

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

РАДЮК АНАСТАСИЯ ВЛАДИМИРОВНА
ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ
С ПРОДУКТИВНОСТЬЮ СВИНЕЙ

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных
животных

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

доктор с.-х. наук,
профессор кафедры разведения
сельскохозяйственных животных
и зоогигиены имени
академика П.Е. Ладана

Максимов Геннадий Васильевич

пос. Персиановский, 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
2.1. Традиционные методы селекции свиней	11
2.1.1. Отбор – основной элемент селекции.....	11
2.1.2. Племенной подбор	15
2.1.3. Система гибридизации в свиноводстве	18
2.2. Молекулярно-генетические маркеры в свиноводстве	21
2.2.1. Ген рецептора эстрогена.....	23
2.2.2. Ген лептина	25
2.2.3. Фолликулостимулирующий гормон.....	27
2.2.4. Фактор, ингибирующий лейкемию	28
2.2.5. Муцин 4	29
2.2.6. Рецептор пролактина	32
3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	34
4. Результаты исследований.....	43
4.1. Оценка воспроизводительных качеств свиней крупной белой породы. 43	
4.2. Воспроизводительные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена <i>ESR</i>	47
4.3. Репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена <i>LEP</i>	54
4.4. Воспроизводительные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена <i>FSHb</i>	60
4.5. Репродуктивные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена <i>LIF</i>	65
4.6. Воспроизводительные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена <i>PRLR</i>	71
4.7. Эффект желательных генотипов генов <i>ESR</i> , <i>LIF</i> , <i>FSHb</i> , <i>LEP</i> и <i>PRLR</i> на признаки воспроизводительной продуктивности свиноматок	76
4.8. Экономическая эффективность.....	79

4.9. Обсуждение результатов исследования	80
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
5.1. Выводы.....	80
5.2. Практические предложения.....	80
5.3. Перспективы дальнейшей разработки темы	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ	117
Приложение 1. Патент на изобретение: «Способ оценки плодовитости свиной пород ландрас и крупная белая» № 2634404 26.10.2017 г.....	118
Приложение 2. «База данных аутосомных ДНК-маркеров свиной» №2015621623 02.11.2015.....	119
Приложение 3. "База данных генотипов свиной по генам GH, GHR, ROU1F1/–, LEP" №2017621094 31.07.2017 г.....	120

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КБ – крупная белая порода

Л- порода ландрас

Cv – коэффициент вариации

ПЦР-ПДРФ – полимеразная цепная реакция – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов

ESR – рецептор эстрогена

PRLR – рецептор пролактина

FSH β – фолликулостимулирующий гормон

LIF – фактор, ингибирующий лейкемию

LEP – лептин

SNP – полиморфизм по одному нуклеотиду

ВВЕДЕНИЕ

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 [22, 6, 61].

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 [189, 147, 175]. Эти маркеры нашли широкое применение в селекционных программах международных генетических компаний. На сегодняшний день большинство этих маркеров легли в основу SNP-чипов, разрабатываемых для геномной селекции [10].

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 государственный аграрный университет» по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета на 2015 г. «Разработка и внедрение методов молекулярной селекции в животноводстве для повышения эффективности селекционно-племенной работы, создания отечественных конкурентноспособных пород и линий сельскохозяйственных животных» и на 2017 г. «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*), лейкемия-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 *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 зоотехническими методиками постановки опыта. ДНК-генотипирование проводили с помощью современных молекулярно-генетических методов. Обработку количественных показателей осуществляли с помощью программы Excel, 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 конференция «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.). Результаты исследований апробированы на 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(приложение 1). Зарегистрированы «База данных аутосомных ДНК-маркеров свиней» №2015621623 от 02.11.2015 (приложение 2) и "База данных генотипов свиней по генам GH, GHR, ROU1F1/–, LEP" №2017621094 от 31.07.2017(приложение 3).

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. 148 зарубежных.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. Традиционные методы селекции свиней

Эффективное ведение отрасли свиноводства невозможно без применения селекционных методов. Открытия в области генетики ускорили создание исходного материала и повысили эффективность отбора и разработку оптимальных методов селекционного процесса. В трудах Ч. Дарвина в 1859-1871 [15] годах были заложены основы теории отбора, получившие дальнейшее развитие в трудах отечественных ученых – А.А. Малигонова [52], П.Н. Кулешова [37,38], Е.А. Богданова [5], Н.Ф. Завадовского [20], И.И. Шмальгаузена [68,69], Е.Ф. Лискуна [45], М.Ф. Иванова [23] и зарубежных ученых - Х.Р. Давидсона [14], Д. Солбрига, О. Солбрига [63], Дж. Ф. Лэсли [47] и др.

2.1.1. Отбор – основной элемент селекции

Основным элементов селекции является отбор. Дж. Ф. Лэсли [47] дает определение отбору, как процессу, в результате которого большее предпочтение, для получения последующего поколения, отдается отдельным особям в популяции. Вследствие чего происходят изменения генных частот в популяции. В популяциях, которые не подвергались действию отбора, возможны лишь очень медленные изменения генных частот.

Возможности движущих сил эволюции и отбора не бесконечны. Теория Ч.Дарвина не говорит о возникновении идеала даже в неизменной среде, сохраняющейся из поколения в поколение. Из неё следует лишь то, что отдельные особи воспроизводят больше потомства, что оказывает влияние на формирование облика будущих поколений. Он разделял отбор на естественный и искусственный.

В животноводстве выделяют три основных формы отбора: движущий (направленный), дизруптивный (разрывной) и стабилизирующий [51, 65, 213]. Стабилизирующий отбор характеризуется тем, что в благоприятных на

протяжении ряда поколений внешних условиях формируются наиболее приспособленные фенотипы, и популяция достигает высшего уровня приспособленности. При этом наступает стабилизация генетической изменчивости и частоты генов приобретают равновесное состояние. Стабилизирующий отбор способствует сохранению особей с количественными признаками, близкими к среднему значению, и устраняет особей, сильно уклоняющихся от среднего в ту или другую сторону, вблизи равновесного значения.

Движущий (направленный) отбор возникает при смене условий среды. В результате этого стабилизируется генетическая изменчивость, нарушается популяция, повышается численность особей, приближающаяся по количественному признаку к максимальному или минимальным его значениям. Отбор при этом благоприятствует тем особям, у которых проявляется приспособленность к новым (положительным или отрицательным) условиям. В результате направленного отбора происходит постепенный сдвиг среднего значения отбираемого признака в сторону его увеличения или снижения. При искусственном направлении (методическом отборе) это смещение соответствует целям селекции. Фенотипическая и генотипическая изменчивость уменьшается [24].

Движущий отбор включает в себя косвенный отбор. Косвенный отбор, предложенный Е.А. Богдановым, основывается на законе корреляции, сущность которого состоит в том, что при изменении одних признаков в ряде случаев изменяются и другие. Косвенный отбор позволяет по развитию одних признаков животного, не представляющих хозяйственной и полезной ценности, судить о развитии других, более ценных качеств.

Дизруптивный (разрывной) отбор благоприятствует нескольким различным фенотипам в популяции, в результате чего устраняются промежуточные формы и образуются популяционные группы. Дизруптивный отбор может привести к созданию в популяции диморфизма и полиморфизма [113,168,112].

Когда происходит формирование желательного типа особей и его нужно сохранить в стаде без изменения (без отклонения от модели), тогда осуществляют выбраковку животных, которые не отвечают заданным критериям. Элиминация (устранение) уклонений от сформировавшейся нормы может происходить и при естественном отборе. Такой отбор И. И. Шмальгаузен [69] называл стабилизирующим отбором. Е. А. Богданов [5] предложил называть косвенным отбором отбор по признакам, не имеющим прямой хозяйственной ценности, но связанным коррелирующим с ним.

Селекция животных по приспособленности к новым условиям содержания приобретает высокое значение из-за интенсификации ведения животноводства. Отбор животных, которые лучше приспособлены к таким условиям, А. И. Овсянников предложил называть технологическим отбором.

Искусственный отбор имеет много общего с естественным. Он направлен на сохранение наиболее устойчивых особей, так же, как и естественный. При направленном отборе в свиноводстве учитываются воспроизводительные, откормочные и мясные качества. Воспроизводительные качества подразделяются на количество поросят при рождении, многоплодие, массу гнезда при рождении, крупноплодность, количество и массу гнезда поросят при отъеме [192,199,185]. Откормочные качества включают в себя: скороспелость, среднесуточный прирост, затраты корма на 1 кг прироста. Мясные (убойные) качества, убойная масса, убойный выход, толщина шпика, длина полутуши, масса задней трети полутуши, площадь «мышечного глазка», содержание в туши мяса, сала и костей [56, 50].

Различают массовый (фенотипический) и индивидуальный методы отбора. Массовый отбор - это отбор животных по росту и развитию, экстерьеру и конституции, продуктивности, т.е. по фенотипу. Индивидуальный отбор - это отбор по происхождению, росту и развитию, экстерьеру и конституции, продуктивности и по качеству потомства (по

генотипу и фенотипу) [208]. Массовый отбор применяют в товарных хозяйствах. Массовый отбор прост по форме и малоэффективен, так как при нем племенные качества животных не улучшаются, продуктивность растет медленно. Наиболее эффективен индивидуальный метод отбора, применяемый, в основном, в племенных хозяйствах [66, 9].

Большое значение имеет число признаков, по которым ведется отбор. В связи с этим различают комплексный отбор (по ряду признаков) и односторонний (по отдельным показателям) [137]. На практике было выявлено, что чем меньше учитывается признаков при отборе, тем быстрее (при тех же условиях) достигается необходимый эффект, этот принцип назвали селекционной границей (нижний уровень отбора) [173].

Тандемный (последовательный) отбор производят последовательно по каждому из желательных признаков. Достигая желательного уровня по одному из признаков, начинают отбор по другому признаку. Отбор будет наиболее эффективным в том случае, если между признаками есть положительная генетическая корреляция. Однако достаточно часто между признаками наблюдается отрицательная корреляция, являющаяся нежелательной [132].

Отбор по независимым уровням. При таком отборе устанавливают минимальный стандарт для каждого признака и подлежат выбраковке те животные, которые не соответствуют установленным требованиям по какому-то одному признаку. В отличие от тандемного, с помощью этого отбора возможно вести селекцию сразу по нескольким признакам [61]. При увеличении количества признаков, включаемых в отбор, снижается установленная граница для каждого из них, т.к. одновременно найти много животных сочетающих в себе высокие показатели по многим признакам практически невозможно. Этот метод применим как к количественным, так и к качественным признакам.

Отбор по селекционным индексам осуществим только в племенном животноводстве с помощью единого банка данных, занесенного в

компьютерную базу данных. Для прогнозирования племенных качеств животного по комплексу признаков могут быть использованы селекционные индексы, которые лежат в основе селекции [12]. Цель данного метода является объединение таких показателей как оценка племенного животного по его фенотипу, боковым родственникам и потомству в один показатель. Различное количество признаков может включаться в селекционный индекс. В итоге получается обобщенный коэффициент, на который ведется селекция, отбор ведется на совокупность определенных признаков.

2.1.2. Племенной подбор

Для эффективной племенной работы помимо отбора животных необходимо производить подбор. Под подбором понимают наиболее эффективное составление родительских пар животных для спаривания, целью получения более высокопродуктивного потомства, удовлетворяющего определенным требованиям [62]. Для того, чтобы правильно осуществить подбор пар и получить потомство с комбинаций необходимых признаков, полученных от родителей, необходимо иметь достоверные сведения о генотипе и фенотипе родителей. Таким образом, подбор является одним из приемов совершенствования породы [3, 4]. По своей форме подбор может быть индивидуальным, индивидуально-групповой и групповым, а по типу однородным (гомогенным) и разнородным (гетерогенным).

Индивидуальный подбор. При индивидуальном подборе для каждой свиноматки подбирают определенного хряка-производителя, чтобы получить потомство высокого качества. Для этого учитывают такие показатели как происхождение, экстерьер, рост и развитие, продуктивность и количество потомства хряков и свиноматок. Анализ происхождения производителя и матки, знание результатов предшествующего подбора позволяют эффективней использовать при подборе генеалогическую сочетаемость [50]. Индивидуальный подбор позволяет наиболее эффективно развить наследственные качества потомства от умело подобранных родителей. Но он

значительно сложнее, чем групповой подбор, так как для этого необходимо вести систематический учет всех индивидуальных качеств значительного числа производителей [29]. Поэтому индивидуальный подбор является основным в племенных хозяйствах. В товарных хозяйствах для выдающихся особей также могут применять индивидуальный подбор. Его в основном применяют для совершенствования пород лошадей и крупного рогатого скота.

Индивидуально-групповой подбор. Характеризуется тем, что маточное поголовье разбивают на несколько групп, каждая из которых состоит из животных, сходных по конституции, происхождению и т.д. Для маток каждой группы подбирают по одному производителю более высокого класса.

При работе с родственными группами (линиями, семействами) помимо индивидуальных особенностей животных также учитывают генеалогическое сходство и осуществляют групповой (линейный) подбор. На основании этого Н. А. Кравченко не без основания предлагает пользоваться термином «индивидуально-групповой подбор» [33, 34].

Групповой подбор. Суть его состоит в том, что к группе маток, сходных по ряду особенностей, подбирают одного или несколько производителей определенного происхождения и качества.

В настоящее время активно применяют искусственное осеменение животных, а групповой подбор применяют только в товарном животноводстве. В начале XIX в. были предложены два основных типа подбора: однородный и разнородный [71, 72].

Гомогенный (однородный) подбор. Суть его состоит в том, что матки и подбираемые к ним производители относительно сходны по главным признакам подбора. Цель этого подбора заключается в том, чтобы усилить или закрепить необходимые признаки у потомства. Подбор такого типа увеличивает в каждом последующем поколении однородность животных в стаде по выраженности признака, улучшая племенные качества, а также

стабилизирует его. Такой подбор позволяет получить препотентных животных. В работах П. Н. Кулешова [37] особенно раскрывается значимость гомогенного подбора для совершенствования каждого стада и породы, он писал, что при этом способе скотозаводчик не только может сохранить качества наилучших животных, но может получить потомство с большей производительностью, чем у родителей, или потомство с более высоким заводским достоинством. Уровень сходства между подобранными друг к другу животными может быть различной. Чем она больше, тем в большей мере сказывается консолидирующее действие гомогенного подбора и выше степень наследования признаков [77]. Недостаток этого типа подбора заключается в том, что при длительном применении — нарастает гомозиготность, сужается изменчивость, снижается продуктивность, резистентность и т. д. Крайним вариантом гомогенного подбора является родственное спаривание (инбридинг) [37].

Гетерогенный (разнородный) подбор. Его суть состоит в том, что особи в подобранных парах имеют существенные отличия в происхождении и хозяйственно-полезных признаках. Цель гетерогенного подбора - повышение продуктивности, увеличение изменчивости признаков, резистентности, поглощение недостатков, имеющихся у отдельных животных или групп. Основными признаками подбора служат экстерьерно-конституциональные особенности и связанные с ними продуктивные качества животных, а также породность и происхождение. Кроме того, спариваемые животные могут различаться по возрасту. Степень гетерогенности может быть различна. Отличаясь по одному или нескольким признакам, животные могут быть схожи по другим. Поэтому понятие разнородности и однородности подбора относительно. Например, по одному признаку подбор будет гетерогенным, а по другому - гомогенным. Использование этого подбора дает возможность получить потомство, с удачным сочетанием наследственности одного и другого родителя, обусловленное развитием наиболее желательных качеств. Такое потомство

обладает меньшей однородностью, чем при гомогенном подборе, а высокая изменчивость дает более богатый материал для отбора. Изменчивость при гетерогенном подборе потомства зависит не столько от размера различий между показателями спариваемых животных, сколько от того, как показатели родителей отличаются от средних по стаду. При повышении изменчивости и снижении корреляции между продуктивностями матерей и их дочерей показатели родителей уклоняются в разные стороны от средних по стаду. Зачастую гетерогенный подбор используют и для того, чтобы недостатки, которые свойственны одному из родителей не проявлялись у потомства. Такой подбор также называют корректирующим (исправляющим, улучшающим). Следует отметить, что порок или недостаток невозможно исправить, подобрав производителя с диаметрально противоположными недостатками. Гетерогенный подбор способствует проявлению гетерозиса у потомства. Крайний вариант гетерогенного подбора — скрещивание (гибридизация) [19].

Возрастной подбор - это подбор животных, который осуществляется с учетом возраста родителей. Из практики и зоотехнической науки известно, что наиболее жизнеспособное и крепкое потомство получают от половозрелых предков, у которых в процессе онтогенетического развития стабилизировались наследственные и физические функции. В практическом животноводстве рекомендуют спаривать молодых маток с половозрелыми производителями, половозрелых маток с половозрелыми производителями, старых маток с половозрелыми производителями. Следует избегать спаривания старых особей со старыми.

2.1.3. Система гибридизации в свиноводстве

Селекционная работа в промышленном свиноводстве является основой эффективного и рентабельного производства. Большое влияние на повышение откормочных, мясных и воспроизводительных качеств свиней

оказывает широкое использование промышленного скрещивания и гибридизации в товарном свиноводстве [96, 57].

По сравнению с обычным промышленным скрещиванием гибридизация, позволяет обеспечить однотипность (выравненность) гибридного потомства и получить более высокий эффект гетерозиса [127]. Устойчивый эффект гетерозиса достигается при высокой генетической дифференциации между спариваемых групп животных и достаточной генетической выравниваемости внутри них [106]. Гибридизация (или скрещивание) животных различных пород приводит к проявлению ряда эффектов, при которых у гибридов первого поколения (F1) отмечается более сильное проявление отдельных родительских качеств, либо к появлению свойств, которых не было у их родителей [114, 123].

Такой эффект не связан только с чисто экстерьерными проявлениями, когда гибридные особи отличаются от родительских более крупным размером, он имеет еще ряд свойств, связанных на молекулярном уровне - особенностей течения некоторых биохимических процессов, повышенной активности определенных ферментов. Предполагают, что эти эффекты могут быть связаны с высокой гетерозиготностью [182, 98].

Теоретические предпосылки теории гибридизации в животноводстве были представлены А.А. Малигоновым. Ещё в начале прошлого века А.А. Малигонов ставил вопрос о кроссировании линий в товарном животноводстве. Он считал, что «основная задача заводчика - соединять в потомстве подходящие друг к другу линии». Им был поставлен вопрос об учёте при разведении животных комбинационной способности линий и «селекции синтетической». А.А. Малигонов первый обосновал систему гибридизации, разработал учение о «чистых линиях» в животноводстве и поставил вопрос о количественном определении степени наследуемости селекционных признаков отбора [36].

Основным методом подбора при ведении и совершенствовании линии в селекционной части стада является однородный внутрелинейный подбор. В

особых случаях при закладке новых родственных групп от выдающихся родоначальников можно применять более тесный инбридинг, а также использовать кроссы заводских линий [84, 209].

Цель линейного разведения - повышение генотипического сходства особей в пределах линии. Линии, таким образом, становятся «компонентом» разведения, структурной единицей гибридизации, а сама гибридизация становится селекционным приёмом [53]. Главной чертой при этом является «аддитивный групповой генотип линии», её «аддитивная генетическая ценность» [157].

Для того, чтобы проявился гетерозис недостаточно простого скрещивания свиней двух разных пород. Современные схемы гибридизации в свиноводстве предлагают двух- или трехступенчатую систему получения гетерозисных гибридов [123]. На практике были апробированы различные методы получения гетерозисных животных: межпородные скрещивания, межвидовые скрещивания, внутripородные скрещивания при гетерогенном подборе, межлинейные кроссы, внутripородные скрещивания при гетерогенном подборе, спаривание животных, выращенных в различных условиях, кроссы специально создаваемых инбредных линий. Все эти методы имеют свои особенности и могут быть использованы для получения гетерозиса по определенным признакам [127]. Большое значение для получения гетерозиса имеют индивидуальные особенности производителя. Чем выше способность передавать свои качества потомству и ценнее его происхождение, тем при других равных условиях будет выше степень проявления гетерозиса.

