12,00	81,10
Ст. отклонение	2,90	2,90	0,95	4,20	0,13	1,27	10,02
Дисперсия	8,64	8,74	0,91	17,87	0,016	1,62	100,33
Эксцесс	0,70	0,70	0,33	0,30	2,21	0,34	0,15
Асимметр.	0,50	-0,50	0,59	-0,30	-1,23	-0,43	-0,16
Интервал	16,00	19,00	4,50	26,00	0,68	6,00	48,30
Минимум	7,00	5,00	0,00	7,50	0,91	8,00	57,50
Максимум	23,00	19,00	3,67	26,00	1,59	14,00	105,80
$C_v$ , %	22,10	24,30	9,18	25,50	9,27	11,28	12,26

( $C_v$  – коэффициент вариации)

#### 3.2. Воспроизводительные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *ESR*

В исследуемой популяции по гену *ESR* определены два аллельных варианта А и В, которые представлены тремя генотипами АА (n=8), АВ (n=70) и ВВ (n=32). Наибольшая частота в исследуемой популяции принадлежит аллелю В (61%) и генотипу АВ (64%) (рисунок 2).

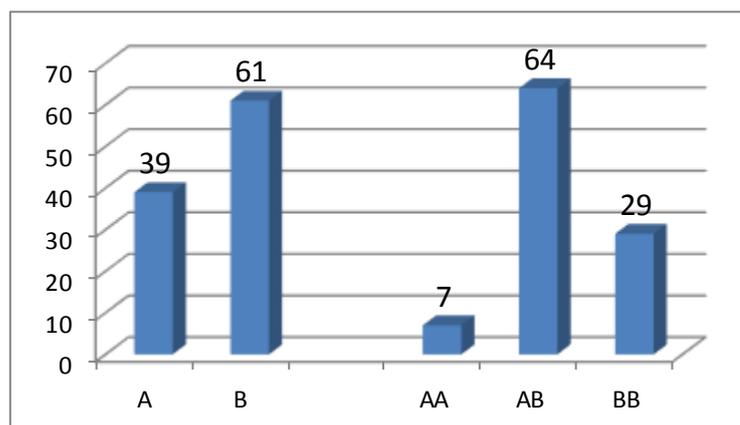


Рисунок 2 - Частота аллелей и генотипов гена *ESR* у свиноматок КБ

По трем опоросам лучшие показатели характерны для свиноматок генотипа ВВ (таблица 3).

Таблица 3 - Воспроизводительные качества свиноматок различных генотипов гена *ESR* по трем опоросам

Генотипы	М	m	min	max	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AA	12,87	0,50	11,00	13,67	8,62
AB	13,38*	0,30	10,00	19,33	13,82
BB	13,70*	0,29	12,00	16,33	9,40
Многоплодие, гол.					
AA	11,33	0,56	10,00	12,5	11,12
AB	12,34*	0,28	8,50	16,00	14,10
BB	12,80*	0,27	10,67	15,00	9,14
Количество мертворожденных поросят, гол.					
AA	0,94	0,50	-0,83	3,66	15,98
AB	1,11	0,17	0,00	3,50	7,53
BB	0,99	0,18	-0,50	2,67	8,94
Масса гнезда при рождении, кг					
AA	15,47	1,07	13,00	19,00	15,45
AB	16,81*	0,39	12,00	22,33	14,51
BB	17,85*	0,50	13,00	21,00	12,27
Крупноплодность, кг					
AA	1,34	0,03	1,18	1,48	7,98
AB	1,42	0,02	1,15	1,55	6,39
BB	1,34	0,03	0,91	1,59	12,16
Количество поросят при отъеме, гол.					
AA	10,57	0,73	8,50	13,00	15,51
AB	11,33	0,18	8,00	13,33	9,97
BB	11,29	0,31	8,00	14,00	12,75
Масса гнезда при отъеме, кг					
AA	78,99	1,80	69,10	85,80	6,84
AB	80,38	1,93	57,5	96,93	12,01
BB	82,92	2,00	61,70	105,8	11,60

\* -  $P \leq 0,05$

Свиноматки генотипа ВВ превосходили аналогов генотипа АА по количеству поросят при рождении, многоплодию, массе гнезда при рождении и при отъеме на 0,83 гол. (6,06%;  $P < 0,05$ ); 1,47 гол. (11,48%;  $P < 0,05$ ); 2,38 кг (13,33%;  $P < 0,05$ ) и 3,93 кг (4,74%) соответственно. Достоверные различия между свиноматками генотипов АВ и АА составили по количеству поросят при рождении 0,51 гол. (3,81%,  $P < 0,05$ ), многоплодию 1,01 гол. (8,18%,  $P < 0,05$ ), массе гнезда при рождении 1,34 кг (7,97%,  $P < 0,05$ ), массе гнезда при отъеме 1,39 кг (1,73%).

Наличие аллельного варианта В гена *ESR* связано с лучшими показателями продуктивности у свиноматок КБ, но его эффект в наибольшей степени проявляется в гомозиготном состоянии. Эффекты генотипов гена *ESR* по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении у свиноматок КБ представляют следующий ряд (по убыванию): ВВ > АВ > АА.

### 3.3. Репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LEP*

У свиноматок КБ по гену *LEP* было определено три генотипа ТТ (n=44), ТС (n=48) и СС (n=18) гена *LEP* (рисунок 3). Наибольшей частотой обладал аллель Т (62%) и генотип СТ (44%). Аллель С (31%) и генотип СС (16,4%) имели меньшую частоту.

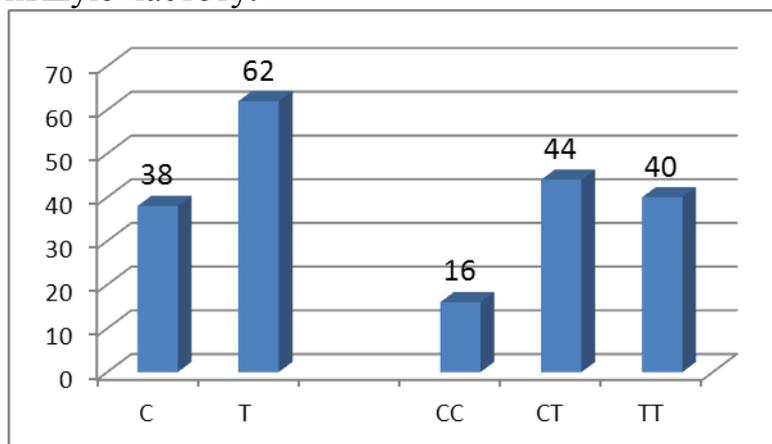


Рисунок 3 - Частота аллелей и генотипов гена *LEP* у свиноматок КБ

Свиноматки генотипа СС превосходили животных генотипа ТТ по количеству поросят при рождении на 1,06 гол. (7,49%;  $P < 0,05$ ), многоплодию на 1,1 гол. (8,33%;  $P < 0,05$ ) и массе гнезда на 1,52 кг (8,60%;  $P < 0,05$ ) (таблица 4).

Максимальные значения по количеству поросят при рождении, многоплодию, массе гнезда при рождении также были у животных генотипа СС. По результатам трех опоросов эффекты генотипов гена *LEP* на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении свиноматок КБ представляют следующий ряд (по убыванию): СС > СТ > ТТ.

Таблица 4 - Продуктивность свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LEP* по трем опоросам

Генотипы	n	M	m	min	max	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
СС	18	14,15*	0,86	12	19,33	18,23
СТ	48	13,46	0,31	10	16,67	11,44
ТТ	44	13,09	0,26	10,67	16,34	9,78
Многоплодие, гол						
СС	18	13,20*	0,50	10,67	15,67	11,43
СТ	48	12,35	0,33	8,5	15	13,36
ТТ	44	12,10	0,31	9,5	16	12,64
Количество мертворожденных поросят, гол.						
СС	18	0,94	0,50	-0,83	3,67	15,98
СТ	48	1,11	0,17	0,00	3,50	7,53
ТТ	44	0,99	0,18	-0,50	2,67	8,94
Масса гнезда при рождении, кг						
СС	18	17,67*	0,88	14,67	22,33	15,05
СТ	48	17,46	0,47	12	21,67	13,40
ТТ	44	16,15	0,46	12,7	19,67	14,12
Крупноплодность, кг						
СС	18	1,34	0,03	1,18	1,48	7,99
СТ	48	1,42	0,02	1,15	1,55	6,39
ТТ	44	1,34	0,03	0,91	1,59	12,16
Количество поросят при отъеме, гол.						
СС	18	10,67	0,38	8,00	12,00	11,43
СТ	48	11,23	0,26	8,50	13,33	12,02
ТТ	44	11,40	0,21	8,00	13,33	9,38
Масса гнезда при отъеме, кг						
СС	18	78,99	1,80	69,10	85,80	6,84
СТ	48	80,38	1,93	57,50	96,93	12,02
ТТ	44	82,92	2,00	61,70	105,80	11,60

\* -  $P \leq 0,05$

### 3.4. Воспроизводительные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *FSHb*

Полиморфизма гена *FSHb* в изучаемой группе свиноматок представлен двумя аллелями А и В и тремя генотипами АА (n=32), АВ (n=64) и ВВ (n=14). Наибольшую частоту имели аллель А (58%) и генотип АВ (58%), а наименьшую аллель В и генотип ВВ, частоты которых равнялись 42 и 13% соответственно (рисунок 4).