Гетерозис влияет на повышение продуктивности и улучшение других хозяйственно-полезных признаков животных. Д.А. Кисловский [25] первым теоретически доказал возможность использования гетерозиса в последующих поколениях при межпородном переменном скрещивании. Он утверждал, что при таком скрещивании как бы комбинируются положительные стороны и особенности промышленного и поглотительного скрещиваний.

В свиноводстве при промышленном скрещивании эффект гетерозиса в основном проявляется в увеличении плодовитости, откормочных качеств приплода и жизнеспособности [115]. Гетерозис может проявляться и при внутрипородном спаривании с использованием гетерогенного подбора. Для того, чтобы получить гетерозис, важно не только правильно выбрать линии, но и определить, какая из них будет отцовской, а какая материнской. Во многих странах мира применяется разведение специализированных линий, специально проверенных на сочетаемость.

Современная система гибридизации в свиноводстве представлена в виде пирамиды. Ее вершиной являются племенные заводы (нуклеусы) их задача - формирование генетического процесса в племенном ядре. Сердцевинной этой пирамиды являются племенные репродукторы, выполняющие мультипликацию генетического процесса при получении родительской гибридной свинки. Основанием пирамиды являются товарные хозяйства, поставляющие мясную продукцию на рынок [67]. Правильная организация племенной работы, использование гетерозисного эффекта и межпородной гибридизации в свиноводстве делает возможным увеличение рентабельность производства свинины на 10-15% [98].

2.2. Молекулярно-генетические маркеры в свиноводстве

Генетический потенциал свиней может оказать существенное влияние на продуктивность и прибыльность свиноводческого предприятия. Именно сочетание генетики, питания, здоровья, окружающей среды и управления влияет на такие факторы, как размер помета, темпы роста и качество туши [77, 109, 166].

Генетические вариации внутри вида или популяции являются ключом к разведению животных, поскольку они обеспечивают разнообразие, от которого зависит будущий прогресс в разведении [209, 84, 26]. В свиноводстве на протяжении нескольких веков человек использовал это разнообразие для развития животного, ориентированного на его потребности

и желания. Этот процесс восходит к 10000 лет назад, то есть к предполагаемому началу процесса одомашнивания свиньи. Большую часть этого периода отбор был эмпирическим и осуществлялся тем, что Дарвин называет бессознательным отбором. Только в конце 18-го и 19-го века, и особенно после 1950-х годов, разведение свиней все больше основывалось на научной генетической теории [210, 85, 26].

Сегодня современное свиноводство – это технологическая отрасль, использующая новейшие достижения в области вычислительной техники, генетики и геномики. Растущий интерес к геномике в свиноводстве восходит к концу 1980-х и началу 1990-х годов в связи с развитием молекулярной биологии и, в частности, началом проекта секвенирования генома человека [22, 92, 161].

В свиноводстве все больший интерес вызывает улучшение репродуктивных признаков, где увеличение размера гнезда связано с лучшей экономической эффективностью свиноводства. Сегодня особый интерес в оценке генетического потенциала свиней вызывает маркер-ассоциированная селекция (MAS), которая может быть использована в сочетании с традиционными методами отбора для ускорения темпов изменения экономически значимых признаков с.-х. животных [163].

Учитывая мировой опыт прикладных и научных исследований, наиболее популярными и перспективными являются гены, связанные с количественными признаками свиней (количество поросят при рождении, многоплодие, масса гнезда, молочность, количество мертворожденных поросят, среднесуточный прирост, скороспелость, толщина шпика и т.д. [6, 60, 167].

Свое отражение MAS нашла и в селекционной работе по повышению племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных [58]. В свиноводстве, одними из перспективных генов-маркеров воспроизводительной продуктивности являются гены лейкемия-ингибирующего фактора (*LIF*), рецептора пролактина (*PRLR*), рецептора

эстрогена (*ESR*), лептина (*LEP*), фолликулостимулирующего гормона бета-субъединицы (*FSHb*).

2.2.1. Ген рецептора эстрогена

Ген (*ESR*) кодирует рецептор эстрогена, лиганд-активированный фактор транскрипции, состоящий из нескольких доменов, важных для связывания гормонов, ДНК и активации транскрипции. Эстроген и его рецепторы необходимы для полового развития и репродуктивной функции, но также играют роль в других тканях, таких как костная ткань. Рецепторы эстрогена также участвуют в инициализации патологических процессов, включая рак молочной железы, рак эндометрия и остеопороз у людей [181].

Основной механизм действия эстрогеновых рецепторов заключается в том, что стероидные гормоны диффундируют через клеточную мембрану и связываются со специфическими протеинами нуклеарного рецептора [205]. Активированный стероидно-рецепторный комплекс инициирует процесс транскрипции РНК, в результате чего синтезируются специфические белки, участвующие в регуляции разнообразных физиологических реакций [42].

В настоящее время широко известны два типа ядерных эстрогеновых рецепторов: *ESR1* (ER-alfa) и *ESR2* (ER-beta) [189]. *ESR1* был впервые клонирован в 1986 г., а *ESR2* - лишь в 1996г. [144]. Несмотря на то, что оба рецептора обладают большой гомологичностью, главное различие между двумя изоформами состоит в регуляции клеточной пролиферации, где *ESR1* наиболее часто проявляет пролиферативное действие в репродуктивных органах, тогда как *ESR2* функционирует в большей степени в центральной нервной системе, иммунной системе и скелетных мышцах [196]. У свиней гены *ESR1* (Gene ID: 397435) и *ESR2* (GeneID: 396697) расположены в первой хромосоме.

Эстроген, стероидный гормон, передает физиологические сообщения организму. Эти сообщения различны для каждого органа и системы организма. Эстроген посылает сообщения в матку, чтобы рос и заменялся

эндометрий [17, 1, 16]. Резорбция костей связана со снижением эстрогена. Эстроген необходим для поддержания правильной скорости разрушения кости и предотвращения потери костной массы. Он также снижает функцию гормонов щитовидной железы и увеличивает выработку белка, называемого глобулин, связывающего щитовидную железу. Этот белок связывает гормон щитовидной железы, делая его неактивным. Тем самым снижается обмен веществ и увеличивается жировые отложения. Организм накапливает жир, чтобы иметь достаточно энергии для плода в случае развития беременности [187, 21, 39].

На нормальном уровне эстрогены предотвращают депрессию и бессонницу, повышают концентрацию и поддерживают нормальное половое влечение. Если уровень эстрогена слишком высокий или низкий, это может привести к депрессии, беспокойству, бессоннице, снижению полового влечения и снижению концентрации [121, 49].

Исследования показали, что эстроген влияет практически на все ткани или системы органов, включая сердце и кровеносные сосуды [163, 40]. Известные эффекты эстрогена на сердечно-сосудистую систему включают сочетание положительных и отрицательных эффектов:

- регулирует уровень холестерина;
- способствует образованию сгустков крови, а также вызывает некоторые изменения, которые имеют противоположный эффект;
- расслабляет, разглаживает и расширяет кровеносные сосуды, увеличивая приток крови.

Ученые продолжают исследовать этот важный и противоречивый гормон у разных видов [193, 204, 54, 40]. У морских свинок было проведено комбинированное электронно-микроскопическое стереологическое и биохимическое исследование клеток гладких мышц семенных пузырьков [108]. Исследованию подверглись интактные кастрированные и кастрированные, но обработанные дигидротестостероном или эстрадиолом, взрослые животные. Кастрация приводила к атрофии клеток, что

определялось стереологически уменьшением объема отдельных клеток и биохимическим путем без изменения содержания ДНК в сочетании с увеличением его концентрации. Обработка кастратов дигидротестостероном восстанавливала как стереологические, так и биохимические параметры размера клеток до слегка супранормальных уровней. Во всех группах, включая обработанных эстрогеном кастратов, более 95% клеток в ткани были клетками гладких мышц, и не было никаких доказательств того, что полиплоидия способствовала изменению уровня ДНК. Кроме того, в обработанных эстрогеном мышцах концентрация ДНК оставалась высокой, а стереологически определенный размер клеток оставался низким. Следовательно, как морфологические, так и биохимические данные указывают на то, что андроген вызывает гипертрофию, тогда как эстроген вызывает гиперплазию мышечных клеток [79, 195].

У свиней полиморфизм гена *ESR* связывают с воспроизводительными качествами, значения определенных аллелей гена оказывает эффект на количество поросят в гнезде, варьирующийся от 0,4 до 1,15 гол. [188, 41, 27, 11].

В качестве «желательного» выделяют аллель В [174, 133]. Предполагается, что аллель В был привнесен от китайских свиней [124]. Высокую плодовитость гибридных свиноматок связывают с наличием аллеля В в результате скрещивания китайских и английских свиней [40].

2.2.2. Ген лептина

Ген лептина (*LEP*) инициирует работу гормона лептина, который участвует в регуляции массы тела. Обычно жировые клетки организма выделяют лептин пропорционально их размеру. По мере накопления жира в клетках вырабатывается больше лептина. Лептин присоединяется (связывается) с белком, называемым рецептором лептина, и активирует его. Белок рецептора лептина находится на поверхности клеток во многих органах и тканях организма, включая часть мозга, называемую

гипоталамусом. Гипоталамус контролирует чувство голода и жажду, а также другие функции, такие как сон, настроение и температуру тела. Он также регулирует выброс многих гормонов, которые контролируют функционирование всего организма. В гипоталамусе связывание лептина с его рецептором запускает серию химических сигналов, которые влияют на чувство голода и помогают вызвать чувство сытости [54, 31, 32]

Лептин - это гормон, тесно связанный с регулированием потребления и расхода энергии, включая аппетит, обмен веществ и голод. Когда лептин связывается с рецепторами в гипоталамусе, он стимулирует выброс химических веществ, подавляющих аппетит. У людей с мутациями в гене лептина практически отсутствует чувство сытости [30, 13, 44]. Лептин вырабатывается в основном из жировой ткани. Уровень циркулирующего лептина прямо пропорционален общему количеству жира в организме. Это означает, что чем больше жира, тем большее количества лептина выделяется в организм [68, 58, 63].

В животноводстве ген лептина (*LEP*) из-за его важнейшей роли в энергетическом гомеостазе, рассматривается как функциональный кандидат продуктивных качеств [142, 171, 160, 42]. Также ген лептина (*LEP*) у свиней, связан с ростом, потреблением корма и толщиной шпика [176].

Ген лептина влияет на гормональное управление преадипоцитов гиподермы и последующий контроль размера жировых клеток у свиней [146, 102]. Лептин даёт косвенно сигнал «сытости» для желудка в гипоталамусе и регулирует в организме систему накопления жира, а также участвует в регуляции расхода энергии и массы тела [108, 117, 175].

Первые результаты по исследованию полиморфизмов гена *LEP* были представлены в работе A. Stratil et al. в 1997 году [193]. Они определили мутацию в позиции с.3469 T<C SNP гена *LEP* у свиней различных пород. Дальнейшие исследования, подробно представленные в обзоре Van der Lende и др. [202] свидетельствуют о связи с.3469 T<C SNP с ростовыми признаками свиней породы ландрас [134], польского ландраса [145], дюрок [202];

крупной белой породы [129]. Результаты исследований А. Nyisalovits и др. в 2013 году показали эффект с.3469 T<C SNP у гибридов F1 на ростовые и мясные признаки (толщина шпика, процент мяса, среднесуточный прирост). Аналогичные данные были получены М. Bauer и др. в 2006 году при изучении ассоциации с.3469 T<C SNP с ростовыми и мясными признаками свиней крупной белой породы. Их расчеты показали наличие связи только со среднесуточным приростом и отсутствие значительного эффекта для толщины шпика и постного мяса.

2.2.3. Фолликулостимулирующий гормон

Семейство гликопротеиновых гормонов гипофиза включает фолликулостимулирующий гормон (*FSHb*, *ФСГ*), лютеинизирующий гормон, хорионический гонадотропин и тиреотропный гормон. Фолликулостимулирующий гормон регулирует размножение у млекопитающих [216]. *ФСГ* отвечает за пролиферацию и выживание фолликулярных соматических клеток, а также за циклическое рекрутирование фолликулов яичника от ранней антральной стадии до созревания и овуляции [80]. Введение *FSHb* людям и животным вызывает «суперовуляцию» или развитие более чем обычного числа зрелых фолликулов и, следовательно, увеличение числа зрелых гамет [75, 162].

Этот гормон состоит из общей α -субъединицы и гормон-специфической β -субъединицы [216]. Субъединица α и β кодируется двумя разными генами и синтезируется в виде отдельных пептидов. Гены, кодирующие субъединицы гонадотропина, были охарактеризованы у многих животных, включая млекопитающих и птиц. Ген *FSH- β* свиньи состоит из трех экзонов, которые совпадают с генами человека и крупного рогатого скота [154]. Ген *FSH- β* также интересен своей вариабельностью у свиньи, особенно в интроне 1 [78, 151]. По результатам исследований этот полиморфизм коррелирует с плодовитостью свиноматок [89, 49].

FSHb также имеет решающее значение для производства спермы. Он поддерживает функцию клеток Сертоли, которые, в свою очередь, поддерживают многие аспекты созревания сперматозоидов [136, 201, 156, 162, 8]. К. Jiang и др. в 2017 году [127] исследовали влияние экзогенных генов *FSH α / β* на репродуктивную функцию самок крупной белой породы. Они предположили, что сверхэкспрессированный *FSH α / β* могут вызывать ухудшение плодовитости, нарушая нормальную экспрессию генов, связанных с эндогенным размножением у самок свиней [129].

2.2.4. Фактор, ингибирующий лейкемию

Фактор, ингибирующий лейкемию (*LIF*), представляет собой фактор роста и дифференцировки с плейотропной активностью. *LIF* оказывает сильное влияние на кроветворную систему, включая клетки-предшественники мегакариоцитов. Кроме того, *LIF* обладает активностью регенерации кости, индуцирует кахексию и острофазовый ответ в гепатоцитах и ингибирует адипогенез [135, 41, 43].

LIF представляет собой цитокин, принадлежащий к семейству интерлейкинов 6, который, действуя в пределах гипоталамуса, по-видимому, играет роль в энергетическом гомеостазе. У мышей экспрессия *LIF* в железах матки эндометрия важна для имплантации. Бластоцисты не могут имплантироваться у самок мышей при отсутствии функционального гена *LIF* [162]. У людей *LIF* максимально экспрессируется просветным и железистым эпителием во время срединной секреторной фазы менструального цикла, когда матка восприимчива к бластоцисте и является важным регулятором децидуализации. В ретроспективном исследовании женщин с РМ была обнаружена значительная отрицательная корреляция между железистой концентрацией *LIF* в эндометрии и увеличением имплантации [159].

Было показано, что локальные инъекции *LIF in vivo* увеличивают параметры как резорбции, формирования и толщину обработанных костей. У мышей, у которых отсутствовал специфический рецептор *LIF* (*LIF-R*) и,

следовательно, они не могли реагировать на *LIF*, объем кости уменьшался, а количество остеокластов увеличивалось в шесть раз [138, 141].

Inkyu Yoo и др. в 2018 году проанализировали экспрессию генов *LIF* и *LIFR* в эндометрии на 0-е сутки (эструс), 3, 6, 9, 12, 15, и 18 дней эстрального цикла, и 12, 15, 30, 60, 90 и 114 дней беременности, в зачатии на 12 и 15 дни, и в хориоаллантоических тканях на 30, 60, 90 и 114 дни беременности у свиней. Также определили влияние эстрогена и прогестерона на экспрессию *LIF* и *LIFR* в тканях эндометрия. В результате исследований экспрессия *LIF* увеличивалась в эндометрии во время поздней фазы эструса и в середине - конце беременности, в то время как экспрессия *LIFR* увеличивалась во время ранней беременности. Экспрессия гена *LIF* была вызвана увеличением доз эстрогена, тогда как экспрессия гена *LIFR* была вызвана путем увеличения доз прогестерона [211].

Леонова М.А. и др. [41] в 2015 году провели исследования влияния полиморфизма гена *LIF* на воспроизводительные качества свиней породы ландрас и дюрок. Результаты этого исследования показали, что ген *LIF* способствует повышению репродуктивных качеств свиней. Свиноматки с генотипом АА, по сравнению с аналогами генотипа ВВ, имели большее количество поросят при рождении и число поросят, родившихся живыми на 1,4 и 1,3 гол. ($p < 0,01$) у свиноматок ландрас и 2,0 и 3,3 гол. ($p < 0,001$) у дюрок, соответственно. Генотип АВ у свиноматок продемонстрировал промежуточные значения, которые свидетельствовали о концентрации благоприятного аллеля, способствующие повышению воспроизводительных качеств. Исследование показало влияние аллеля А и генотипа АА, что указывает на возможность использования этого полиморфизма в улучшении репродуктивных качеств свиноматок [43].

2.2.5. Муцин 4

Энтеротоксигенная кишечная палочка (ЕТЕС) является одним из шести хорошо описанных возбудителей диареи [55]. ЕТЕС имеет две важные

характеристики. Во-первых, бактерии имеют белковые поверхностные придатки, фимбрии или пили. После попадания в организм животного, бактерии прикрепляются этими фимбриями к специфическим рецепторам тонкого кишечного эпителия или слизи, покрывающим тонкий кишечник [104]. Во-вторых, эти бактерии быстро размножаются, колонизируют тонкую кишку и могут выделять токсины, которые вызывают диарею [170].

В 1995 году было обнаружено, что у свиней локус, ответственный за восприимчивость к ETEC, находится в хромосоме SSC13, что сделало этот регион центром многих исследовательских групп [101]. С.В. Jørgensen et al. [130] протестировал шестьдесят микросателлитных маркеров на SSC13 и в результате определил, что представляющая интерес область располагается между микросателлитными маркерами Sw207 и Sw225. Эта область содержала ряд интересных генов, в том числе и ген муцина 4 (*MUC4*) [131].

Муцины - это гликопротеины, которые экспрессируются в виде гликокаликса на кишечных энтероцитах или же с образованием слизистого защитного слоя на эпителиальных клетках [94]. Полиморфизмы в генах могут быть связаны с деформацией структуры белка, приводящей к восприимчивости свиней к диарее [186].

Наиболее широко изученным полиморфизмом является SNP в 7 интроне гена муцина 4 (*MUC4*). В популяции свиней, исследуемых С.В. Jørgensen et al. [129] аллель С, связанный с восприимчивостью, доминировал над аллелем G (устойчивым). Так же было обнаружено, что этот полиморфизм находится в полном неравновесном сцеплении с фенотипом восприимчивости у свиней датской селекции и в дальнейшем, этот полиморфизм стал применяться в генетических тестах на предрасположенность свиней к устойчивости к диарее.

В 2007 году было проведено генотипирование по гену *MUC4* у 63 поросят различных скрещиваний: пьетрен × бельгийский ландрас (20 свиней), голландский ландрас × бельгийский ландрас (12 свиней) и пьетрен × крупная белая (31 свиња) [179]. На основе полученных результатов авторы

пришли к выводу, что полиморфизм гена *MUC4* можно применять для определения восприимчивости свиней к диарее. Однако неравновесие по сцеплению в других популяциях может нарушаться, и вероятно, существуют другие гены, которые также играют значимую роль в этом процессе.

В дальнейшем роль *MUC4* была отмечена у грызунов и свиней во время беременности, хотя его экспрессия варьировалась в зависимости от типа имплантации у каждого вида. У мышей и крыс, которые имеют инвазивный тип имплантации, экспрессия *MUC4* подавляется, чтобы сгенерировать восприимчивое состояние матки для имплантации [83]. У свиней наоборот, *MUC4* активируется в матке, так как присутствует неинвазивное эпителиохориальное прикрепление плаценты [105, 109]. В качестве объяснения было предложена гипотеза, так как *MUC4* выполняют защитную роль, блокируя доступ различных субстратов к поверхности клетки, он, тем самым, участвует в улучшении микро среды матки, выживаемости эмбрионов и соответственно, в повышении количества живорожденных. У свиней нарушение микро среды матки может повлиять на жизнеспособность эмбрионов и привести к пренатальной смертности от 20 до 46% [183]. У людей полиморфизмы в нуклеотидной последовательности *MUC4* были в значительной степени связаны с развитием бесплодия [86]. Однако никакой связи с неудачной имплантацией обнаружено не было [140].