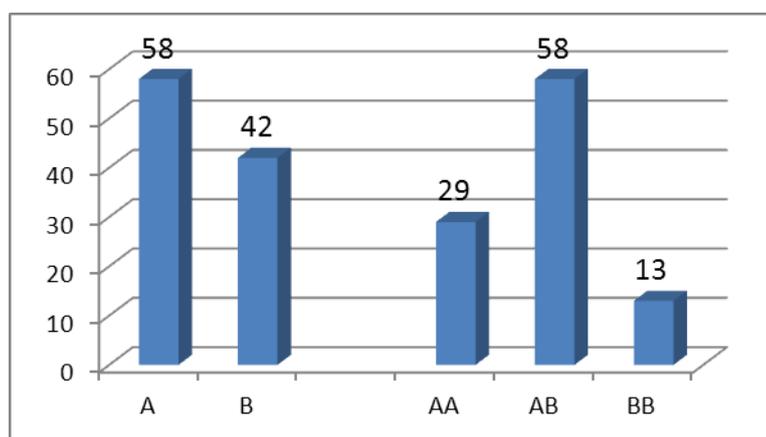


Рисунок 4 - Частота аллелей и генотипов гена *FSHb* у свиноматок КБ

Лучшими были свиноматки генотипа ВВ, превосходившие аналогов генотипа АА по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении на 1,17 гол. (8,70%;  $P < 0,05$ ), 0,80 гол. (6,45%;  $P < 0,05$ ) и 1,75 (10,37%;  $P < 0,05$ ) (таблица 5).

Таблица 5 – Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *FSHb* по трем опоросам

Генотипы	М	m	min	max	Сv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
АА	13,45	0,29	11,00	16,33	10,11
АВ	13,19	0,26	10,00	16,67	11,75
ВВ	14,62*	0,39	12,00	19,33	17,03
Многоплодие, гол.					
АА	12,40	0,35	9,50	15,00	13,02
АВ	12,24	0,27	8,50	16,00	12,91
ВВ	13,20*	0,26	11,00	15,67	11,32
Количество мертворожденных поросят, гол.					
АА	1,01	0,21	-0,50	3,50	9,68
АВ	0,95	0,02	-0,83	2,67	8,46
ВВ	1,55	0,55	0,00	3,67	9,44
Масса гнезда при рождении, кг					
АА	16,87	0,59	12,70	21,67	16,12
АВ	16,80	0,38	12,00	21,00	13,21
ВВ	18,62*	0,52	15,67	22,33	11,25
Крупноплодность, кг					
АА	1,36	0,03	0,91	1,59	12,11
АВ	1,37	0,02	1,15	1,55	7,88
ВВ	1,43	0,03	1,30	1,54	5,77
Количество поросят при отъеме, гол.					
АА	11,26	0,28	8,00	13,33	11,72
АВ	11,18	0,21	8,00	14,00	11,45
ВВ	11,67	0,44	9,67	13,00	10,02
Масса гнезда при отъеме, кг					
АА	80,32	2,53	59,03	105,80	14,09
АВ	82,67	1,62	57,50	101,87	11,46
ВВ	80,60	3,60	69,10	95,30	11,81

\*  $P \leq 0,05$

Эффекты генотипов гена *FSHb* на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении у свиноматок КБ представляют следующий ряд (по убыванию):  $BB > AA > AB$ .

### 3.5. Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF*

Полиморфизм гена *LIF* представлен тремя генотипами AA (n=42), AB (n=60) и BB (n=8). Наибольшей частотой обладал аллель А (65%) и генотип АВ (55%). Аллель В и генотип ВВ имели наименьшую частоту (35 и 7% соответственно) (рисунок 5).

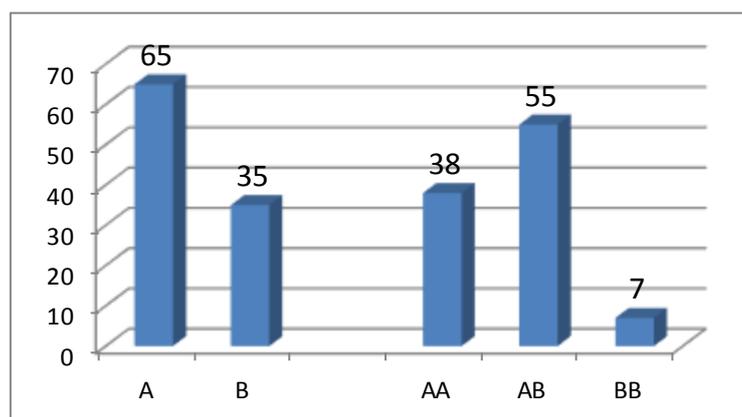


Рисунок 5 - Частота аллелей и генотипов гена *LIF* у свиноматок КБ

Лучшие показатели продуктивности были у свиноматок генотипа AA, превышавших особей генотипа ВВ, по количеству поросят при рождении на 1,16 гол. (8,96%;  $P < 0,05$ ) и многоплодию на 0,78 гол. (6,34%;  $P < 0,05$ ). По крупноплодности и количеству поросят при отъеме достоверных различий не было. По массе гнезда при отъеме лучшими были особи генотипа ВВ, превосходившие особей с генотипом AA на 1,38 кг (1,65%) (таблица 6).

Таблица 6 – Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF* по трем опоросам

Генотипы	М	m	min	max	Сv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AA	14,10*	0,27	10,00	22,00	9,53
AB	13,74	0,30	9,00	23,00	12,95
BB	12,94	0,42	9,00	18,00	9,22
Многоплодие, гол.					
AA	13,07*	0,31	8,0	18,00	11,99
AB	12,57	0,27	8,0	19,00	12,86
BB	12,29	0,26	8,00	16,00	10,70
Количество мертворожденных поросят, гол.					
AA	0,93	0,19	-0,83	2,67	9,31
AB	1,14	0,17	-0,67	3,67	9,17
BB	0,78	0,24	0,00	1,67	7,50
Масса гнезда при рождении, кг					

AA	17,11	0,53	10,00	23,00	14,56
AB	17,22	0,42	10,00	26,00	14,49
BB	17,05	0,63	13,00	23,00	8,70
Крупноплодность, кг					
AA	1,39	0,04	0,91	1,59	11,64
AB	1,37	0,02	1,04	1,52	8,21
BB	1,38	0,04	1,27	1,53	7,15
Количество поросят при отъеме, гол.					
AA	11,12	0,26	8,00	13,33	11,25
AB	11,25	0,22	8,00	14,00	11,98
BB	11,83	0,31	10,67	13,00	6,34
Масса гнезда при отъеме, кг					
AA	82,51	2,20	57,50	105,80	11,91
AB	80,80	1,81	59,03	101,87	13,29
BB	83,89	2,53	74,25	91,45	7,39

\*  $P \leq 0,05$

Эффекты генотипов гена *LIF* на количество поросят при рождении и многоплодие у свиноматок КБ представляют следующий ряд (по убыванию): AA > AB > BB.

### 3.6. Воспроизводительные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *PRLR*

Ген *PRLR* в изучаемой выборке представлен двумя аллелями и двумя генотипами AB (n=22) и BB (n=78) (рисунок 6). Наибольшую частоту имел аллель B (89%) и генотип BB (78%). Достоверные различия были определены по массе гнезда при рождении и количеству поросят при отъеме (таблица 7). У свиноматок генотипа BB масса гнезда при рождении была больше на 1,47 кг (9,15%;  $P \leq 0,01$ ), а по количеству поросят при отъеме на 1,14 гол. (9,86%;  $P \leq 0,05$ ) по сравнению со свиноматками генотипа AB. Значимых различий по количеству поросят при рождении и многоплодию установлено не было, что, вероятно, связано с отсутствием особей генотипа AA гена *PRLR* в исследуемой популяции. Полученные нами данные показали сильный эффект генотипа BB гена *PRLR* на массу гнезда при рождении.

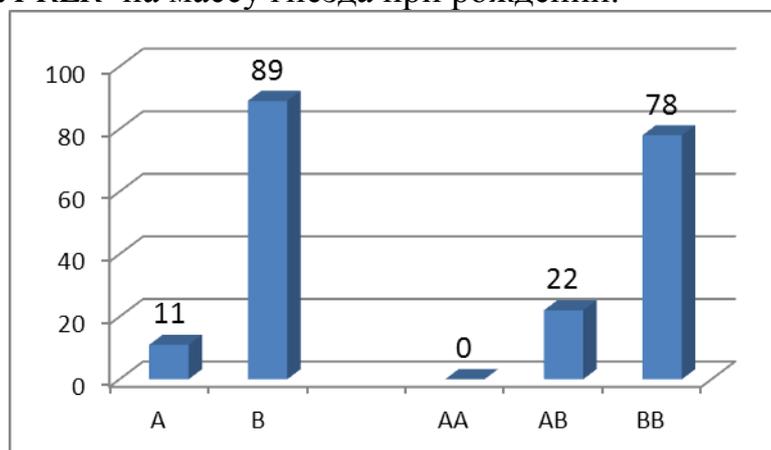


Рисунок 6 - Частота аллелей и генотипов гена *PRLR* у свиноматок КБ

Таблица 7 – Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *PRLR* по трем опоросам