В исследованиях I. Valcells et al. [72] были получены результаты, свидетельствующие о связи полиморфизма гена *MUC4* с плодовитостью свиней. Кроме того, в этой работе также было продемонстрировано, что *MUC4* связан с количеством эмбрионов на 30 дней беременности. Эти результаты предполагают, что *MUC4* может участвовать в создании оптимальной среды для матки, необходимой для адекватного развития эмбрионов на ранних стадиях беременности и увеличения размера помета у свиней.

Исследования, направленные на изучения связи полиморфизма гена *MUC4* с плодовитостью, были проведены нами на поголовье свиней породы

ландрас [7]. Полиморфизм гена *MUC4* в 7 интроне (DQ848681:g.8227C>G) определяли методом ПЦР-ПДРФ, с использованием эндонуклеазы *XbaI*. Визуализацию результатов осуществляли методом электрофореза: фрагмент длиной 266 п.н. соответствовал генотипу CC; 140- и 126 п.н. - генотипу GG; 266 и 140 - и 126 п.н. – генотипу CG. У исследуемого поголовья установлено наличие всех трех генотипов CC, CG и GG, частота которых составила 14,3; 28,6 и 57,1% соответственно. Анализ воспроизводительных качеств показал, что у свиноматок генотипа CC, относительно генотипа GG, достоверно выше количество поросят при рождении на 0,7 гол. ($P<0,001$), многоплодие на 1,4 гол. ($P<0,001$) и масса гнезда при рождении на 1,5 кг ($P<0,001$). Аналогичные результаты, свидетельствующие о положительном влиянии генотипа CC на плодовитость свиноматок, получены и в работе А.Д. Банниковой [2] на свиньях крупной белой породы и йоркшир.

2.2.6. Рецептор пролактина

Ген рецептора пролактина (*PRLR*) кодирует рецептор гормона передней доли гипофиза, пролактина, и принадлежит к семейству рецепторов цитокинов I типа. Прولاктин-зависимая передача сигналов происходит в результате лиганд-индуцированной димеризации рецептора пролактина. Несколько альтернативно сплайсированных вариантов транскрипта, кодирующих различные мембраносвязанные и растворимые изоформы, были описаны для этого гена, который может функционировать для модуляции эндокринных и аутокринных эффектов пролактина в нормальной и раковой ткани [180, 206].

Рецептор гормона пролактина передней доли гипофиза (*PRLR*) действует как фактор выживания для сперматозоидов, подавляя емкость сперматозоидов путем подавления активации SRC-киназы и стимуляции АКТ. Изоформа 4 не способна трансдуцировать передачу сигналов пролактина. Основная задача *PRLR* заключается в реализации гормонального сигнала пролактина [49].

Пролактин - это гормон, вырабатываемый передней долей гипофиза и контролируется гипоталамусом. Пролактин отвечает за выработку молока, а также способствует развитию молочной железы. Основным химическим веществом, контролирующим секрецию пролактина, является дофамин, который ингибирует секрецию пролактина из гипофиза [177]. Пролактин высвобождается из гипофиза в ответ на тиреотропин-рилизинг-гормон, вазоактивный кишечный пептид, окситоцин, галанин и др. Обычно присутствующий в небольших количествах у мужчин и небеременных женщин, основная роль пролактина заключается в стимулировании лактации (выработка грудного молока). Секреция пролактина регулируется и ингибируется химическим допамином мозга. Кроме того, гамма-аминомасляная кислота, а также другие неидентифицированные факторы, ингибирующие высвобождение пролактина, могут играть роль ингибитора. Уровень пролактина обычно высокий на протяжении всей беременности и сразу после родов. Во время беременности гормоны пролактин, эстроген и прогестерон стимулируют выработку грудного молока. После родов пролактин помогает инициировать и поддерживать выработку грудного молока. Если кормление грудью не происходит, то уровень пролактина скоро падает до уровня, предшествующего беременности [108, 117, 175].

Пролактин является основным гормоном, который контролирует начало и поддержание лактации. У нормальных людей концентрации пролактина увеличиваются в ответ на физиологические стимулы, такие как сон, стресс, физические упражнения, половой акт и гипогликемия, а также повышаются во время беременности, кормления грудью, послеродового периода и у новорожденного ребенка [149].

Ген *PRLR* был определен в 16 хромосоме у свиней, и он один из генов, который значительно влияет на особенности размножения у свиноматок. А. Barreras Serrano и др. [74] в 2012 году провели исследования на 335 свиноматках

из 4 генетических групп: йоркшир (Й), ландрас (Л) дюрок (Д) и (ЙЛ). Изученные признаки были: общее количество поросят при рождении, многоплодие, количество поросят при отъеме, масса гнезда при рождении и отъеме. Результаты показали значимые эффекты генотипов гена *PRLR*.

В 2014 году N.V. Mikhailov et al. [161] провели исследования влияния гена *PRLR* на продуктивные качества свиней. В результате исследований было выявлено влияние полиморфизма гена *PRLR* на признаки роста. Самые низкие темпы роста показали свиньи гетерозиготного генотипа *AB/PRLR*. Это исследование показало значительное влияние полиморфизма гена *PRLR* на возраст достижения массы 100 кг и среднесуточный прирост. Максимальная производительность у свиней, достигших 100 кг наблюдалась у особей с гомозиготным генотипом *BB/PRLR*, но они не были значительными. Исследование показало, что полиморфизм гена *PRLR* не оказывает стабильного влияния на особенности роста свиней, эти эффекты относятся к индивидуальным характеристикам анализируемой группы [82, 162].

Таким образом, проведенный анализ литературных источников показал, что генотипы генов *ESR*, *PRLR* и *FSHb* влияют на продуктивные качества свиней, однако уровень этого влияния и даже его отсутствие/присутствие зависит от индивидуальных характеристик популяции. Полиморфизм генов *LIF* и *LEP*, и их связь с воспроизводительными качествами свиней, изучена мало и требует проведения дальнейших исследований.

3. 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, имеющих одинаковые условия кормления и содержания, к моменту проведения исследований свиноматки имели 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.

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.

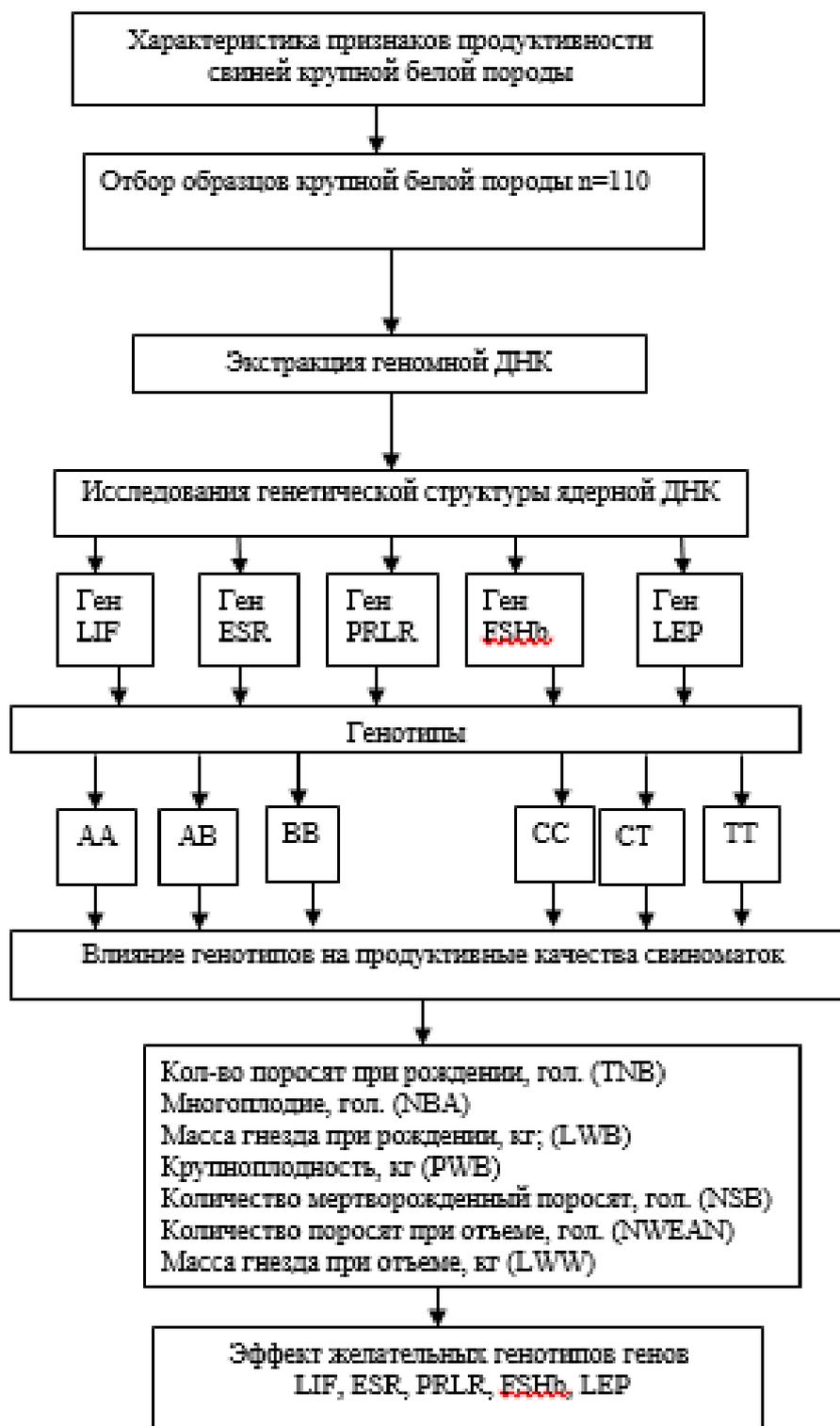


Рисунок 1 - Схема исследований

Выделение ДНК и постановку ПЦР–ПДРФ проводили согласно общепринятым методикам применения ДНК-генотипирования в

животноводстве [9]. Схемы изучения полиморфизма генов рецептора пролактина (*PRLR*) представлена на рисунке 2, лейкоemia-ингибирующего фактора (*LIF*) представлена на рисунке 3, рецептора эстрогена (*ESR*) представлена на рисунке 4, фолликулостимулирующего рецептора (*FSHb*) представлена на рисунке 5 и лептина (*LEP*) представлена на рисунке 6.

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

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

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

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

где P_A – частота аллеля А, $P_{A'}$ – частота аллеля А', P_{AA} – частота генотипа АА, $P_{A'A'}$ – частота генотипа А'А', $P_{AA'}$ – частота генотипа АА', n_1 – количество гомозигот АА, n_2 – количество гомозигот А'А', n_3 – количество гетерозигот АА', 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 (σ), эксцесс, асимметрию, 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).

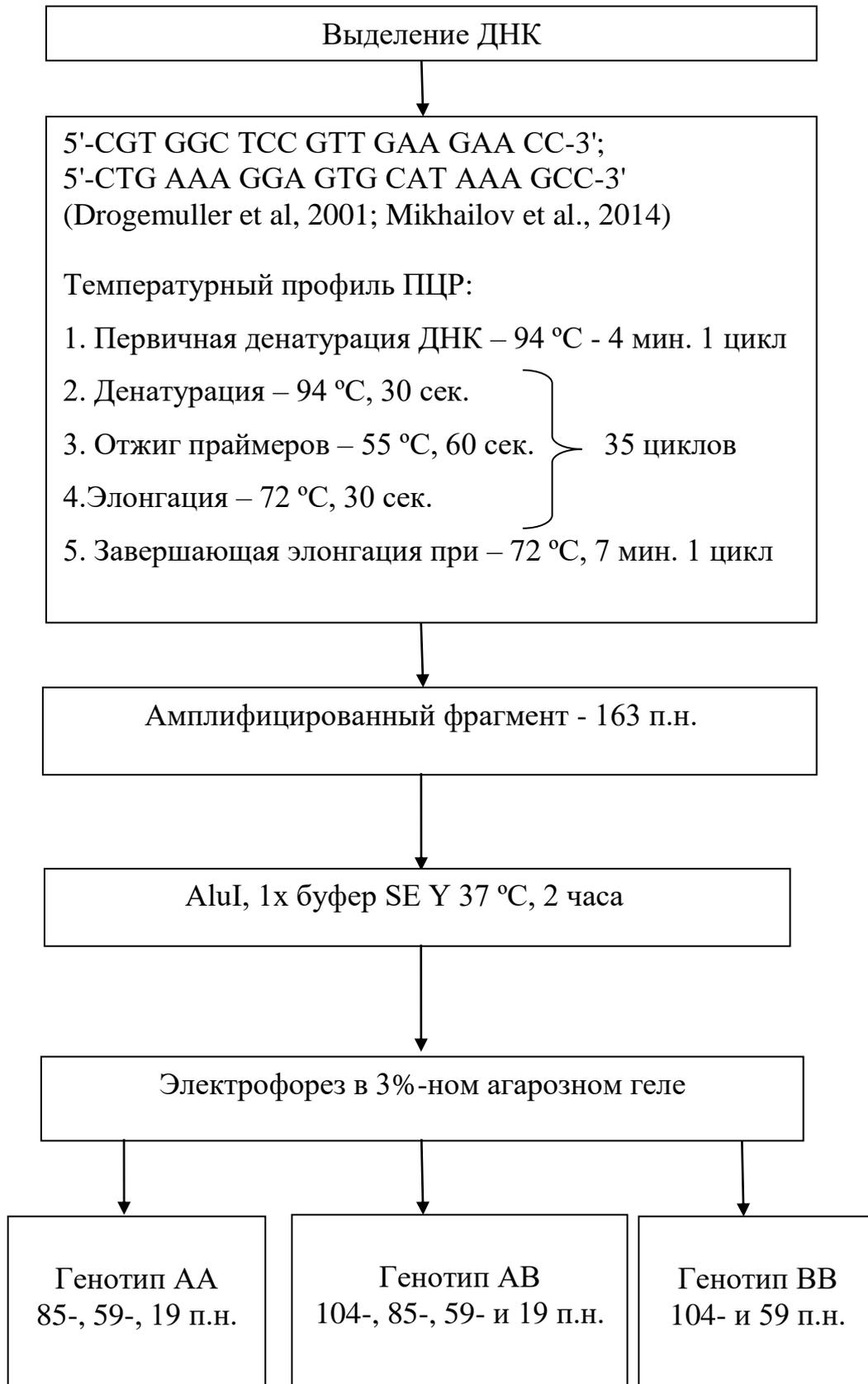


Рисунок 2- Схема изучения полиморфизма гена *PRLR/AluI*

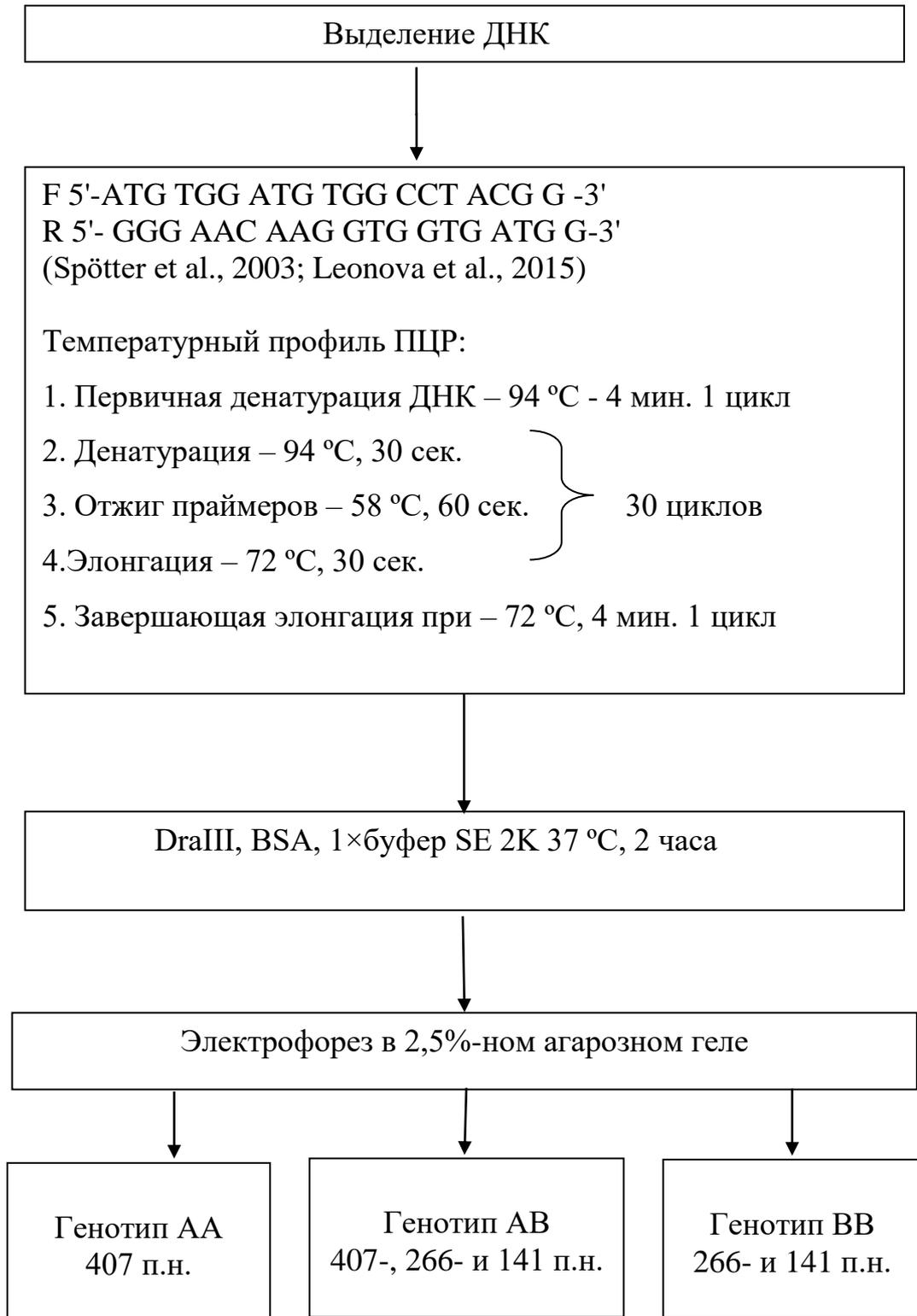


Рисунок 3 - Схема изучения полиморфизма гена *LIF/DraIII*

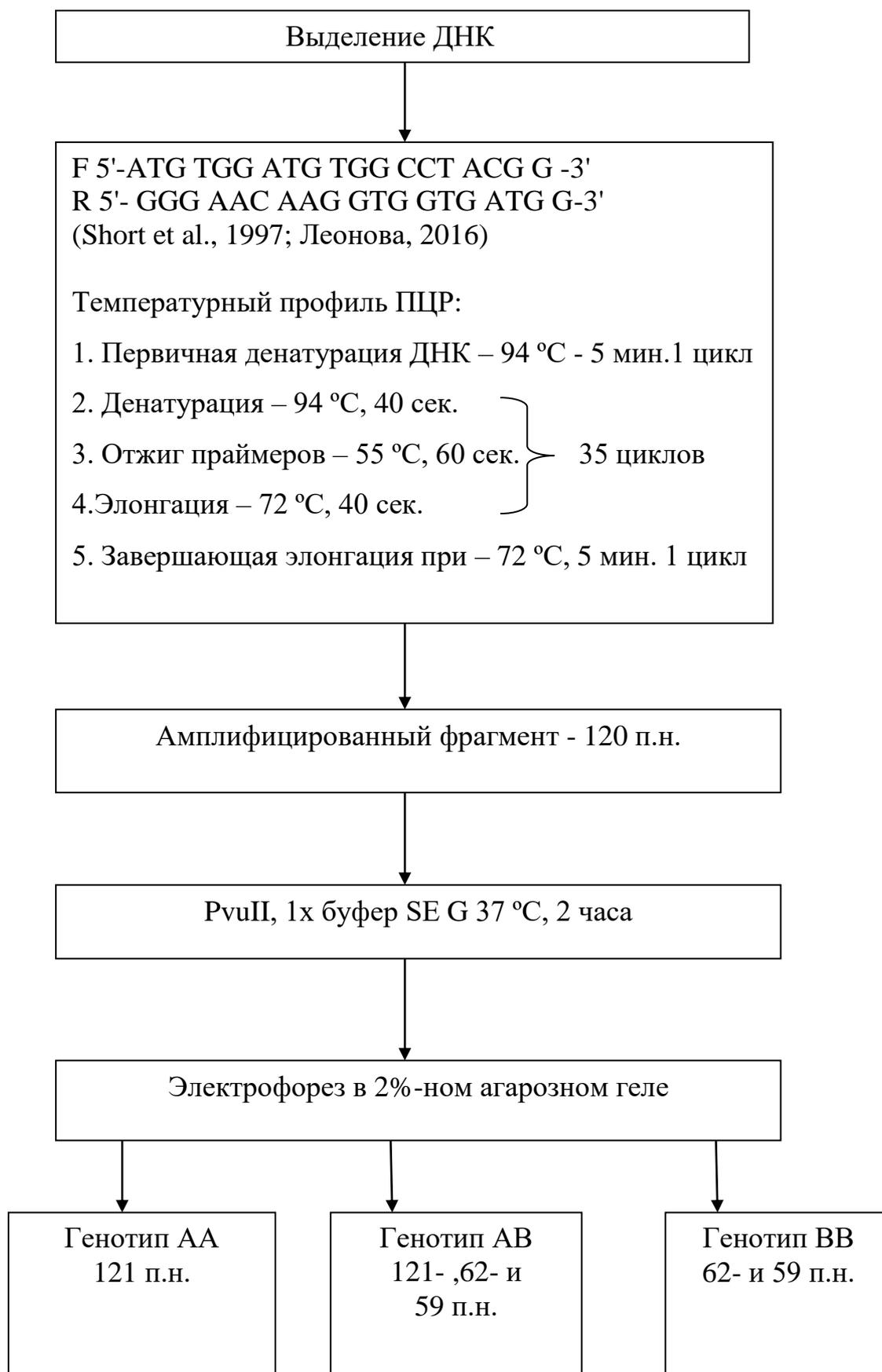


Рисунок 4- Схема изучения полиморфизма гена *ESR/PvuIII*

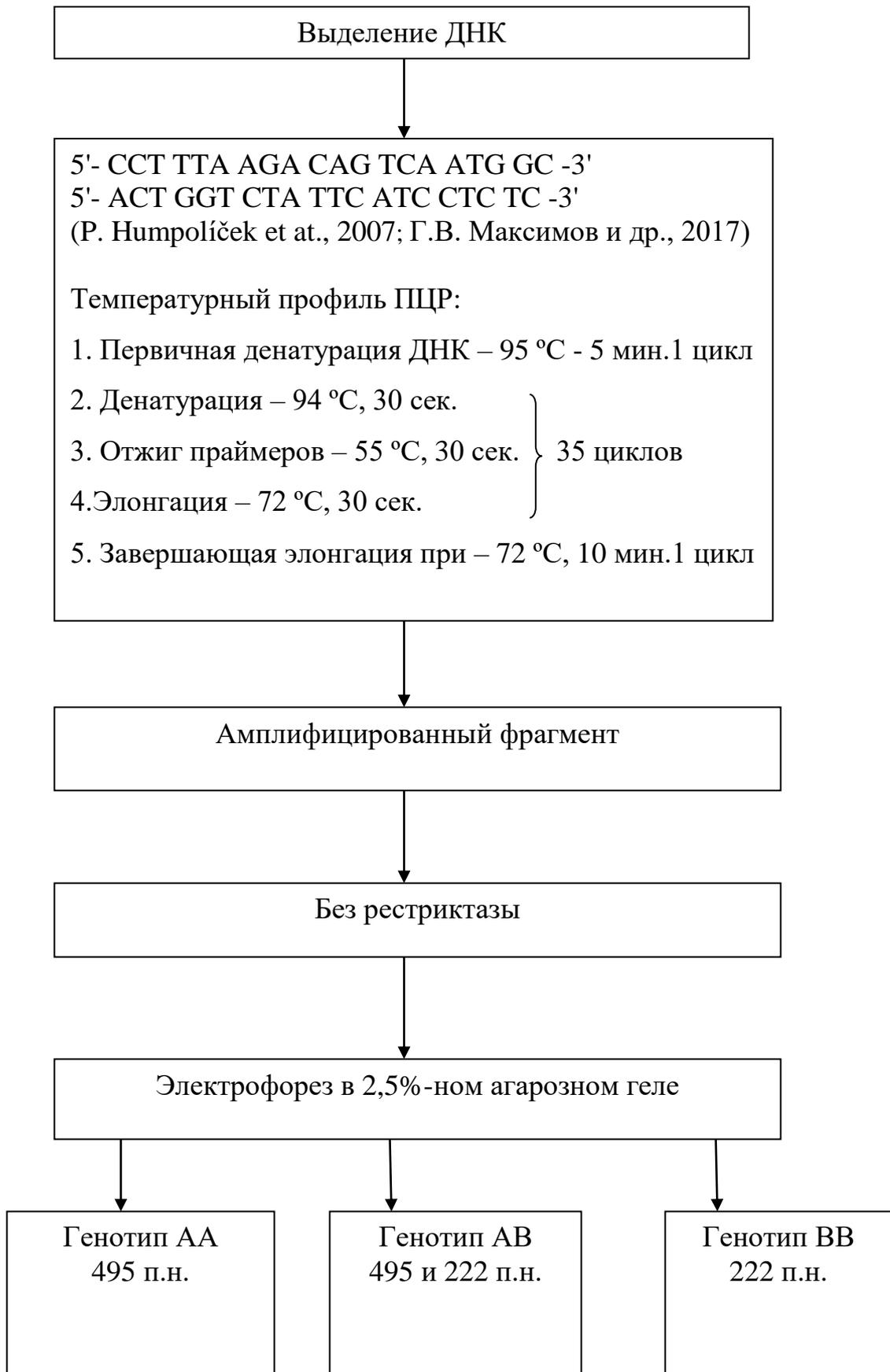


Рисунок 5- Схема изучения полиморфизма гена *FSHb*/ без рестриктазы

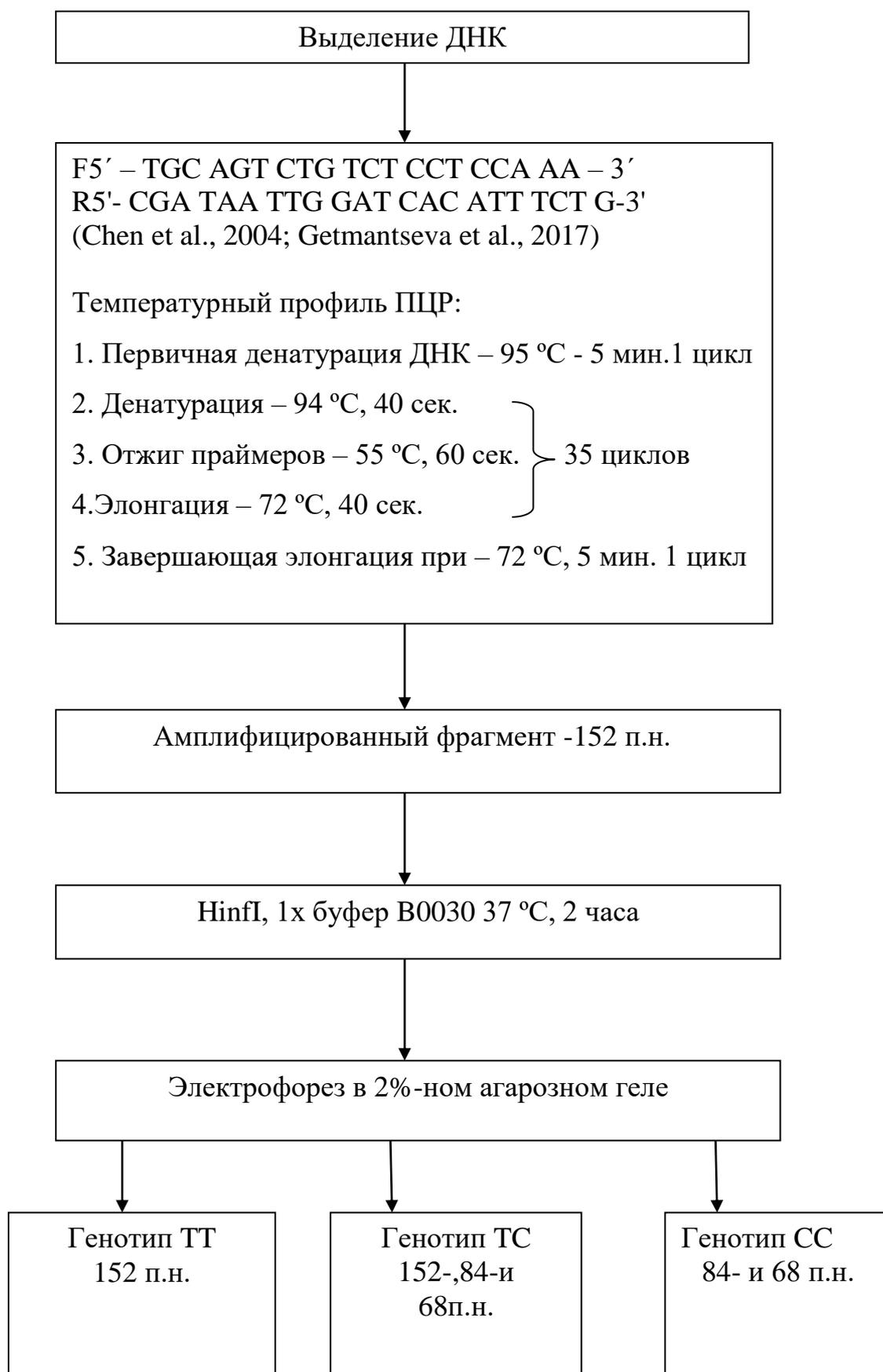


Рисунок 6- Схема изучения полиморфизма гена *LEP*/ HinfI

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. 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. Общая характеристика воспроизводительных качеств свиноматок крупной белой породы без учета влияния генетических факторов, представлена в таблицах 1- 4.

Таблица 1 – Воспроизводительные качества свиноматок (по первому опоросу)

Показатель	TNB	NBA	NSB	LWB	PWB	NWEAN	LWW
Средняя (М)	11,20	9,90	0,95	14,30	1,32	11,41	84,83
Ст. ошибка (m)	0,29	0,33	0,14	0,50	0,05	0,30	2,58
Медиана	11,50	10,00	1,00	14,00	1,45	12,00	84,95
Мода	12,00	8,00	0,00	12,00	1,50	14,00	56,00
Ст. отклонение	2,30	2,60	1,16	3,90	0,41	2,22	19,31
Дисперсия	5,33	6,69	1,34	15,66	0,17	4,94	372,90
Эксцесс	0,50	-0,90	1,27	-0,30	6,02	-1,24	-0,39
Асимметр.	0,02	-0,00	1,2	0,40	-2,61	-0,21	0,28
Интервал	12,00	11,00	5,00	18,00	1,64	8,00	84,80
Минимум	6,00	4,00	0,00	6,00	0,00	7,00	49,60
Максимум	18,00	15,00	5,00	24,00	1,64	15,00	134,40
Cv, %	20,5	26,2	12,11	27,3	30,95	19,46	22,76

В таблице: TNB – количество поросят при рождении; NBA – количество живых поросят при рождении (гол.); NSB- количество мертворожденных поросят (гол.); LWB – масса гнезда при рождении (кг); PWB – масса одного поросенка при рождении (кг); NWEAN – количество поросят при отъеме (гол.); LWW – масса гнезда при отъеме (кг)

Анализ показал, что наблюдается положительная динамика по всем показателям от первого к третьему опоросу. Первый опорос характеризуется небольшим многоплодием (9,9 гол.), но уже к третьему опоросу данный показатель значительно повышается (13,3 гол.).

Анализ данных по первому опросу показывает наличие незначительного эксцесса по количеству поросят при рождении и многоплодию. По массе гнезда при рождении, количеству мертворожденных поросят, количеству поросят при отъеме и массе гнезда при отъеме и наблюдается незначительная правосторонняя асимметрия, свидетельствующая о том, что по данным признакам имеется много значений больше средней по выборке, что является положительным фактором при проведении племенного отбора. А по многоплодию и крупноплодности левосторонняя асимметрия, что свидетельствует о том, что по данным показателям имеется много значений меньше средней по выборке.

Воспроизводительные качества свиноматок по второму опросу представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Воспроизводительные качества свиноматок (по второму опросу)

Показатель	TNB	NBA	NSB	LWB	PWB	NWEAN	LWW
Средняя (M)	13,40	12,40	0,83	17,20	1,39	11,22	83,50
Ст. ошибка (m)	0,35	0,35	0,17	0,51	0,02	0,23	1,98
Медиана	13,00	13,00	0,00	18,00	1,46	11,00	80,90
Мода	12,00	12,00	0,00	16,00	1,5	12,00	80,10
Ст. отклонение	2,80	2,80	1,35	4,10	0,18	1,80	15,61
Дисперсия	7,96	7,73	1,83	17,05	0,03	3,26	243,61
Эксцесс	0,90	5,30	2,91	3,70	3,34	-0,34	-0,39
Асимметр.	0,50	-1,40	1,79	-1,20	-1,77	-0,21	0,14
Интервал	15,00	18,00	6,00	25,00	0,88	7,00	65,30
Минимум	7,00	5,00	0,00	7,25	0,78	7,00	50,00
Максимум	22,00	18,00	6,00	25,00	1,67	14,00	115,30
Cv, %	20,90	22,60	16,32	24,40	12,66	16,04	18,69

В таблице: TNB – количество поросят при рождении; NBA – количество живых поросят при рождении (гол.); NSB- количество мертворожденных поросят (гол.); LWB – масса гнезда при рождении (кг); PWB – масса одного поросенка при рождении (кг); NWEAN – количество поросят при отъеме (гол.); LWW – масса гнезда при отъеме (кг)

Анализируя результаты второго опороса можно отметить, что по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении наблюдается значительный эксцесс и асимметрия по всем анализируемым признакам.

По третьему опоросу у свиноматок количество поросят при рождении и многоплодие достигают 14,6 и 13,3 гол., а максимальные значения равняются 23,0 и 19,0 гол. соответственно. По массе гнезда при рождении и отъеме 17,9 и 81,6 кг, а максимальное значение 26,0 и 112,8 кг, соответственно. Воспроизводительные качества свиноматок имеют незначительный эксцесс. Значительная асимметрия наблюдается по количеству поросят при рождении, массе гнезда при отъеме и количеству мертворожденных поросят (таблица 3).

Таблица 3 – Воспроизводительные качества свиноматок (по третьему опоросу)

Показатель	TNB	NBA	NSB	LWB	PWB	NWEAN	LWW
Средняя (M)	14,60	13,30	1,21	17,90	1,32	11,34	81,58
Ст. ошибка (m)	0,35	0,32	0,20	0,49	0,03	0,19	1,55
Медиана	15,00	14,00	1,00	18,00	1,38	12,00	81,40
Мода	15,00	14,00	0,00	19,00	1,5	12,00	89,30
Ст. отклонение	2,80	2,50	1,57	3,80	0,26	1,50	12,15
Дисперсия	7,72	6,30	2,46	14,65	0,07	2,26	147,56
Эксцесс	0,70	0,06	2,81	-0,80	9,20	0,09	0,75
Асимметр.	0,60	-0,20	1,61	-0,01	-2,33	-0,28	0,02
Интервал	13,00	13,00	7,00	16,00	1,77	6,00	61,10
Минимум	10,00	6,00	0,00	10,00	0,00	8,00	51,70
Максимум	23,00	19,00	7,00	26,00	1,77	14,00	112,80
Cv, %	19,20	18,80	12,97	21,20	20,10	13,23	14,89

В таблице: TNB – количество поросят при рождении; NBA – количество живых поросят при рождении (гол.); NSB- количество мертворожденных поросят (гол.); LWB – масса гнезда при рождении (кг); PWB – масса одного поросенка при рождении (кг); NWEAN – количество поросят при отъеме (гол.); LWW – масса гнезда при отъеме (кг)

Анализируя показатели воспроизводительных качества свиноматок крупной белой породы в среднем по трем опоросам, можно отметить, что сохраняются значительные показатели эксцесса и асимметрии по таким признакам как количество поросят при рождении и многоплодие (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика воспроизводительных качеств свиноматок по трем опоросам

Показатель	TNB	NBA	NSB	LWB	PWB	NWEAN	LWW
Средняя (M)	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
Cv, %	22,10	24,30	9,18	25,50	9,27	11,28	12,26

В таблице: TNB – количество поросят при рождении; NBA – количество живых поросят при рождении (гол.); NSB- количество мертворожденных поросят (гол.); LWB – масса гнезда при рождении (кг); PWB – масса одного поросенка при рождении (кг); NWEAN – количество поросят при отъеме (гол.); LWW – масса гнезда при отъеме (кг)

Показатели количества поросят при рождении, многоплодия, массы гнезда при рождении и массы гнезда при отъеме характеризуются значительной изменчивостью (коэффициент вариации превышает 15%).

В среднем по трем опоросам значение коэффициента вариации отмечается по количеству поросят при рождении – 22,1%, многоплодию – 24,3%, массе гнезда при рождении – 25,5% и отъеме – 12,3%, что позволяет

ожидать высокого абсолютного селекционного дифференциала при отборе. По крупноплодности и количеству мертворожденных поросят был невысокий уровень вариации. Значение коэффициента изменчивости отдельно по каждому опоросу было несколько ниже, что особенно прослеживается при анализе массы гнезда при отъеме по второму опоросу ($C_v = 12,3\%$).

Проведенный комплексный селекционно-генетический мониторинг репродуктивных качеств свиней показал, что свиноматки крупной белой породы имеют достаточно высокие показатели продуктивности. Статистический анализ выявил большой потенциал данной породы, но в тоже время показал, что дальнейшая селекционная работа, основанная только на использовании традиционных методов отбора, не сможет принести значительных положительных сдвигов в ближайшем будущем. В связи с этим дальнейшие исследования направлены на изучение генетической структуры популяции по генам-маркерам (рецептор пролактина (*PRLR*), лейкемия-ингибирующего фактор (*LIF*), рецептор эстрогена (*ESR*), фолликулостимулирующий рецептор (*FSHb*) и лептин (*LEP*) и оценки их возможного применения для повышения воспроизводительных качеств свиней.

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

Результаты молекулярно-генетических исследований показали наличие полиморфизма гена *ESR* у свиноматок крупной белой породы. В исследуемой популяции 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 7).