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AB	13,43	0,42	11,00	16,33	12,07
BB	13,45	0,25	10,00	19,33	12,55
Многоплодие, гол.					
AB	11,98	0,45	9,50	15,00	14,50
BB	12,55	0,23	8,50	15,00	12,26
Масса гнезда при рождении, гол.					
AB	16,06	0,32	13,00	19,50	14,49
BB	17,53**	0,35	12,00	22,33	13,85
Крупноплодность, кг					
AB	1,35	0,03	1,15	1,55	8,81
BB	1,38	0,02	0,91	1,59	9,45
Количество мертворожденных поросят, гол.					
AB	1,43	0,27	0,0	3,50	7,66
BB	0,90	0,13	0,0	3,67	9,66
Количество поросят при отъеме, гол.					
AB	10,42	0,32	8,00	12,67	13,15
BB	11,56*	0,16	9,33	14,00	9,43
Масса гнезда при отъеме, кг					
AB	79,21	2,04	61,70	90,80	10,28
BB	82,54	1,57	57,5	105,80	12,78

\* -  $P \leq 0,05$ ; \*\* -  $P \leq 0,01$

### 3.8. Эффект желательных генотипов генов *ESR*, *LIF*, *FSHb*, *LEP* и *PRLR* на признаки воспроизводительной продуктивности свиноматок

Для расчета эффективности желательных аллельных вариантов, при их сочетании в геноме, свиноматки были разделены на две группы. В первую группу из изучаемой выборки были отобраны свиноматки ( $n=15$ ), обладающие желательными аллельными вариантами по исследуемым генам (*A/LIF*, *B/PRLR*, *B/ESR*, *B/FSHb* и *C/LEP*) (таблица 8).

Таблица 8 – Воспроизводительные качества свиноматок первой и второй групп по трем опоросам

Группа	n	M	m	min	max
Количество поросят при рождении, гол.					
1-ая	15	14,45**	0,23	11,33	19,33
2-ая	14	13,12	0,20	10,00	16,33
Многоплодие, гол.					
1-ая	15	13,31*	0,28	10,33	15,67
2-ая	14	12,19	0,23	8,50	16,00
Масса гнезда при рождении, кг					
1-ая	15	17,80*	0,18	14,93	22,33
2-ая	14	16,59	0,36	12,00	21,67

Группа	n	M	m	min	max
Количество мертворожденных поросят, гол.					
1-ая	15	0,99	0,18	0,00	2,70
2-ая	14	0,94	0,50	0,00	3,60
Крупноплодность, кг					
1-ая	15	1,41**	0,03	1,18	1,56
2-ая	14	1,28	0,02	1,20	1,52
Количество поросят при отъеме, гол.					
1-ая	15	11,92	0,31	9,50	14,00
2-ая	14	11,25	0,73	8,80	13,00
Масса гнезда при отъеме, кг					
1-ая	15	84,59	2,52	67,68	92,90
2-ая	14	80,52	4,06	70,31	95,32

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

Во вторую группу вошли свиноматки ( $n=14$ ), у которых отсутствовали желательные аллельные варианты по исследуемым генам, за исключением гена *PRLR* (так как у всех свиноматок присутствовал аллель В, либо в гомозиготном состоянии - генотип ВВ, либо в гетерозиготном – генотип АВ).

Полученные результаты показали, что свиноматки, имеющие желательные аллельные варианты по всем анализируемым генам (первой группы), обладали более высоким уровнем воспроизводительной продуктивности по сравнению со свиноматками второй группы. Превосходство свиноматок первой группы составило по количеству поросят при рождении 1,33 гол. (10,14%;  $P<0,01$ ), многоплодию 1,12 гол. (9,19%;  $P<0,05$ ), массе гнезда при рождении 1,12 гол. (11,48%;  $P<0,05$ ) и одного поросенка 0,13 кг (10,16%;  $P<0,01$ ). Продуктивность свиноматок первой группы также сравнили со средней продуктивностью всей исследуемой выборки (таблица 9).

Таблица 9 – Воспроизводительные качества свиноматок первой группы и средними показателями популяции

Группа	n	M	m	Минимум	Максимум
Количество поросят при рождении, гол.					
1-ая	15	14,45*	0,43	11,33	19,33
2-ая	110	13,10	0,22	7,00	23,00
Многоплодие, гол.					
1-ая	15	13,31**	0,38	10,33	15,67
2-ая	110	11,90	0,22	5,00	19,00
Масса гнезда при рождении, кг					
1-ая	15	17,80*	0,28	14,93	22,33
2-ая	110	16,50	0,33	7,50	26,00
Количество мертворожденных поросят, гол.					
1-ая	15	0,99	0,18	0,00	2,70
2-ая	110	1,04	0,12	0,00	3,67
Крупноплодность, кг					
1-ая	15	1,41	0,03	1,18	1,56
2-ая	110	1,28	0,02	1,20	1,52
Количество поросят при отъеме, гол.					