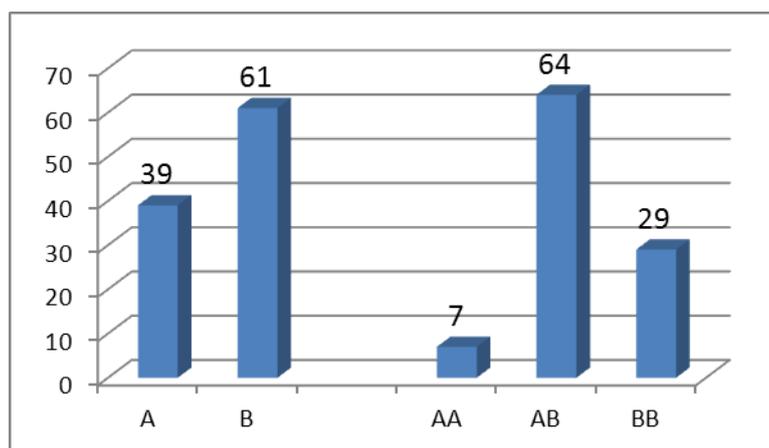


Рисунок 7- Частота аллелей и генотипов гена *ESR* у свиноматок КБ

Наличие аллельного варианта В гена *ESR* у свиноматок КБ связано с лучшими показателями воспроизводительной продуктивности. По результатам первого опороса свиноматки генотипов АВ и ВВ не показали достоверных различий по анализируемым признакам относительно свиноматок генотипа АА. Однако, следует отметить тенденцию свиноматок генотипа ВВ к лучшим результатам по количеству поросят при рождении и многоплодию, которые относительно аналогов генотипа АА были выше на 0,26 гол. (2,18%) и 0,69 гол. (6,45%) соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты первого опороса свиноматок различных генотипов гена *ESR*

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
АА	8	11,67	0,67	11,00	13,00	9,89
АВ	70	11,82	0,28	9,00	16,00	14,27
ВВ	32	11,93	0,53	9,00	18,00	17,95
Многоплодие, гол.						
АА	8	10,00	1,22	8,00	13,00	24,50
АВ	70	10,83	0,40	8,00	15,00	20,06
ВВ	32	10,69	0,49	8,00	14,00	18,30
Количество мертворожденных поросят, гол.						
АА	8	1,00	0,63	0,00	3,00	14,14
АВ	70	0,97	0,18	0,00	5,00	11,88

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
BB	32	0,91	0,24	0,00	4,00	12,66
Масса гнезда при рождении, кг						
AA	8	15,00	1,78	12,00	19,00	23,73
AB	70	15,37	0,64	10,00	24,00	23,55
BB	32	14,58	0,89	10,00	23,00	25,17
Крупноплодность, кг						
AA	8	1,50	0,02	1,46	1,55	2,28
AB	70	1,31	0,07	0,96	1,64	33,71
BB	32	1,31	0,09	1,20	1,64	30,15
Количество поросят при отъеме, гол.						
AA	8	11,50	1,19	9,00	14,00	20,70
AB	70	11,50	0,37	8,00	14,00	18,43
BB	32	11,25	0,54	7,00	15,00	21,78
Масса гнезда при отъеме, кг						
AA	8	86,00	9,04	67,32	106,59	21,02
AB	70	84,98	3,26	56,00	134,4	21,67
BB	32	84,37	4,87	49,60	129,03	25,80

Масса гнезда при рождении, при отъеме и масса одного поросенка была выше у свиноматок генотипа AA относительно аналогов генотипа BB на 0,42 кг (2,8%); 1,02 кг (1,19%) и на 0,19 кг (12,6%), соответственно. Количество мертворожденных поросят по первому опоросу составило в среднем 1,0 гол. По количеству поросят при отъеме у свиноматок с генотипом AA и AB этот показатель составил 11,50 гол.

По результатам второго опороса от свиноматок генотипа AB и BB было получено на 1,16 гол. (8,34%) и 1,08 гол. (7,80%), соответственно, больше поросят по сравнению со свиноматками генотипа AA (таблица 6).

Несмотря на то, что различия по количеству поросят при рождении были статистически недостоверными, результаты, полученные при сравнении показателей многоплодия и массы гнезда при рождении свиноматок различных генотипов гена ESR, были достоверны.

Свиноматки генотипов AB и BB, относительно сверстниц генотипа AA, имели большее многоплодие на 1,31 гол. (10,10%; $P < 0,05$) и 1,39 гол. (10,65%; $P < 0,05$) соответственно. Максимальное значение многоплодия 18

гол, было у свиноматок генотипа ВВ. У свиноматок генотипа АА многоплодие варьировало в интервале 11-12 гол. и коэффициент вариации составил 4,95%.

Таблица 6 – Результаты второго опороса свиноматок различных генотипов гена *ESR*

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
АА	12,75	0,85	11,00	15,00	13,33
АВ	13,92	0,42	10,00	20,00	18,18
ВВ	13,83	0,64	11,00	22,00	19,72
Многоплодие, гол.					
АА	11,66	0,33	11,00	12,00	4,95
АВ	12,97*	0,34	8,00	17,00	16,19
ВВ	13,05*	0,41	11,00	18,00	13,51
Количество мертворожденных поросят, гол.					
АА	0,80	0,58	0,00	3,00	16,30
АВ	0,90	0,22	0,00	6,00	15,71
ВВ	0,70	0,29	0,00	4,00	18,60
Масса гнезда при рождении, кг					
АА	14,75	1,97	10,00	18,00	26,76
АВ	17,61*	0,52	12,00	25,00	18,17
ВВ	18,89*	0,70	11,00	24,00	15,72
Крупноплодность, кг					
АА	1,30	0,19	0,91	1,50	26,18
АВ	1,38	0,03	0,79	1,60	11,82
ВВ	1,44	0,04	0,85	1,67	12,08
Количество поросят при отъеме, гол.					
АА	9,50	0,95	7,00	11,00	20,10
АВ	11,31	0,27	8,00	14,00	14,68
ВВ	11,40	0,44	7,00	115,00	20,29
Масса гнезда при отъеме, кг.					
АА	71,35	8,59	50,00	86,80	24,07
АВ	84,28	2,35	58,50	115,30	17,19
ВВ	84,45	3,83	51,40	115,00	20,29

* - $P \leq 0,05$

Максимальные показатели массы гнезда при рождении у свиноматок генотипа АВ и ВВ составили 25 и 24 кг, что выше на 7 и 6 кг, чем у

свиноматок генотипа АА. Масса гнезда поросят у свиноматок генотипов АВ и ВВ, по сравнению с аналогами генотипа АА, была больше на 2,86 кг (16,24%; $P < 0,05$) и 4,14 кг (21,92; $P < 0,05$).

Достоверных различий по крупноплодности и массе гнезда при рождении не выявлено. По количеству поросят при отъеме лучшие показатели были у свиноматок с генотипом ВВ, которые превосходили свиноматок с генотипом АА на 1,9 гол.

Результаты третьего опороса по числу деловых поросят были лучше у свиноматок генотипа ВВ (таблица 7). Количество поросят при рождении, многоплодие, масса гнезда при рождении, при отъеме и количество поросят при отъеме у свиноматок генотипа ВВ были лучше, чем у аналогов генотипа АА на 1,46 гол. (9,57%); 2,26 гол. (15,85%; $P < 0,05$); 2,75 кг (14,51%; $P < 0,05$); 3,75 кг (4,55%) и 0,87 гол. (7,58%). Меньшее количество мертворожденных поросят было выявлено у особей с генотипом ВВ. Следует отметить, что при сравнении максимальных значений по всем изучаемым признакам по третьему опоросу, лучшими были свиноматки генотипа ВВ. Наименьший коэффициент вариации по всем изучаемым признакам был у свиноматок генотипа ВВ.

Таблица 7 – Результаты третьего опороса свиноматок различных генотипов гена *ESR*

Генотипы	М	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
АА	13,80	1,36	11,00	18,00	21,96
АВ	14,47*	0,47	10,00	23,00	19,90
ВВ	15,26*	0,52	12,00	20,00	14,94
Многоплодие, гол.					
АА	12,00	1,14	9,00	15,00	21,25
АВ	13,22*	0,38	9,00	18,00	17,32
ВВ	14,26*	0,49	11,00	19,00	15,15
Количество мертворожденных поросят, гол.					
АА	1,80	0,49	0,00	3,00	6,08

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
AB	1,24	0,27	0,00	7,00	13,48
BB	1,00	0,34	0,00	6,00	14,91
Масса гнезда при рождении, гол.					
AA	16,20	1,50	12,00	20,00	20,65
AB	17,81*	0,67	10,00	26,00	22,79
BB	18,95*	0,74	13,00	24,00	16,88
Крупноплодность, кг					
AA	1,39	0,16	0,80	1,78	26,21
AB	1,31	0,05	0,92	1,64	22,35
BB	1,34	0,04	0,93	1,54	13,43
Количество поросят при отъеме, гол.					
AA	10,60	0,40	10,00	12,00	8,40
AB	11,38	0,23	8,00	14,00	12,31
BB	11,47	0,41	8,00	14,00	15,78
Масса гнезда при отъеме, кг					
AA	78,60	4,51	70,30	95,30	12,82
AB	81,59	1,92	51,70	112,80	14,30
BB	82,35	3,19	56,90	112,80	16,91

* - $P \leq 0,05$

По результатам третьего опороса можно отметить, что свиноматки генотипа AB по сравнению со свиноматками генотипа AA также имели большее количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении на 0,67 гол. (4,63%; $P < 0,05$); 1,22 гол. (9,23%; $P < 0,05$) и 1,61 кг (9,03%; $P < 0,05$).

По трем опоросам лучшие показатели характерны для свиноматок генотипа BB, которые по количеству поросят при рождении, многоплодию, массе гнезда при рождении и при отъеме превосходили 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%) аналогов генотипа AA. Меньшее количество мертворожденных поросят в среднем, было у особей с генотипом BB (таблица 8). Достоверные различия между свиноматками генотипов AB и AA 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%).

Таблица 8 – Воспроизводительные качества свиноматок различных генотипов гена *ESR* по трем опоросам

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	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

* - $P \leq 0,05$

По результатам трех опоросов эффекты генотипов гена *ESR* по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении у свиноматок КБ представляют следующий ряд (по убыванию): BB

> АВ > АА. Таким образом, полученные результаты показывают, что наличие аллельного варианта В гена *ESR* связано с лучшими показателями воспроизводительной продуктивности у свиноматок КБ, но более сильно эффект проявляется в гомозиготном состоянии.

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

По результатам проведенных исследований у свиноматок КБ было определено три генотипа ТТ (n=44), ТС (n=48) и СС (n=18) гена *LEP* (рисунок 8).

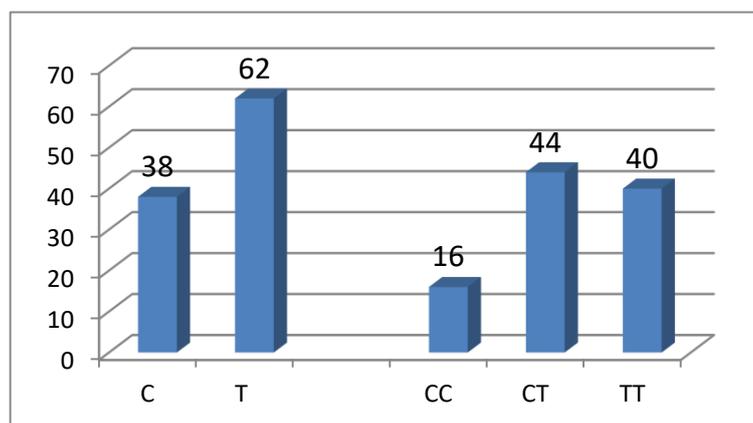


Рисунок 8 - Частота аллелей и генотипов гена *LEP* у свиноматок КБ

Наибольшей частотой обладал аллель Т (62%) и генотип СТ (44%). Аллель С (31%) и генотип СС (16,4%) имели меньшую частоту.

Роль лептина в формировании и регуляции репродуктивных функций заставляет думать о существовании тесных связей между полиморфизмом гена *LEP* и продуктивностью свиноматок. Результаты, полученные при изучении полиморфизма гена *LEP* у свиноматок крупной белой породы, показали положительный эффект генотипа СС на воспроизводительные качества свиноматок, который проявляется к третьему опоросу.

По результатам первого опороса свиноматки генотипов СС и СТ не показали достоверных различий по воспроизводительным качествам

относительно животных генотипа ТТ, но можно отметить положительную тенденцию к лучшим показателям у свиней генотипов СС и СТ (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты первого опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LEP*

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
СС	18	11,37	0,65	9,00	15,00	16,27
СТ	48	12,43	0,44	9,00	18,00	16,97
ТТ	44	11,30	0,28	9,00	13,00	11,15
Многоплодие, гол.						
СС	18	11,00	0,90	8,00	15,00	8,18
СТ	48	10,92	0,45	8,00	14,00	20,32
ТТ	44	10,27	0,51	8,00	13,00	19,28
Количество мертворожденных поросят, гол.						
СС	18	0,40	0,22	0,00	2,00	17,48
СТ	48	1,26	0,26	0,00	5,00	10,92
ТТ	44	0,80	0,18	0,00	3,00	11,41
Масса гнезда при рождении, кг						
СС	18	14,12	1,60	10,00	24,00	32,01
СТ	48	16,17	0,74	10,00	23,00	22,45
ТТ	44	14,11	0,74	10,00	19,00	22,25
Крупноплодность, кг						
СС	18	1,16	0,17	0,80	1,60	43,79
СТ	48	1,48	0,02	1,00	1,64	8,36
ТТ	44	1,19	0,13	0,9	1,50	46,22
Количество поросят при отъеме, гол.						
СС	18	10,89	0,73	8,00	14,00	20,20
СТ	48	11,64	0,40	8,00	14,00	17,35
ТТ	44	11,22	0,54	8,00	14,00	20,59
Масса гнезда при отъеме, кг						
СС	18	83,60	8,16	56,00	134,40	29,29
СТ	48	87,09	3,66	56,10	129,03	20,99
ТТ	44	81,69	4,07	56,00	106,40	21,12

По первому опоросу свиноматки генотипа СТ превосходили аналогов гомозиготных генотипов по количеству поросят и массе гнезда при рождении на 1,1 гол. (8,85%) и 2,05 кг (14,5%); по крупноплодности и массе гнезда при отъеме на 0,32 кг (21,62%) и 3,49 кг (4,00%), а по количеству поросят при

отъеме на 0,58 гол. (5,02%). В свою очередь, свиноматки генотипа СС, относительно сверстниц генотипа ТТ, имели лучшие показатели многоплодия на 0,73 гол. (6,64%). Максимальные значения многоплодия также установлены у свиней генотипа СС.

По результатам второго опороса также не было установлено достоверных различий по воспроизводительным качествам (таблица 10).

Таблица 10 – Результаты второго опороса свиноматок различных генотипов гена *LEP*

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
СС	18	13,89	1,02	11,00	20,00	22,03
СТ	48	13,90	0,38	11,00	18,00	12,93
ТТ	44	13,70	0,57	10,00	22,00	20,58
Многоплодие, гол						
СС	18	13,00	0,50	11,00	16,00	11,54
СТ	48	13,19	0,36	11,00	17,00	12,36
ТТ	44	12,75	0,44	10,00	18,00	17,02
Количество мертворожденных поросят, гол.						
СС	18	0,89	0,59	0,00	4,00	19,84
СТ	48	0,65	0,27	0,00	6,00	21,17
ТТ	44	0,92	0,24	0,00	4,00	12,93
Масса гнезда при рождении, кг						
СС	18	18,33	0,67	15,00	21,00	36,66
СТ	44	18,13	0,73	10,00	25,00	18,97
ТТ	48	17,17	0,65	11,00	23,00	19,10
Крупноплодность, кг						
СС	18	1,41	0,03	1,25	1,50	6,85
СТ	48	1,39	0,04	0,91	1,67	13,56
ТТ	44	1,38	0,04	0,78	1,64	14,49
Количество поросят при отъеме, гол.						
СС	18	10,67	0,53	7,00	12,00	14,81
СТ	48	10,96	0,38	7,00	14,00	17,52
ТТ	44	11,52	0,33	8,00	14,00	14,41
Масса гнезда при отъеме, кг						
СС	18	80,43	4,54	51,40	100,00	16,93
СТ	48	80,73	3,43	50,00	115,00	20,84
ТТ	44	84,74	2,70	61,70	115,00	

Можно отметить, что по второму опросу количество поросят при рождении, многоплодие и масса гнезда при рождении у свиноматок генотипа СС, относительно аналогов генотипа ТТ, были выше на 0,19 гол. (1,3%), 0,25 гол. (1,89%) и 1,16 кг (6,33%) соответственно.

По второму опросу свиньи генотипа СС имели высокие значения коэффициента вариации по количеству поросят при рождении (22,03%) и массе гнезда (36,66%), но низкий коэффициент вариации по многоплодию (11,54%). По крупноплодности различий выявлено не было.

Результаты третьего опроса были лучше у свиноматок генотипа СС. Они превосходили свиноматок генотипа ТТ по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении на 2,2 гол. (15,21%; $P < 0,05$), 1,85 гол. (12,42%; $P < 0,05$) и 1,76 кг (9,32%; $P < 0,05$) (таблица 11). Наименьший коэффициент вариации по многоплодию (11,35) определен в группе свиноматок генотипа СС (11,35%). По массе гнезда при отъеме и количеству поросят при отъеме лучшими были свиноматки с генотипом ТТ, превосходившие сверстниц с генотипом СС на 3 кг (3,64%) и 0,67 гол. (5,79%). Следует также отметить, что наилучшие максимальное (23 гол.) и минимальное (12 гол.) многоплодие установлено у свиноматок генотипа СС.

Таблица 11 – Результаты третьего опроса свиноматок различных генотипов гена *LEP*

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
СС	18	16,70*	1,23	12,00	23,00	19,32
СТ	48	14,04	0,50	10,00	20,00	16,59
ТТ	44	14,46	0,49	10,00	21,00	16,54
Многоплодие, гол.						
СС	18	14,89*	0,56	12,00	17,00	11,35
СТ	48	13,16	0,50	9,00	19,00	19,22
ТТ	44	13,04	0,47	9,00	18,00	16,79
Количество мертворожденных поросят, гол.						
СС	18	1,89	0,79	0,00	7,00	12,54
СТ	48	0,88	0,26	0,00	4,00	14,79

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
ТТ	44	1,37	0,31	0,00	6,00	11,10
Масса гнезда при рождении, кг						
СС	18	18,89*	1,22	13,00	23,00	19,32
СТ	48	18,32	0,61	13,00	24,00	16,59
ТТ	44	17,13	0,93	10,00	26,00	26,09
Крупноплодность, кг						
СС	18	1,26	0,06	0,93	1,50	13,97
СТ	48	1,41	0,03	1,14	1,78	11,44
ТТ	44	1,25	0,07	1,05	1,64	29,14
Количество поросят при отъеме, гол.						
СС	18	10,89	0,48	9,00	14,00	13,31
СТ	48	11,32	0,29	8,00	14,00	13,16
ТТ	44	11,56	0,31	8,00	14,00	12,72
Масса гнезда при отъеме, кг						
СС	18	79,47	3,95	60,30	103,4	14,93
СТ	48	82,03	2,43	57,50	112,80	14,82
ТТ	44	82,47	2,56	51,70	112,80	14,91

* - $P \leq 0,05$

В целом по трем опоросам лучшими были свиноматки генотипа СС, которые 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 12).

Таблица 12 – Продуктивность свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LEP* по трем опоросам

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	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

* - $P \leq 0,05$

Максимальные значения по количеству поросят при рождении, многоплодию, массе гнезда при рождении были у животных генотипа СС. По крупноплодности и количеству поросят при отъеме достоверных различий не выявлено. Коэффициент вариации по многоплодию по трем опоросам, как и отдельно по каждому опоросу, был меньше 15%, что свидетельствует о средней степени изменчивости свиноматок генотипа СС по данному признаку.

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.

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

Результаты исследования полиморфизма гена *FSHb* показали наличие двух аллелей А и В и трех генотипов АА (n=32), АВ (n=64) и ВВ (n=14) у свиноматок КБ. При этом наибольшей частотой обладал аллель А (58%) и генотип АВ (58%), а наименьшей аллель В и генотип ВВ, частоты которых равнялись 42 и 13% соответственно (рисунок 9).

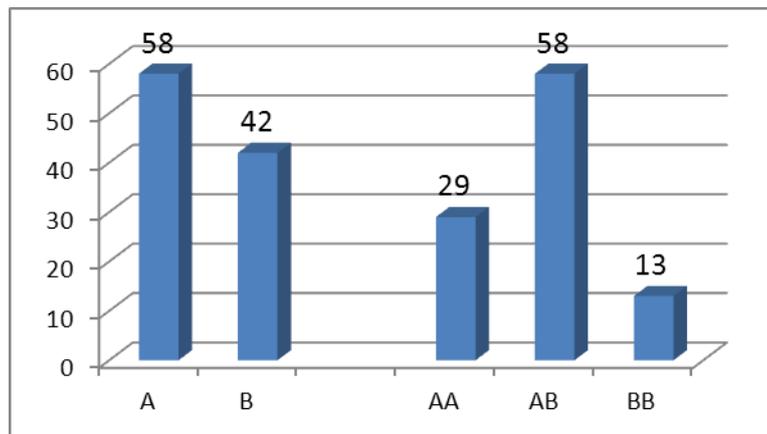


Рисунок 9-Частота аллелей и генотипов гена *FSHb* у свиноматок КБ

Результаты первого опороса свиноматок генотипов АА и ВВ гена *FSHb* не показали достоверных различий по воспроизводительным качествам (таблица 13). У свиноматок генотипа АА, также как и генотипа ВВ, количество поросят при рождении составило 12 гол., но количество живых поросят и масса гнезда при рождении были больше у свиноматок генотипа ВВ на 0,40 гол. и 1,07 кг соответственно.

Таблица 13 – Результаты первого опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *FSHb*

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
АА	32	12,00	0,44	9,00	16,00	14,58
АВ	64	11,75	0,31	9,00	18,00	15,15
ВВ	14	12,00	0,75	10,00	15,00	16,67

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Многоплодие, гол.						
АА	32	11,03	0,54	8,00	14,00	18,25
АВ	64	10,41	0,37	8,00	14,00	18,92
ВВ	14	11,43	0,99	8,00	15,00	23,10
Количество мертворожденных поросят, гол.						
АА	32	0,81	0,23	0,00	3,00	12,73
АВ	64	1,10	0,20	0,00	5,00	11,29
ВВ	14	0,57	0,38	0,00	2,00	17,07
Масса гнезда при рождении, кг						
АА	32	15,50	0,93	10,00	23,00	24,13
АВ	64	14,61	0,58	10,00	23,00	22,17
ВВ	14	16,57	1,70	12,00	24,00	27,16
Крупноплодность, кг						
АА	32	1,28	0,13	1,10	1,64	39,32
АВ	64	1,32	0,07	0,98	1,64	30,67
ВВ	14	1,44	0,03	1,30	1,60	6,64
Количество поросят при отъеме, гол.						
АА	32	11,00	0,58	7,00	14,00	21,00
АВ	64	11,54	0,37	8,00	15,00	18,54
ВВ	14	11,71	0,99	8,00	14,00	22,46
Масса гнезда при отъеме, кг						
АА	32	80,13	4,15	49,60	106,40	20,73
АВ	64	85,66	3,19	56,00	129,03	21,39
ВВ	14	91,68	10,82	58,10	134,40	31,24

По крупноплодности эта разница составила 0,16 кг, а по массе гнезда при отъеме 11,55 кг. Коэффициенты вариации в группе свиноматок генотипа ВВ составили по количеству поросят при рождении 16,67; многоплодию 23,10; по количеству поросят при отъеме 22,46 и по массе гнезда при рождении 27,16%.

По второму опросу свиноматки генотипа ВВ имели большее количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении, которые по сравнению со свиноматками генотипа АА были выше на 0,95 гол. (6,88%; $P \leq 0,05$), 0,80 гол. (6,30%; $P \leq 0,05$) и 1,96 кг (11,39 кг; $P \leq 0,05$), соответственно (таблица 14).

Таблица 14 – Результаты второго опороса свиноматок различных генотипов гена *FSHb*

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AA	13,80	0,37	10,00	19,00	18,78
AB	13,59	0,42	10,00	22,00	17,51
BB	14,71*	0,38	11,00	20,00	21,41
Многоплодие, гол.					
AA	12,70	0,29	10,00	17,00	16,68
AB	12,81	0,34	8,00	18,00	14,89
BB	13,50	0,32	11,00	16,00	12,15
Количество мертворожденных поросят, гол.					
AA	0,85	0,25	0,00	3,00	13,45
AB	0,69	0,23	0,00	6,00	19,72
BB	1,43	0,68	0,00	4,00	12,69
Масса гнезда при рождении, кг					
AA	17,21	0,75	11,00	24,00	20,10
AB	17,70	0,59	10,00	25,00	19,66
BB	19,17*	0,78	16,00	23,00	14,53
Крупноплодность, кг					
AA	1,36	0,05	0,79	1,60	16,43
AB	1,41	0,03	0,91	1,67	10,42
BB	1,42	0,06	1,23	1,64	11,44
Количество поросят при отъеме, гол.					
AA	11,19	0,33	8,00	14,00	13,76
AB	11,26	0,32	7,00	14,00	16,87
BB	11,17	0,94	7,00	14,00	20,76
Масса гнезда при отъеме, кг					
AA	81,06	2,52	61,70	105,80	14,24
AB	85,08	2,89	50,00	115,30	20,08
BB	82,82	8,28	51,40	115,00	24,48

* - $P \leq 0,05$

По крупноплодности и количеству поросят при отъеме различия были незначительными. Масса гнезда при отъеме была лучше у свиноматок генотипа AB, на 2,26 кг больше, чем BB.

Результаты третьего опороса показали наилучшие значения по изучаемым показателям у свиноматок генотипа BB. Свиноматки генотипа BB

превосходили особей генотипа АА по количеству поросят при рождении на 2,71 гол. (18,78%; $P < 0,05$), многоплодию на 2,13 гол. (16,02%; $P < 0,05$), массе гнезда при рождении на 2,19 (12,20%; $P < 0,05$), крупноплодности на 0,11 кг (7,86%), массе гнезда при отъеме на 2,56 кг (2,98%) (таблица 15).

Таблица 15 – Результаты третьего опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *FSHb*

Генотипы	М	m	Минимум	Максимум	Сv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
АА	14,43	0,47	11,00	20,00	15,11
АВ	14,29	0,43	10,00	21,00	17,49
ВВ	17,14*	0,93	12,00	23,00	18,69
Многоплодие, гол.					
АА	13,30	0,57	10,00	17,00	19,40
АВ	13,33	0,38	9,00	18,00	16,27
ВВ	15,43*	0,89	11,00	19,00	16,42
Количество мертворожденных поросят, гол.					
АА	1,14	0,30	0,00	4,00	12,15
АВ	0,94	0,19	0,00	4,00	11,68
ВВ	2,71	1,13	0,00	7,00	10,99
Масса гнезда при рождении, кг					
АА	17,95	0,87	10,00	24,00	24,06
АВ	17,65	0,60	11,00	26,00	19,89
ВВ	20,14*	0,91	16,00	23,00	15,54
Крупноплодность, кг					
АА	1,29	0,08	0,80	1,64	27,87
АВ	1,33	0,04	0,78	1,78	16,16
ВВ	1,40	0,06	1,14	1,58	11,13
Количество поросят при отъеме, гол.					
АА	11,80	0,34	8,00	14,00	13,05
АВ	10,97	0,25	8,00	14,00	13,13
ВВ	11,85	0,51	10,00	14,00	11,31
Масса гнезда при отъеме, кг					
АА	85,90	2,81	56,90	112,80	14,62
АВ	77,63	1,90	51,70	97,80	14,21
ВВ	88,46	3,78	75,20	103,40	11,31

* - $P \leq 0,05$

При рассмотрении минимальных и максимальных показателей можно отметить, что от свиноматок генотипа ВВ было получено поросят при

рождении минимум 12 и максимум 23 гол., в то время как от свиноматок генотипа AA соответственно 11 и 20 гол. Минимальное и максимальное многоплодие у свиноматок генотипа BB было также выше по сравнению со свиноматками генотипа AA на 1,0 и 2,0 гол. соответственно. Коэффициент вариации у свиноматок генотипа BB был ниже. По количеству поросят при отъеме достоверных различий выявлено не было.

Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *FSHb* по трем опоросам представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *FSHb* по трем опоросам

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

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
AB	82,67	1,62	57,50	101,87	11,46
BB	80,60	3,60	69,10	95,30	11,81

* $P \leq 0,05$

В целом по трем опоросам лучшими были свиноматки генотипа BB, превосходившие аналогов генотипа AA 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%; $P < 0,05$).

Следует отметить, что свиноматки генотипа BB также превосходили аналогов генотипа AB по количеству поросят при рождении, многоплодию и массе гнезда при рождении на 1,43 гол. (10,84%; $P < 0,05$), 0,96 гол. (7,84%; $P < 0,05$) и 1,82 кг (10,83%; $P < 0,05$). По крупноплодности, массе гнезда при отъеме и количеству поросят при отъеме различия были незначительными.

По результатам трех опоросов эффекты генотипов гена *FSHb* на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении у свиноматок KB представляют следующий ряд (по убыванию): BB > AA > AB. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии генотипа BB гена *FHSb* на воспроизводительные качества свиноматок.

4.5. Репродуктивные показатели свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF*

Полиморфизм гена *LIF* у исследуемых свиноматок 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 10).

Результаты исследований свиноматок крупной белой породы показали, что аллель А гена *LIF* связан с лучшими показателями воспроизводительной продуктивности.

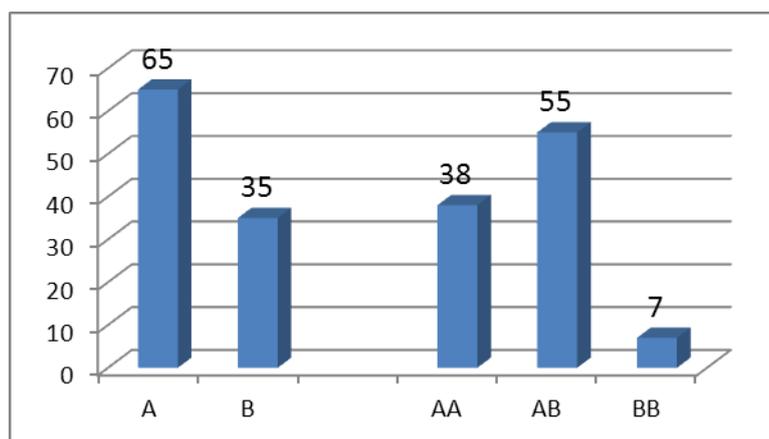


Рисунок 10-Частота аллелей и генотипов гена *LIF* у свиноматок КБ

По результатам первого опороса свиноматки генотипа АА показали достоверные различия по анализируемым признакам, относительно свиноматок генотипа ВВ. Количество поросят при рождении и многоплодие у свиноматок генотипа АА было больше на 1,7 гол. (15,0%; $P < 0,05$) и 1,2 гол. (11,1%; $P < 0,05$) по сравнению со свиноматками генотипа ВВ (таблица 17).

Таблица 17 – Результаты первого опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF*

Генотипы	n	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.						
АА	42	13,00*	0,41	12,00	14,00	12,53
АВ	60	12,07	0,36	9,00	18,00	16,40
ВВ	8	11,33	0,31	9,00	14,00	20,31
Многоплодие, гол.						
АА	42	11,50*	0,50	9,00	14,00	19,89
АВ	60	10,93	0,38	8,00	15,00	18,93
ВВ	8	10,35	1,29	8,00	14,00	23,45
Количество мертворожденных поросят, гол.						
АА	42	0,96	0,19	0,00	3,00	9,70
АВ	60	0,89	0,19	0,00	4,00	12,89
ВВ	8	1,33	0,80	0,00	5,00	14,75
Масса гнезда при рождении, кг						
АА	42	16,25	0,79	10,00	23,00	22,00
АВ	60	15,15	0,66	10,00	24,00	25,08
ВВ	8	14,82	1,65	13,00	20,00	20,33

Крупноплодность, кг						
AA	42	1,17	0,13	0,90	1,64	51,72
AB	60	1,41	0,03	0,83	1,64	12,45
BB	8	1,49	0,05	1,40	1,62	6,74
Количество поросят при отъеме, гол.						
AA	42	11,05	0,39	8,00	14,00	15,47
AB	60	11,51	0,43	7,00	15,00	21,72
BB	8	12,25	1,03	10,00	14,00	16,82
Масса гнезда при отъеме, кг						
AA	42	81,09	3,09	56,00	106,40	16,60
AB	60	86,24	3,24	49,60	134,40	25,71
BB	8	91,00	9,25	72,80	112,00	20,33

*- $P \leq 0,05$

По крупноплодности, массе гнезда и количеству поросят при отъеме лучшими были особи с генотипом BB, превосходившие особей с генотипом AA на 0,32 кг (21,48%), 6,91 кг (7,59%) и 1,20 гол. (9,79%). В группе свиноматок генотипа BB отмечены самые высокие коэффициенты вариации по количеству поросят при рождении (20,31%) и многоплодию (23,45%), что позволяет проводить эффективную селекцию по данным признакам.

По результатам второго опороса не были выявлены достоверные различия воспроизводительных показателей свиноматок KB, связанные с генотипами гена *LIF* (таблица 18).

Таблица 18 – Результаты второго опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF*

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AA	13,95	0,60	10,00	22,00	19,35
AB	13,82	0,45	10,00	20,00	18,74
BB	13,33	0,71	11,00	16,00	13,13
Многоплодие, гол.					
AA	13,20	0,48	10,00	18,00	16,21
AB	12,75	0,34	8,00	17,00	15,29
BB	13,00	0,58	11,00	15,00	10,85

Генотипы	М	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество мертворожденных поросят, гол.					
АА	0,68	0,26	0,00	4,00	17,75
АВ	1,00	0,25	0,00	6,00	15,12
ВВ	0,33	0,21	0,00	1,00	15,49
Масса гнезда при рождении, кг					
АА	17,88	0,82	10,00	23,00	21,20
АВ	17,61	0,58	11,00	25,00	19,19
ВВ	17,33	0,99	14,00	20,00	13,96
Крупноплодность, кг					
АА	1,40	0,05	0,79	1,67	16,22
АВ	1,41	0,02	0,85	1,54	10,32
ВВ	1,34	0,06	1,08	1,50	11,95
Количество поросят при отъеме, гол.					
АА	11,52	0,44	7,00	14,00	17,45
АВ	10,94	0,29	7,00	14,00	15,81
ВВ	11,83	0,54	10,00	14,00	11,24
Масса гнезда при отъеме, кг					
АА	85,43	4,03	50,00	115,00	21,65
АВ	81,63	2,42	51,40	115,30	17,53
ВВ	87,68	4,99	70,00	101,20	13,95

Однако, свиноматки генотипа АА превышали сверстниц генотипа ВВ по количеству поросят при рождении на 0,62 гол. (4,44%), многоплодию на 0,20 гол. (1,51%), массе гнезда при рождении на 0,55 кг (3,07%), соответственно. По массе гнезда при отъеме достоверных различий выявлено не было, однако, лучшими показателями обладали свиноматки с генотипом ВВ, - которые превосходили сверстниц с генотипом АА на 2,25 кг (2,57%). Максимальные значения количества поросят при рождении, многоплодия и массы гнезда при рождении были определены у свиноматок генотипа АА, которые превышали максимальные показатели сверстниц генотипа ВВ на 6,0 гол., 3,0 гол. и 3,0 кг, соответственно. Следует отметить, что у свиноматок генотипа АА по второму опоросу были высокие коэффициенты вариации, которые составили по количеству поросят при рождении, многоплодию, количеству поросят при отъеме и массе гнезда при рождении 19,35; 16,21; 17,45 и 21,20% соответственно.

Согласно результатам третьего опороса, лучшие показатели имели свиноматки генотипа АА и АВ. Животные с генотипом АА и АВ превосходили гомозиготных особей генотипа ВВ по количеству поросят при рождении на 1,43 гол. (10,09%; $P \leq 0,05$) и 1,16 гол. (8,18%; $P \leq 0,05$) и многоплодию на 0,54 гол. (3,95%; $P \leq 0,05$) и 0,41 гол. (3,00%; $P \leq 0,05$) соответственно (таблица 19).

Таблица 19 – Результаты третьего опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF*

Генотипы	М	m	Минимум	Максимум	Сv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
АА	15,60*	0,52	11,00	18,00	17,28
АВ	15,33*	0,47	10,00	23,00	18,46
ВВ	14,17	0,91	12,00	18,00	15,74
Многоплодие, гол.					
АА	14,21*	0,45	9,00	15,00	16,05
АВ	14,08*	0,40	10,00	19,00	16,73
ВВ	13,67	0,76	11,00	16,00	13,60
Количество мертворожденных поросят, гол.					
АА	1,30	0,37	0,00	6,00	12,75
АВ	1,28	0,27	0,00	7,00	12,63
ВВ	0,50	0,34	0,00	2,00	16,73
Масса гнезда при рождении, кг					
АА	17,20	0,78	11,00	23,00	21,60
АВ	18,91	0,63	10,00	26,00	19,83
ВВ	19,00	1,24	15,00	23,00	15,96
Крупноплодность, кг					
АА	1,33	0,06	0,78	1,78	20,56
АВ	1,31	0,04	0,80	1,58	20,76
ВВ	1,40	0,09	1,12	1,64	16,56
Количество поросят при отъеме, гол.					
АА	11,05	0,30	8,00	13,00	12,31
АВ	11,48	0,28	8,00	14,00	14,19
ВВ	11,50	0,50	10,00	13,00	10,61
Масса гнезда при отъеме, кг					
АА	79,49	2,45	51,70	92,90	13,77
АВ	82,76	2,25	56,90	112,80	16,06
ВВ	81,72	3,79	70,60	95,90	11,36

* $P \leq 0,05$

По массе гнезда при рождении свиноматки генотипа ВВ превосходили животных генотипа АА на 1,8 кг (9,47%), но данные различия были статически не достоверны. По крупноплодности и количеству поросят при отъеме достоверных различий не обнаружено. По массе гнезда при отъеме лучшими показателями обладали свиноматки с генотипом АВ, которые превосходили гомозиготных сверстниц на 2,16 (2,60%). Наименьший коэффициент вариации по массе гнезда при рождении определен в группе свиноматок генотипа ВВ (15,96%). По количеству поросят при рождении и многоплодию самый большой коэффициент вариации был у свиней с генотипом АВ (18,46%) и (16,73%).

В целом по трем опоросам лучшие показатели продуктивности были у свиноматок генотипа АА, 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 АА на 1,38 кг (1,65%) (таблица 20). Максимальные показатели по всем изучаемым признакам были у свиноматок генотипа АВ, среди которых встречались особи, у которых количество поросят при рождении и многоплодие равнялось 23,0 и 19,0 гол. соответственно.

Таблица 20 – Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *LIF* по трем опоросам

Генотипы	М	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
АА	14,10*	0,27	10,00	22,00	9,53
АВ	13,74	0,30	9,00	23,00	12,95
ВВ	12,94	0,42	9,00	18,00	9,22
Многоплодие, гол.					
АА	13,07*	0,31	8,0	18,00	11,99
АВ	12,57	0,27	8,0	19,00	12,86
ВВ	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

* $P \leq 0,05$

Следует отметить, что в группе свиноматок генотипа AA максимальные значения по количеству поросят при рождении и многоплодию составили 22,0 и 18,0 гол., соответственно. Таким образом, полученные результаты показали положительное влияние генотипа AA на воспроизводительные качества свиноматок, которое в большей степени проявляется в первом и третьем опоросах.

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

Исследование генетической структуры свиней крупной белой породы показало, что ген *PRLR* в изучаемой выборке представлен двумя аллелями и двумя генотипами AB (n=22) и BB (n=78) (рисунок 11). Наибольшую частоту имел аллель B (89%) и генотип BB (78%).

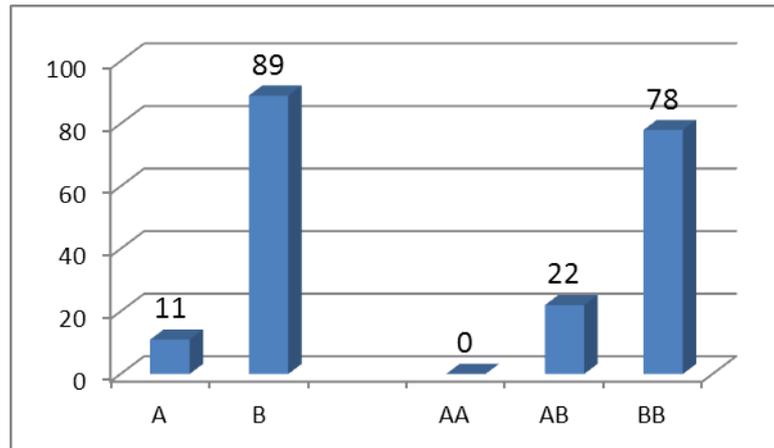


Рисунок 11- Частота аллелей и генотипов гена *PRLR* у свиноматок КБ

По первому опоросу свиньи гомозиготного генотипа ВВ превосходили аналогов гетерозиготного генотипа АВ по количеству поросят при рождении на 0,99 гол. (8,2%; $P \leq 0,05$), многоплодию на 0,94 гол. (8,59%), массе гнезда при рождении на 2,04 кг (13,13%; $P \leq 0,05$), массе гнезда при отъеме на 7,31 (8,43%) и количеству поросят при отъеме на 0,78 гол. (6,75%) (таблица 21).