Группа	n	M	m	Минимум	Максимум
1-ая	15	11,92	0,31	9,50	14,00
2-ая	110	11,25	0,73	8,80	13,00
Масса гнезда при отъеме, кг					
1-ая	15	84,59	2,52	67,68	92,90
2-ая	110	80,52	4,06	70,31	95,32

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

Свиноматки первой группы, имеющие желательные аллельные варианты по всем анализируемым генам, относительно средних показателей исследуемой выборки отличались лучшими количеством поросят при рождении на 1,35 гол. (10,31%;  $P < 0,05$ ), многоплодием на 1,41 гол. (11,85%;  $P < 0,01$ ) и массой гнезда при рождении 1,30 гол. (7,88%;  $P < 0,05$ ).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что при сочетании желательных вариантов генов *ESR*, *LIF*, *PRLR*, *FSHb* и *LEP* их эффект на признаки воспроизводительной продуктивности свиноматок имеет высокую статистическую значимость и охватывает весь спектр наиболее значимых селекционных признаков: количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении.

### Экономическая эффективность

В качестве примера эффективности генов-маркеров в селекционной работе был проведен расчет производственных показателей свиноматок двух групп. В первую группу из изучаемой выборки были отобраны свиноматки ( $n=10$ ), обладающие желательными аллельными вариантами по исследуемым генам (*A/LIF*, *B/PRLR*, *B/ESR*, *B/FSHb* и *C/LEP*). Во вторую группу вошли свиноматки ( $n=10$ ), у которых отсутствовали желательные аллельные варианты по исследуемым генам (таблица 10).

Таблица 10 – Экономическая эффективность

Показатели	1-я группа	2-я группа
Получено поросят от 10 свиноматок за один опорос, гол.	130	122
Получено поросят от 10 свиноматок за год, гол.	286	268,2
Кол-во поросят от 10 свиноматок при отъеме, гол.	277,4	260,2
Кол-во плем. свиней массой 100-110 кг, гол.	274,6	257,6
из них свинок / хрячков, гол.	137/137	128/128
Затраты на производство, тыс. руб.; ( в т.ч. свинок / хрячков)	5630,7 (2712,6/2918,1)	5260,8 (2534,4/2726,4)
Выручка от реализации племмолодняка, тыс. руб.; ( в т.ч. свинок/хрячков)	9042,0 (3699,0/5343,0)	8448,0 (3456,0/4992,0)
Прибыль, тыс. руб.	3411,3	3187,2

При проведении расчетов использовали усредненные ценовые показатели на племенных свиней в 2018 году: цена реализации племенной свинки при живой массе 100-110 кг составляет 27 тыс. руб., хрячка – 39 тыс.руб., общие затраты на производства 1 гол. племенной свинки живой массы 100 -110 кг составляют 19,8 тыс.руб. и хрячка – 21,3 тыс. руб. Производственные показатели: многоплодие свиноматок 1-ой группы– 13,0 гол.; многоплодие свиноматок второй группы – 12,19 гол.; количество опоросов в год – 2,2 опороса; сохранность поросят от рождения до отъема – 97%, от отъема до реализации – 99%. В одном гнезде 50% - свинок и 50% - хрячков. Расчеты проводили из расчета получения дополнительной прибыли на 10 свиноматок.

Полученные результаты подтверждают, что использование ДНК-диагностики в селекционной работе на чистопородных свиньях крупной белой породы позволяет повысить воспроизводительные качества свиноматок и получить дополнительную прибыль в сумме 224,1 тыс. руб. в год от 10 свиноматок (или 22,4тыс. руб. от одной свиноматки), обладающих желательными аллельными вариантами по исследуемым генам (*A/LIF*, *B/PRLR*, *B/ESR*, *B/FSHb* и *C/LEP*). Соответственно, в пересчете на 100 свиноматок прибыль составит 2,2 млн. руб.

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### 4.1. Выводы

1. В результате проведенных исследований определена генетическая структура племенного поголовья свиней породы крупная белая ЗАО «Племзавод Юбилейный» по генам-маркерам *PRLR*, *LIF*, *ESR*, *FSHb* и *LEP*. Полиморфизм гена *ESR* у свиней крупной белой породы представлен двумя аллелями А и В с частотами 0,39 и 0,61 и тремя генотипами АА, АВ и ВВ с частотами 7,0; 64,0 и 29,0 %, соответственно. Ген *LEP* в исследуемой популяции представлен двумя аллелями С и Т с частотами 0,38 и 0,62 и генотипами СС, СТ, ТТ с частотами 16,0; 44,0 и 40,0 % соответственно. Ген *LIF* - двумя аллелями А и В с частотами 0,65 и 0,35 и генотипами АА, АВ и ВВ с частотами 38,0; 55,0 и 7,0% соответственно. Ген *PRLR* - двумя аллелями А и В; генотипами АВ и ВВ, частоты которых составили 0,11 и 0,89; 22,0 и 78,0 %, соответственно. Частоты аллелей А и В гена *FSHb* составили 0,58 и 0,42 и генотипов АА, АВ и ВВ - 29,0; 58,0 и 13,0 % соответственно.
2. Доказано влияние генотипов гена *ESR* на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении. Лучшие показатели продуктивности имели свиноматки желательного генотипа ВВ, которые превосходили аналогов генотипа АА по количеству поросят при рождении, многоплодию, массе гнезда при рождении и при отъеме на 0,83 гол. (6,06%); 1,47 гол. (11,48%); 2,38 кг (13,33%) и 3,93 кг (4,74%).
3. Установлено влияние генотипов гена *LIF* на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении. В качестве