Таблица 21 – Результаты первого опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *PRLR*

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AB	11,08	0,38	9,00	13,00	11,82
BB	12,07*	0,28	9,00	18,00	15,33
Многоплодие, гол.					
AB	10,00	0,52	8,00	13,00	18,10
BB	10,94	0,35	8,00	15,00	19,65
Количество мертворожденных поросят, гол.					
AB	0,74	0,26	0,00	3,00	15,57
BB	1,04	0,17	0,00	5,00	11,13
Масса гнезда при рождении, кг					
AB	13,50	0,77	10,00	18,00	19,85
BB	15,54*	0,58	10,00	24,00	23,74
Крупноплодность, кг					
AB	1,38	0,06	0,77	1,55	16,90
BB	1,31	0,07	0,80	1,64	54,96

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при отъеме, гол.					
AB	10,77	0,60	8,00	14,00	20,11
BB	11,55	0,34	7,00	15,00	19,22
Масса гнезда при отъеме, кг					
AB	79,35	4,42	56,00	100,98	20,84
BB	86,66	3,08	49,60	134,40	23,07

* $P \leq 0,05$

Результаты второго опороса также показали, что наличие генотипа BB у свиноматок связано с лучшими воспроизводительными качествами. Достоверные различия были установлены по многоплодию и массе гнезда при рождении. Свиноматки генотипа BB, превосходили аналогов генотипа AB, по числу живых поросят при рождении на 0,91 гол. (7,40%; $P \leq 0,05$), массе гнезда при рождении на 1,44 кг (8,63%; $P \leq 0,05$), при отъеме на 5,21 кг (6,13%) (таблица 22) и по количеству поросят при отъеме на 1,11 гол. (9,63%). Коэффициенты вариации по количеству поросят при рождении и отъеме и по количеству мертворожденных поросят были ниже у свиноматок генотипа BB.

Таблица 22 – Результаты второго опороса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *PRLR*

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Cv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AB	13,43	0,53	11,00	18,00	14,82
BB	13,97	0,41	10,00	22,00	19,31
Многоплодие, гол.					
AB	12,30	0,39	10,00	14,00	11,63
BB	13,29*	0,32	8,00	18,00	16,04
Количество мертворожденных поросят, гол					
AB	0,76	0,32	0	4,00	17,63
BB	0,85	0,20	0	6,00	16,06
Масса гнезда при рождении, кг.					
AB	16,68	0,58	10,00	23,00	20,75
BB	18,12*	0,51	10,00	25,00	18,95

Крупноплодность, кг					
AB	1,38	0,04	0,91	1,64	12,59
BB	1,40	0,03	0,79	1,67	12,80
Количество поросят при отъеме, гол.					
AB	10,41*	0,45	7,00	14,00	17,96
BB	11,52	0,26	7,00	14,00	14,93
Масса гнезда при отъеме, кг					
AB	79,72	4,05	50,00	115,00	20,93
BB	84,93	2,25	51,40	115,30	17,81

* - $P \leq 0,05$

Анализ данных третьего опроса не показал достоверных различий по количеству поросят при рождении и многоплодию у свиноматок в зависимости от генотипов гена *PRLR* (таблица 23).

Таблица 23 – Результаты третьего опроса свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *PRLR*

Генотипы	M	m	Минимум	Максимум	Сv, %
Количество поросят при рождении, гол.					
AB	15,06	0,76	10,00	21,00	19,52
BB	14,52	0,39	10,00	23,00	18,52
Многоплодие, гол.					
AB	13,28	0,71	9,00	17,00	19,88
BB	13,53	0,34	9,00	19,00	16,70
Количество мертворожденных поросят, гол.					
AB	1,87	0,45	0	6,00	9,51
BB	0,98	0,21	0	7,00	14,69
Масса гнезда при рождении, гол.					
AB	17,28	0,43	12,00	24,00	22,86
BB	18,55*	0,53	11,00	26,00	19,37
Крупноплодность, кг					
AB	1,21	0,10	0,80	1,76	34,58
BB	1,37	0,03	0,78	1,64	12,98
Количество поросят при отъеме, гол.					
AB	10,93	0,34	8,00	13,00	11,63
BB	11,48	0,23	8,00	14,00	13,69
Масса гнезда при отъеме, кг					
AB	78,90	2,29	58,10	91,30	11,25
BB	82,46	1,92	51,70	112,80	15,78

* - $P \leq 0,05$

Можно отметить, что у свиноматок генотипа АВ присутствует некоторое превосходство по количеству поросят при рождении на 0,54 гол. (3,6%). По третьему опоросу минимальные значения у свиноматок генотипа АВ и ВВ по количеству поросят при рождении и многоплодию были одинаковые и составили 10 и 9 гол., соответственно. Максимальные показатели были выше у свиноматок генотипа ВВ, которые по количеству поросят при рождении достигали 23 гол., а по многоплодию 19 гол. Масса гнезда при рождении, также как и по первым двум опоросам, достоверно выше была у свиноматок генотипа ВВ на 1,27 кг (7,35%; $P \leq 0,05$).

Воспроизводительные качества свиноматок генотипа АВ и ВВ по трем опоросам представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы различных генотипов гена *PRLR* в среднем по трем опоросам

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

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

В целом по трем опоросам достоверные различия были определены по массе гнезда при рождении и количеству поросят при отъеме. У свиноматок генотипа ВВ 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 АВ.

Коэффициенты вариации у свиноматок генотипов АВ и ВВ по всем изучаемым признакам были ниже 15%, что свидетельствует о выравнивании признаков в популяции. Значимых различий по количеству поросят при рождении и многоплодию установлено не было, что, вероятно, связано с отсутствием особи генотипа АА гена *PRLR* в исследуемой популяции. Полученные нами данные при изучении влияния полиморфизма гена *PRLR* у свиней крупной белой породы показали сильный эффект генотипа ВВ на массу гнезда при рождении.

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

Применение ДНК-маркеров в системе племенного отбора позволит существенно улучшить воспроизводительные качества свиней, за счет чего могут быть получены дополнительные объемы продукции. На основании этого нами был проведен расчет эффективности желательных аллельных вариантов, при их сочетании в геноме. 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 25). 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).

Таблица 25 – Воспроизводительные качества свиноматок первой и второй групп по трем опоросам

Группа	n	M	m	Минимум	Максимум
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
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

** - $P \leq 0,01$

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 26). Характеристика

воспроизводительных качеств свиноматок по трем опоросам была представлена ранее в таблице 4.

Таблица 26 – 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.					
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 более высокую статистическую значимость и охватывает весь спектр наиболее значимых селекционных признаков, а именно количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении.

4.8. Экономическая эффективность

Применение ДНК-маркеров в системе племенного отбора позволит существенно улучшить воспроизводительные качества свиней. За счет чего могут быть получены дополнительные объемы продукции. На основании этого нами был проведен расчет экономической эффективности внедрения системы ген-зависимой селекции в ЗАО «Племзавод Юбилейный». 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. Продуктивные качества свиноматок первой и второй группы были представлены в таблице 25.

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. плем. 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.

Таблица 27 – Экономическая эффективность

Показатели	1-я группа	2-я группа
Получено поросят от 10 свиноматок за один опорос, гол.	130	121,9
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; всего (в т.ч. свинок / хрячков)	5630,7 (2712,6/2918,1)	5260,8 (2534,4/2726,4)
Выручка от реализации племолодняка, тыс. руб; всего (в т.ч. свинок/хрячков)	9042,0 (3699,0/5343,0)	8448,0 (3456,0/4992,0)
Прибыль, тыс. руб.	3411,3	3187,2

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что использование ДНК-диагностики в селекционной работе с чистопородными свиньями крупной белой породы позволяет повысить воспроизводительные качества свиноматок 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 2241000 руб.

4.9. Обсуждение результатов исследования

Для проведения исследований было выбрано поголовья свиней крупной белой породы, завезенное в племенное хозяйство РФ из Англии. По результатам трех опоросов была оценена их продуктивность. В качестве

изучаемых признаков выбраны количество поросят, количество живых поросят (многоплодие), масса гнезда и одного поросенка при рождении, количество поросят и масса гнезда при отъеме. Выбор изучаемых признаков основан на направлении селекционной работы в хозяйстве с этими животными.

Характеристика воспроизводительных признаков свиноматок, по результатам трех опоросов, показала высокий потенциал воспроизводительной продуктивности, так как количество рожденных поросят составляет более 13 гол. Многоплодие исследуемой группы свиноматок равнялось 11,9 гол., что не соответствует требованиям, предъявляемым к свиньям крупной белой породы (от 16.02.2016 изменения в правилах племенного животноводства). В данном случае следует отметить, что животные перенесли стресс, связанный с изменением окружающих условий в связи с переездом. Это обстоятельство существенным образом повлияло на результаты первого опороса (многоплодие 9,9 гол.), но в дальнейшем их продуктивность постепенно нарастала и по результатам второго и третьего опороса многоплодие составило 12,4 и 13,3 гол. соответственно.

По результатам молекулярно-генетических исследований были получены данные о генетической структуре поголовья на основе полиморфизма генов *ESR*, *LIF*, *PRLR*, *FSHb* и *LEP*. По всем генам были определены три генотипа, за исключением гена *PRLR*, у которого в исследуемой популяции отсутствовал один из гомозиготных генотипов.

Ген *ESR* один из первых генов-кандидатов, на который обратили внимание при изучении молекулярно-генетических механизмов формирования репродуктивных показателей свиноматок. Впервые связь между *PvuII*-полиморфизмом гена *ESR* и плодовитостью свиноматок породы мейшан установили M.Rothschild с соавторами (1998), которые сообщили о влиянии аллельного варианта В на количество поросят при рождении, составляющем 1,15 и 0,50 гол. по первому и последующим опоросам,

соответственно. Дальнейшие исследования показали эффект полиморфизма гена *ESR* на воспроизводительные качества свиней китайской селекции и крупной белой породы. Согласно литературным данным, эффект аллельного варианта В на количество поросят при рождении и многоплодие у свиней крупной белой породы составляет 0,3-0,8 гол. [187, 90]. Однако, при оценке влияния генотипов гена *ESR* на воспроизводительные показатели свиноматок результаты не всегда показывают достоверное влияние. M.J.Zhu с соавторами (2004) при изучении свиней породы Tongcheng определили наличие в популяции генотипов АВ и ВВ. Достоверных различий, связанных с генотипами гена *ESR*, в исследуемой группе свиней установлено не было, что вероятно связано с отсутствием гомозиготного генотипа АА, однако свиноматки ВВ, относительно аналогов генотипа АВ имели тенденцию к лучшим воспроизводительным показателям. Следует также отметить, что положительный эффект генотипа ВВ не всегда проявляется по результатам первого опороса. В работе Р. Humpolíček с соавторами [119] эффект генотипа ВВ на воспроизводительные качества свиноматок был установлен только по результатам второго опороса. Аналогичные результаты прослеживаются и в наших исследованиях. Достоверные различия воспроизводительных качеств у свиноматок различных генотипов гена *ESR* стали проявляться только ко второму опоросу и в дальнейшем, по результатам трех опоросов уже четко прослеживается положительный эффект генотипа ВВ на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении, который относительно генотипа АА, составил 0,83 гол. (6,06%; $P < 0,05$); 1,47 гол. (11,48%; $P < 0,05$) и 2,38 кг (13,33%; $P < 0,05$) и 3,93 кг (4,74%)

Полиморфизм гена *LEP* долгое время рассматривали только в качестве маркера откормочной и мясной продуктивности свиней. Однако в последнее время гормоны жировой ткани стали привлекать к себе внимания и как некоторые индикаторы репродуктивности у людей и сельскохозяйственных животных. Проведенные нами исследования, показали наличие значительного эффекта полиморфизма гена *LEP* на воспроизводительные

признаки свиноматок крупной белой породы. Аналогичные результаты были получены и другими учеными. При исследовании чистопородных свиной ландрас и йоркшир в тайской коммерческой популяции были получены результаты, свидетельствующие о положительном эффекте генотипа СС гена *LEP* на многоплодие свиноматок [196, 87, 92]. В работе А. Korwin-Kossakowska с соавторами [138] были получены данные о положительном влиянии генотипа СС на количество поросят при рождении и многоплодие свиноматок линии L990. Подобные результаты получены G. Hu с соавторами [119] при изучении репродуктивных качеств свиной породы ландрас английской селекции.

В наших исследованиях, достоверные различия по воспроизводительным качествам у свиноматок генотипов СС и ТТ проявились только в третьем опоросе. Подобные результаты были получены W. Chajęcka-Wierzchowska с соавторами [211], установившими достоверные различия воспроизводительной продуктивности у свиноматок генотипов СС и ТТ только по второму опоросу. Возможно, данные результаты связаны с особенностями функционирования лептина, связанные с возрастом животных. Так, в исследовании Е. Kikuchi и соавторами [136] проводилась оценка влияния лептина на рост фолликулов у незрелых и половозрелых самок мышей, и результаты показали, что механизмы воздействия лептина в этих случаях существенно отличаются.

При оценке эффекта полиморфизма гена *LEP* необходимо отметить тот факт, что несмотря на результаты, свидетельствующие о положительной связи генотипа СС с репродуктивными признаками свиноматок, во всех работах отмечается низкая частота генотипа СС. Возможно, это можно объяснить тем, что отбор свиноматок в основное стадо проводят после первого опороса, а как раз по первому опоросу эффект полиморфизма гена *LEP* не проявляется [133, 117]. Можно предположить, что существуют некоторые негативные связи генотипа СС, которые препятствуют повышению частоты гомозиготного генотипа СС у свиной. Н. Wang с

соавторами [210] провели работу по изучению связи между полиморфизмом гена *LEP* и возникновением фолликулярных кист. Данные, полученные в этих исследованиях, показали отсутствие такой связи [164, 168, 159].

Таким образом, исходя из того, что негативного влияния генотипа *СС* гена *LEP*, связанного с нарушением воспроизводительных функций свиноматок, на сегодняшний день не установлено, то на основании результатов, полученных в исследуемой популяции, в качестве желательного определен генотип *СС* гена *LEP*, эффект которого на количество поросят при рождении, многоплодие и массу гнезда при рождении в среднем по трем опоросам составил 1,06 гол. (7,49%; $P < 0,05$), 1,10 гол. (8,33%; $P < 0,05$) и 1,52 кг (8,60%; $P < 0,05$) соответственно.

Полученные нами результаты свидетельствуют о положительном влиянии генотипа *ВВ* гена *FHSb* на воспроизводительные качества свиноматок. Аналогичные результаты были получены и другими исследователями. В работе Y. Zhao с соавторами [213] свиноматки генотипа *ВВ*, относительно свиноматок генотипа *АА*, имели большее количество поросят при рождении и многоплодие на 2,53 и 2,12 гол. соответственно, по первому опоросу. В дальнейшем (2-ой и последующие опоросы) различия немного снизились и в среднем составляли 1,5 гол. В целом, исследования полиморфизма гена *FSHb* показывают положительный эффект генотипа *ВВ* на воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы, в тоже время у свиней породы ландрас практически отсутствует полиморфизм, а частота аллеля *В* составляет 98-100% [208]. Результаты, полученные F.E. Li с соавторами [150] на свиньях китайских пород, не показали влияния полиморфизма гена *FSHb* на репродуктивные показатели свиноматок, что авторы объясняют некоторыми генетическими особенностями, которые на данный момент изучаются.

В исследуемой нами выборке свиноматки крупной белой породы генотипа *ВВ* по гену *FSHb* превосходили 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 кг (10,37%; $P < 0,05$).

Ген *LIF* кодирует фактор, ингибирующий лейкемию, который играет важную роль в проживании эмбрионов (прикреплении к стенке матки). На основании функциональных особенностей полиморфизм гена стали тестировать в качестве генетического маркера воспроизводительных качеств.

При изучении свиноматок синтетической немецкой линии А. Spötter с соавторами [190], несмотря на низкую частоту аллеля А, установили положительное влияние генотипа АА на многоплодие свиноматок. В дальнейшем положительное влияние генотипа АА гена *LIF* было установлено и у свиноматок крупной белой пород и ландрас [190]. В работе М.А. Леоновой [41], при изучении свиней породы ландрас, представлены результаты, свидетельствующие о положительном эффекте генотипа АА гена *LIF* на воспроизводительные признаки свиней. Свиноматки породы ландрас линии Лорда генотипа АА, по сравнению с аналогами генотипа ВВ, имели большее количество поросят при рождении и многоплодие на 1,59 (12,3%, $P < 0,01$) и 1,12 гол. (9,0%, $P < 0,05$) соответственно. Достоверных различий по массе гнезда при рождении, в 21 день и отъеме установлено не было. В исследуемой нами популяции свиней крупной белой породы эффект генотипа АА, относительно генотипа ВВ, на количество поросят при рождении и многоплодие составил 1,16 гол. (8,96%; $P < 0,05$) и 0,78 гол. (6,34%; $P < 0,05$), соответственно.

Исследуя полиморфизм гена *PRLR*, мы не установили значимых различий по количеству поросят при рождении и многоплодию у свиноматок крупной белой породы. Вероятно, это связано с отсутствием генотипа АА гена *PRLR* в исследуемой популяции. Полученные нами данные при изучении влияния полиморфизма гена *PRLR* у свиней крупной белой породы показали сильный эффект генотипа ВВ на массу гнезда при рождении.

При изучении полиморфизма гена у свиней крупной белой породы А. Milczewska с соавторами [167] показали положительный эффект аллеля В,

где многоплодие и количество поросят до 21 дня, было выше у польских крупных белых свиноматок генотипа ВВ по сравнению со свиноматками других генотипов. Интересно отметить, что, основываясь на литературных данных, можно проследить дифференциацию желательных генотипов гена *PRLR*, связанную с породной принадлежностью свиней. Если для свиноматок КБ, как правило, желательным является генотип ВВ, то для свиноматок породы ландрас с лучшими воспроизводителями показателями связан генотип АА. Анализ свиней польский ландрас показал, что многоплодие свиноматок генотипа АА по первому опоросу составило 10,51 гол., тогда как свиноматки генотипа АВ и ВВ имели 10,44 и 10,16 гол соответственно [121]. Исследования, проведенные А.И. Толоконцевой [64] по гену *PRLR* на свиньях породы ландрас линии Символа в двух поколениях, показали, что наличие генотипа АА у свиноматок первого поколения, относительно аналогов генотипов АВ и ВВ, было связано с лучшими показателями по количеству поросят при рождении на 0,3 и 0,7 гол., соответственно.

Для решения вопроса, являются ли эти результаты частным случаем, связанным с различными условиями содержания, кормления, направлением селекции и т.д., или же они обусловлены генетическим профилем пород и могут быть рассмотрены в контексте генетической межпородной дифференциации, необходимо проводить дальнейшие исследования. Однако, данные полученные в нашей работе показывают, что существует статистическая значимая связь между полиморфизмом генов и воспроизводительными качествами свиней, что уже сегодня можно использовать в селекционной работе для ранней диагностики племенной ценности свиноматок.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5.1. 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 2241000 руб.

5.2. 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%.

5.3. 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 ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко, В.А. Роль комплекса полиморфных маркеров в характеристике генетического потенциала свиней / В.А. Адаменко. Дис...канд. биол. наук. – Дубровцы. - 2005. - 116 с.
2. Банникова, А.Д. Полиморфизм ДНК-маркеров, ассоциированных с воспроизводительными качествами, у свиней пород крупная белая и йоркшир / А.Д. Банникова. Автореф... канд. биол. наук. – Дубровицы. -2012. - 18 с.
3. Бараников, А.И. Кормление свиней / В.Я. Кавардаков, А.И. Бараников, А. Ф. Кайдалов – Ростов-на-Дону, Феникс. - 2006. - 512 с.
4. Бараников, А.И. Технология интенсивного животноводства / А.И. Бараников, В.Н. Приступа, Ю.А. Колосов, Н.В. Михайлов, О.Л. Третьякова // Учебник. – Ростов-на-Дону, Феникс. - 2008. – 602 с.
5. Богданов, Е.А. Как можно ускорить совершенствование и создание племенных стад и пород // Соч. – 3-е изд. – М.: Сельхозгиз, 1938. – С. 231.
6. Гетманцева, Л.В. Использование ДНК-маркеров в селекции свиней / Л.В. Гетманцева, Е.А. Карпенко, Д.В. Чекотин // Перспективное свиноводство: теория и практика. - 2012. - № 1. - С. 4.
7. Гетманцева, Л.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.
8. Гетманцева, Л.В. Влияние полиморфизма гена IGF-2 на откормочные и мясные качества свиней / Л.В. Гетманцева, О.Л. Третьякова, А.В. Радюк // Сборник научных трудов СевероКавказского

научно-исследовательского института животноводства. - 2014. - Т. 3. - № 1. - С. 22-26.