- желательного определен генотип АА, наличие которого у свиноматок связано с лучшим количеством поросят при рождении на 1,16 гол. (8,96%) и многоплодием на 0,78 гол. (6,34%), относительно свиней генотипа ВВ.
4. Влияние генотипов гена *LEP* проявляется в третьем опоросе. Свиноматки генотипа СС превосходили животных генотипа ТТ по количеству поросят при рождении на 1,06 гол. (7,49%), многоплодию на 1,1 гол. (8,33%) и массе гнезда на 1,52 кг (8,60%).
  5. Определена связь между полиморфизмом гена *FSHb* и изменчивостью воспроизводительных признаков. Свиноматки генотипа ВВ превосходили АА-аналогов по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении на 1,17 гол. (8,70%), 0,80 гол. (6,45%) и 1,75 (10,37%) соответственно. Преимущество свиноматок генотипа ВВ над аналогами генотипа АВ по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении составило, соответственно, 1,43 гол. (10,84%), 0,96 гол. (7,84%) и 1,82 кг (10,83%).
  6. Установлено влияние полиморфизм гена *PRLR* на массу гнезда при рождении. Свиноматки генотипа ВВ превышали АВ-аналогов по массе гнезда при рождении на 1,47 кг (9,15%), а по количеству поросят при отъеме на 1,14 гол. (9,86%).
  7. Полученные данные свидетельствуют о том, что при сочетании желательных вариантов генов *ESR*, *LIF*, *PRLR*, *FSHb* и *LEP* их эффект на признаки воспроизводительной продуктивности свиноматок имеет более высокую статистическую значимость и охватывает весь спектр наиболее значимых селекционных признаков, а именно количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении.
  8. Использование ДНК-диагностики по генам *ESR*, *LIF*, *PRLR*, *FSHb*, *LEP* в селекционной работе при чистопородном разведении свиней крупной белой породы позволяет повысить воспроизводительные качества свиноматок на 8-10 % и получить дополнительную прибыль в сумме 22,41 тыс руб в год от одной свиноматки, обладающей желательными аллельными вариантами по исследуемым генам (*A/LIF*, *B/PRLR*, *B/ESR*, *B/FSHb* и *C/LEP*). Соответственно, в пересчете на 100 свиноматок прибыль составит 2,2 млн. руб.

#### 4.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В селекционно-племенной работе по улучшению воспроизводительных качеств свиноматок крупной белой породы рекомендуется использовать ДНК-диагностику свиней по генам *ESR*, *PRLR*, *LEP*, *FSHb* и *LIF*, которые являются желательными в селекции на повышение продуктивности свиноматок.
2. Использование при отборе свиноматок с желательным генотипом по названным генам позволит повысить количество поросят при рождении на 6,06-8,96%; многоплодие на 6,45-11,48%; массу гнезда при рождении на

9,15-10,37%; количество поросят при отъеме на 8,06-13,33%; массу гнезда при отъеме на 4,74%.

### **4.3. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Дальнейшие исследования генов и их комбинаций позволит определить молекулярно-генетические основы количественных признаков свиней и использовать эти знания в селекционной работе при создании отечественной племенной базы в свиноводстве.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

##### ***В журналах, индексируемых в международных базах Web of Science и Scopus***

1. Radyuk, A. Polymorphism in obesity-related leptin gene and its association with reproductive traits of sows / L. Getmantseva, A. Kolosov, M. Leonova, S. Bakoev, A. Klimenko, V. Vaselenko, A. Usatov, A. Radyuk, N. Bakoev, M. Makarenko // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. Т. 23. № 5. С. 843-850.
2. Radyuk, A. Polymorphisms in several porcine genes are associated with growth traits / A.Yu. Kolosov, M.A. Leonova, S.Yu. Bakoev, A.I. Klimenko, V.N. Vasilenko, A.V. Radyuk // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016. Т. 11. № 4. С. 136-141.

##### ***В ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ***

3. Радюк, А.В. Породная дифференциация желательных генотипов гена PRLR у свиней / А.И. Клименко, А.Ю. Колосов, М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева, С.Ю. Бакоев, А.В. Радюк, Е.А. Романец // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 4 (257). С. 32-37.
4. Радюк, А.В. Многоплодие гибридных свиноматок F1 различных генотипов гена ESR / А.Ю. Колосов, М.А. Леонова, А.В. Радюк, Е.А. Романец, Л.В. Гетманцева // Свиноводство. 2017. № 5. С. 25-26.
5. Радюк, А.В. Воспроизводительные качества хряков различных генотипов по генам LIF и ESR1 / М.А. Леонова, А.В. Радюк, А.Ю. Колосов, Л.В. Гетманцева // Свиноводство. 2016. № 6. С. 59-61.
6. Радюк, А.В. Оценка силы статистического влияния полиморфизма гена ESR1 на воспроизводительные признаки свиней / А.Ю. Колосов, Н.В. Широкова, Г.В. Максимов, М.А. Леонова, А.В. Радюк // Аграрный вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 17-19.
7. Радюк, А.В. Полиморфизм гена MUC4 и воспроизводительные качества свиней / Л.В. Гетманцева, Н.В. Михайлов, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С. 143-146.

##### ***В журналах, индексируемые в РИНЦ, сборниках научных трудов и международных научно-практических конференциях***

8. Радюк, А.В. Интенсификация селекционного процесса в животноводстве с использованием метода ПЦР / М.А. Леонова, А.Ю. Колосов, А.Е. Святогорова, А.В. Радюк, Н.Ф. Бакоев // Молодой ученый. 2014. № 11. С. 172-175.
9. Радюк, А.В. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М.А. Леонова, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк, Е.М. Бублик, А.А. Стетюха, А.Е. Святогорова // Молодой ученый. 2013. № 12 (59). С. 612-614.
10. Радюк, А.В. Влияние гена ESR на воспроизводительные качества свиней / Г.В. Максимов, А.В. Радюк // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2015. Т. 1. № 8. С. 204-207.
11. Радюк, А.В. Маркер-ассоциированная селекция в свиноводстве / М.А. Леонова, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк, Е.А. Романец // В сборнике: Селекция сельскохозяйственных животных и технология производства продукции животноводства. Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 149-152.

12. Радюк, А.В. Полиморфизм гена лептина у свиней крупной белой породы / М.А. Колосова, Л.В. Гетманцева, А.В. Радюк // В сборнике: Аспекты животноводства и производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 33-35.
13. Радюк, А.В. ДНК-маркеры для создания специализированных линий свиней / А.В. Радюк, М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева // В сборнике: Биотехнология: состояние и перспективы развития. Материалы IX международного конгресса. 2017. С. 531-533.
14. Радюк, А.В. Оценка генетической структуры свиней крупной белой породы / Л.В. Гетманцева, Г.В. Максимов, А.В. Радюк, С.Ю. Бакоев // В сборнике: Селекция сельскохозяйственных животных и технология производства продукции животноводства. Материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 167-170.
15. Радюк, А.В. Полиморфизм ДНК-маркеров у свиней крупной белой пород / М.А. Леонова, А.В. Усатов, Л.В. Гетманцева, А.В. Радюк // В сборнике: Окружающая среда и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии. Материалы международной научной конференции и молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова. 2016. С. 430-432.
16. Радюк, А.В. Полиморфизм гена фолликулостимулирующего гормона (FSHb) и его связь с продуктивностью свиней крупной белой породы / М.А. Леонова, А.В. Радюк, Е.А. Романец // В сборнике: Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 51-53.
17. Радюк, А.В. Гены-маркеры воспроизводительной продуктивности свиней / Г.В. Максимов, А.В. Радюк, М.А. Леонова // В сборнике: Актуальные проблемы производства свинины. Материалы XXIV заседания межвузовского координационного совета по свиноводству. 2015. С. 39-42.
18. Радюк, А.В. Влияние генов лейкомиа-ингибирующего фактора (LIF) и эстрогеного рецептора (ESR) на продуктивные качества свиней / М.А. Леонова, А.В. Усатов, А.В. Радюк, А.Ю. Колосов, Л.В. Гетманцева // В книге: Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины. Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2015. С. 95-96.
19. Радюк, А.В. Поиск генетических маркеров воспроизводительной продуктивности свиней / Л.В. Гетманцева, Н.Ф. Бакоев, О.В. Костюнина, С.Ю. Бакоев, А.В. Радюк // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции», г.Ростов-на-Дону, 2019.

#### *Патенты*

20. Радюк, А.В. Способ оценки плодовитости свиней / Л.В. Гетманцева, М.А. Леонова, С.Н. Мамонтов, А.И. Клименко, С.Ю. Бакоев, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк // Патент на изобретение RUS 2634404 17.09.2015

#### *Базы данных*

21. Радюк, А.В. База данных аутосомных ДНК-маркеров свиней/ Л.В. Гетманцева, Ю.А. Колосов, М.А. Леонова, С.Ю. Бакоев, Н.Ф. Бакоев, А.В. Радюк// База данных №2015621623 от 02.11.2015.
22. Радюк, А.В. База данных генотипов свиней по генам GH, GHR, POU1F1/–, LEP/ Ю.А. Колосов, М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева, А.В. Радюк//База данных №2017621094 от 31.07.2017.