9. Гетманцева, Л.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.

10. Гетманцева, Л.В. Обзор SNP-маркеров, ассоциированных с признаками плодовитости свиней / Л.В. Гетманцева, О.В. Костюнина, М.А. Колосова // Свиноводство. - 2018. - №7. - С. 15-20.

11. Гетманцева, Л.В. Поиск генетических маркеров воспроизводительной продуктивности свиней / Л.В. Гетманцева, Н.Ф. Бакоев, О.В. Костюнина, С.Ю. Бакоев, А.В. Радюк // Материалы научно-практическая конференция с международным участием «Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции». - 2019.- С.215-216.

12. Горлов, И.Ф. Разработка прикладной программы индексной оценки племенных качеств животных / И.Ф. Горлов, О.Л. Третьякова, О.П. Шахбазова, Д.В. Николаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018 - №1(49) – С.176.

13. Гришина, Н.Б. Использование генетических маркеров в селекции свиней крупной белой породы в Сибири: дис. ... канд. биол. наук / Гришина Наталья Борисовна. – Новосибирск, 2008. – 147 с.

14. Давидсон, Х.Р. Свиноводство. – М.: Иностранная литература, 1956. – 349 с.

15. Дарвин, Ч. Изменение животных и растений в одомашненном состоянии / Ч. Дарвин // Сельхозгиз., М., 1939.

16. Дойлидов, В.А. Использование маркер-зависимой селекции в повышении хозяйственно-полезных признаков свиней пород белорусской

селекции /В.А. Дойлидов, Д.А. Каспирович, А.Д. Банникова, О. В. Костюнина // Новые направления в решении проблем АПК на основе современных ресурсосберегающих инновационных технологий: материалы международной научно-практической конференции. 2011. - Владикавказ. - Горский ГАУ. - 2011. - С.133-135.

17. Долматова, А.В. Использование ДНК-полиморфизма в селекции свиней / А.В. Долматова, Е.Н. Сковородин // Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы интенсификации производства свинины в странах СНГ». -Ульяновск. 2010. – С. 138–143.

18. Друшляк, Н.Г. Использование генетических маркеров в свиноводстве / Н.Г. Друшляк // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2014. - № 6. – С. 65-67.

19. Дука, О.Н. Использование высокопродуктивных генетических ресурсов отечественной и зарубежной селекции /О.Н. Дука// Материалы научно-производственной конференции. РИПКА. –Новочеркасск. 2009. – С. 51-53.

20. Завадовский, Н.Н. По вопросу о племенном свиноводстве в связи с начинающимся экспортом бекона в Англию // Жизнь и знание. – 1926. – С. 21.

21. Зиновьева, Н.А. Полиморфизм генов, ассоциированных с локусами количественных признаков, у кабана (*Sus scrofa* L.), обитающего на территории России / Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, А.В. Экономов, М.С. Шевнина, И.А. Домский, Е.А. Гладырь, Г. Брем // Сельскохозяйственная биология. - 2013. - № 2. - С. 77-82.

22. Зиновьева, Н.А. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Е.А. Гладырь // Зоотехния. -2010.- №1.-С.8-10.

23. Иванов, М.Ф. Полное собрание сочинений в 7 т. – М.: Колос, 1963.

24. Кахикалов, В.Г. Разведение животных / В.Г. Кахикало, В.Н. Лазаренко, Н.Г. Фенченко, О.В. Назарченко // Лань. – 2014. – 447 с.
25. Кисловский, Д.А. Разведение с.-х. животных / Д.А. Кисловский - М.: Сельхозгиз, 1951. - 56 с.
26. Клименко, А.И. 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.
27. Колосов, А.Ю. Многоплодие гибридных свиноматок F1 различных генотипов гена ESR1 / А.Ю. Колосов, М.А. Леонова, А.В. Радюк, Е.А. Романец, Л.В. Гетманцева // Свиноводство.- 2017.- № 5. -С. 25-26.
28. Колосова, М.А. Влияние полиморфизма гена лептина на воспроизводительные признаки свиней крупной белой породы / М.А. Колосова, Л.В. Гетманцева, А.Ю. Колосов, А.В. Радюк, С.Ю. Бакоев, А.В. Усатов // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции». -2017. -С.21-22.
29. Коновал, О.Н. Исследования полиморфизма свиней крупной белой породы по генам хозяйственно-полезных признаков / О.Н. Коновал, С.А. Костенко, К. Билек, Ж. Филкукова // Наукові доповіді НАУ. - 2008.- №1 (9).- С.10-13.
30. Кононенко, С.И. Использование ДНК-диагностики в селекции свиней / С.И. Кононенко, В.В. Семенов, Л.Н. Чижова // Сборник научных трудов Северо-Кавказского НИИ животноводства. – 2012. – Т. 1. - №1. – С. 138 -142.
31. Костюнина, О.В. Влияние комплексного генотипа по ДНК-маркерам на воспроизводительные качества свиней крупной белой

породы / О.В. Костюнина, А.Д. Банникова, Н.А. Зиновьева, Е.А. Гладырь // Проблемы биологии продуктивных животных. - 2011. - № 1. - С.38-41.

32. Костюнина, О.В. Селекция на основе ДНК-технологий / О.В. Костюнина, Н.А. Зиновьева, А.Н. Левитченков, А. Гоголев // Журнал «Животноводство России». - 2008. -№4. - С.39-43.

33. Кравченко, Н.А. Племенной подбор - М., 1957. 398 с.

34. Кравченко, Н.А. Разведение сельскохозяйственных животных - М.: Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1963. — 212 с.

35. Кузнецов, В.А. Творческий и научный путь Антона Александровича Малигонова / В.А. Кузнецов // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – 81 (07).

36. Кузнецов, В.А. Творческий и научный путь Антона Александровича Малигонова / В.А. Кузнецов // Научный журнал КубГАУ. - 2012. - 76 (2).

37. Кулешов, П.Н. Избранные работы. – М.: Сельхозиздат, 1949. –215 с.

38. Кулешов, П.Н. Теоретические работы по племенному животноводству. – М.: Сельхозиздат, 1957. –223 с.

39. Кунаева, Е.К. Разработка и применение аналитической системы диагностики маркерных генов плодовитости свиней / Е.К. Кунаева. Дис...канд. биол. наук. – 2007. – 120 с.

40. Левиашвили, М.М. Лейкемия-ингибирующий фактор и рецептивность эндометрия / М.М. Левиашвили, Н.Г. Мишиева, Т.А. Назаренко, Е.А. Коган // Проблемы репродукции. - 2012. - №3. - С. 17-21.

41. Леонова, М.А. Влияние генов лейкемия-ингибирующего фактора (LIF) и эстрогенного 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.

42. Леонова, М.А. 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.56-61.

43. Леонова, М.А. Роль гена пролактина и его рецептора в формировании признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева, А.В. Усатов // Генетика и разведение животных. - 2014. - № 4. - С. 37-39.

44. Лисицова, С.А. Идентификация генов продуктивности свиней / С.А. Лисицова, И.М. Чернуха, М.В. Радченко, О.А. Шалимова // Сборник научных трудов VII конференции молодых учёных и специалистов НИИ Отделения хранения и переработки с.-х. продукции Россельхозакадемии. ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии, Россельхозакадемия. – М., 2013. – С. 239-243.

45. Лискун, Е.Ф. Избранные труды./Е.Ф. Лискун// Сельхозгиз.- М., 1961. – С. 534

46. Лобан, Н.А. Эффективность использования методов молекулярной генной диагностики в отечественном свиноводстве / Н.А. Лобан, Д.А. Чернов // Генетика и биотехнология XXI века. Фундаментальные и прикладные аспекты: материалы международной научной конференции. - Минск: Изд. центр БГУ. - 2008. - С.194-197.

47. Лэсли, Д.Ф. Генетические основы селекции с.-х. животных // (Перевод с английского и предисловие Д.В. Карликова) - М.: Колос, 1982. –391 с.

48. Максимов, А.Г. Генотипы по генам FSHB, PRLP, MC4R и продуктивность свиноматок / А.Г. Максимов, Л.В. Гетманцева, Г.В. Максимов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2017. - №7. – С. 82-91.

49. Максимов, А.Г. Генотипы по генам FSHB, PRLP, MC4R и продуктивность свиноматок / А.Г. Максимов, Г.В. Максимов, Л.В. Гетманцева // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. - 2017. - № 7. - С. 82-91.
50. Максимов, Г.В. Продуктивность синей крупной белой породы при чистопородном разведении и скрещивании / Г.В. Максимов, Е.Ю. Гулько, А.Г. Максимов, Н.Н. Смирнов // Аграрная наука. - 2012. - №3. - С. 22-23.
51. Максимов, Г.В. Сравнительная оценка воспроизводительных качеств свиноматок различных генотипов / Г.В. Максимов, О.Н. Полозюк, И.А. Житник // Свиноводство. – 2010 - №3. – С.8-9.
52. Малигонов, А.А. К вопросу о принципах селекции животных // Хозяйство. – Киев, 1913. – С.30.
53. Мамонтов, С.Н. Разработка современных методов селекции свиней в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» / С.Н. Мамонтов, Л.В. Гетманцева, М.А. Леонова, О.Л. Третьякова, А.Ю. Колосов, С.Ю. Бакоев // Свиноводство. - 2015. - № 5. - С. 35-37.
54. Межевикина, Л.М. Роль лейкемия ингибирующего фактора в процессах роста и дифференцировки эмбриональных стволовых клеток и в раннем эмбриогенезе / Л.М. Межевикина. Автореф. дис... доктора биолог. наук. Пущино. - 2011. - 45 с.
55. Михайлов, Н.В. Нужно ли завозить в Россию импортных свиней / Н.В. Михайлов, Н.Т. Мамонтов, В.Н. Шарнин // Свиноводство. – 2010. - №1. - С. 14-16.
56. Михайлов, Н.В. Причины мертворожденности поросят / Н.В. Михайлов, Л.В. Гетманцева // Свиноводство.- 2012.- № 6.- С. 66-67.
57. Полозюк, О.Н. Гены-маркеры, влияющие на продуктивность свиней / О.Н. Полозюк, Г.В. Максимов, Л.В. Гетманцева, Е.М. Бублик // Свиноводство. - 2014. - № 4. - С. 35-36.

58. Полозюк, О.Н. Теоретическое обоснование и практическое использование ДНК-генотипирования в селекции свиней. / О.Н. Полозюк. Автореферат дис... степени доктора биологических наук - 2013. - 49 с.

59. Радюк, А.В. ДНК-маркеры для создания специализированных линий свиней / А.В. Радюк, М.А. Леонова, Л.В. Гетманцева // Материалы IX международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы». - 2017. - С. 531-533.

60. Свиначев, И.Ю. Взаимосвязь полиморфизма генов PRLR и MC4R с селекционным индексом воспроизводительных качеств свиней / И.Ю. Свиначев, Л.В. Гетманцева, С.А. Аксененко, А.В. Шевченко // Свиноводство. - 2017. - № 8. - С. 11-15.

61. Свиначев, И.Ю. Селекционные и технологические аспекты интенсификации свиноводства / И.Ю. Свиначев. Дис...доктора сельскохозяйственных наук –Персиановский. - 2015. - 396 с.

62. Селионова, М.И. Применение молекулярно-генетических тестов в свиноводстве / М.И. Селионова, Л.Н. Чижова, А.В. Скокова // Сборник евразийской научно-практической конференции «Инновационные агробиотехнологии в животноводстве и ветеринарной медицине». Санкт-Петербург. -2015. - С. 127-131.

63. Солбриг, О. Популяционная биология и эволюция / О. Солбриг, Д. Солбриг - М.: Мир, 1982. – С.448.

64. Толоконцева, А.В. Породные ресурсы свиней йоркшир, ландрас, дюрок канадской селекции и эффективность их использования в системах гибридизации / А.В. Толоконцева. Дис... доктора сельскохозяйственных наук. Лесные поляны. 2012. 386 с.

65. Третьякова, О.Л. Оценка воспроизводительного фитнеса хряков-производителей / О.Л. Третьякова, Л.В. Гетманцева, Н.В. Широкова // Ветеринарная патология. - 2014. - № 3-4 (49-50). - С. 91-97.

66. Третьякова, О.Л. Корреляционные связи между признаками воспроизводительного фитнеса / О.Л. Третьякова // Вестник ветеринарии. - 2000. - №16. - С. 47-49.

67. Федоренко, В.Ф. Передовые практики в отечественном племенном животноводстве / В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишуров, Т.Н. Кузьмина, А.И. Тихомиров, С.В. Гуськова, И.Ю. Свиначев, В.А. Бекенев, Ю.А. Колосов, В.И. Фролова, И.В. Большакова // Научный аналитический обзор. - 2018. - 72 с.

68. Шейко, И.П. Разработка методов молекулярной генной диагностики и их использование в свиноводстве Беларуси / И.П. Шейко, Н.А. Лобан, О.Я. Василюк // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2005. – №1. – С.62-66.

69. Шмальгаузен, И.И. Пути и закономерности эволюционного процесса / И.И. Шмальгаузен// - М.; Л.: Изд-во АН СССР.- 1939. -231 с.

70. Шмальгаузен, И.И. Факторы эволюции / И.И. Шмальгаузен. - М.: Наука, 1968. - 451 с.

71. Эрнст, Л.К. Биологические проблемы животноводства в XXI веке / Л.К. Эрнст, Н.А. Зиновьева. – М: РАСХН. - 2008. -14 с.

72. Эрнст, Л.К. Племенное дело в животноводстве / Л.К. Эрнст, Н.А. Кравченко, А.П. Солдатов - М.: Агропромиздат, 1987. - 287 с.

73. Ahmed, S.A. Genetic characterization of FSH beta-subunit gene and its association with buffalo fertility / S.A. Ahmed Sosa, M.M. Mohamed Kandiel, Gh Karima M. Mahmoud , A.A. Hazem Eldebaky , F. Mahmoud Nawito, E.A. Mahmoud // Asian Pacific Journal of Reproduction. - 2017. - 6(5): 193-196.

74. Balcells, I. Analysis of porcine MUC4 gene as a candidate gene for prolificacy QTL on SSC13 in an Iberian × Meishan F2 population./I. Balcells, A. Castelló, A. Mercadé, J.L. Noguera, A. Fernández-Rodríguez, A. Sánchez, A. Tomàs// BMC Genet. 2011 Oct 31. - 12: 93.

75. Barreras Serrano, A. Prolactin Receptor (PRLR) Gen Polymorphism and Associations with Reproductive Traits in Pigs / A. Barreras Serrano, J.G. Herrera Haro, S. Hori-Oshima // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. - 2009. - 8: 469-475.
76. Bauer, M. Association of HinfI polymorphism in the leptin gene with production traits in white improved pig breed / M. Bauer, A. Bábelová, R. Omelka, M. Bauerová // *Slovak J. Anim. Sci.* 2006. 39 (3): 119-122.
77. Bergstrom, J. R. 2011. Effects of birth weight, finishing feeder design, and dietary astaxanthin and ractopamine HCl on the growth, carcass, and pork quality characteristics of pigs; and meta-analyses to improve the prediction of pork fat quality [PhD dissertation]. Manhattan (KS): Kansas State University.
78. Brenig, B. Genetic engineering approaches to pig production / B. Brenig, G. Brem // *Reprod. Domest. Anim.* - 1991. - 26: 14-21.
79. Bruengger, A. Androgen and estrogen effect on guinea pig seminal vesicle muscle: a combined stereological and biochemical study / A. Bruengger, A. Mariotti, H.P. Rohr, G. Bartsch, W. Stahel, P. Wiederkehr, S.W. Carmichael, M.G. Mawhinney // *Prostate* - 1986. - 9: 303–310.
80. Bubnov, R.V. High regenerative capacity of the liver and irreversible injury of male reproductive system in carbon tetrachloride-induced liver fibrosis rat model / R.V. Bubnov, M.V. Drahulian, P.V. Buchek, T.P. Gulko // *EPMA Journal*. - 2018. - 9 (1): 59-75.
81. Budak, E. Interactions of the hormones leptin, ghrelin, adiponectin, resistin, and PYY3-36 with the reproductive system / E. Budak, M. Fernández Sánchez, J. Bellver, A. Cerveró, C. Simón, A. Pellicer // *Fertil Steril*. -2006. - 85(6): 1563-81.
82. Cardenas, H. Control of ovulation rate in swine / H. Cardenas, W.F. Pope. // *J. Animal Science*. – 2002. - 80 (1): 36-37.
83. Carraway KL, Idris N. Regulation of sialomucin complex/Muc4 in the female rat reproductive tract./ K.L.Carraway, N. Idris // *Biochem Soc Trans*. - 2001.- 29:162–166.

84. Cassady, J.P. Heterosis and recombination effects on pig reproductive traits / J.P. Cassady, L.D. Young, K.A. Leymaster // *J Anim Sci.* - 2002; 80: 2303-2315.
85. Cavalcante Neto, A. Estimation models of variance components for farrowing interval in swine / A. Cavalcante Neto, J.F. Lui, J.L.R. Sarmento, M.N.Ribeiro, J. M. C. Monteiro, C. Fonseca // *Braz. Arch. Biol. Technol.* = 2009. - 52: 69-76.
86. Chang, C.Y. MUC4 gene polymorphisms associate with endometriosis development and endometriosis-related infertility / C.Y. Chang, H.W. Chang, C.M. Chen, C.Y. Lin, C.P. Chen, C.H. Lai, W.Y. Lin, H.P. Liu, J.J. Sheu, F.J. Tsai // *BMC Med.* 2011.- 9:19.
87. Chehab, F. F. Correction of the sterility defect in obese female mice by treatment with the human recombinant leptin / F.F. Chehab, M.E. Lim, R.Li // *Nat. Genet.* -1996. - 12: 318-320.
88. Chen, C.C. Genetic polymorphisms in porcine leptin gene and their association with reproduction and production traits / C.C. Chen, T. Chang, H.-Y. Su // *Austr J Agric Res.* - 2004. - 55: 699-704.
89. Chen, K.F. The combined genotypes effect of ESR and FSH beta genes on litter size traits in five different pig breeds / K.F. Chen, N. Li, L.S. Huang, Q. Zhang, J.S. Zhang, S.Q. Sun, M. Luo, C.X. Wu // *Chinese Sci Bull.* - 2001. - 46: 140-143.
90. Chen, K.F., The genetic effect of estrogen receptor (ESR1) on litter size traits in pig / K.F. Chen, L.S. Huang, N. Li, Q. Zhang, M. Luo, C.X. Wu // *Acta Genetica Sinica.*- 2000. - 27 (10): 853-857 (in Chinese with an English abstract).
91. Chvojková, Z. Changes in Reproductive Traits of Large White Pigs after Estrogen Receptor Gene-based Selection in Slovakia: Preliminary Results / Z. Chvojková, S. Hraška // *Anim. Sci.* - 2008 - 21 (3): 320-324.
92. Cortés, O. Conservation priorities of Iberoamerican pig breeds and their ancestors based on microsatellite information / O. Cortés, A.M. Martinez,

J. Cañon, N. Sevane, L.T. Gama, C. Ginja, V. Landi, P. Zaragoza, N. Carolino, A. Vicente, P. Sponenberg, J.V. Delgado // *Heredity*. - 2016. - 117: 14-24.

93. Crisà, A.D. SNPs identification in swine leptin 5' flanking region and transcriptional activity of naturally occurring promoter haplotypes / A.D. Crisà, M. D'Andrea, D. Willems, F. Pilla and A. Valentini // *Ital. J. Anim. Sci.* - 2011. - 10: e49.

94. Dekker, J.J. The MUC family: an obituary./J.J. Dekker, W. Rossen, H.A. Büller, A.W. Einerhand // *Trends Biochem Sci.* - 2002.- 27:126-131.

95. Dekkers, J.C.M. Marker-assisted selection for commercial crossbred performance / J.C.M. Dekkers // *J. Anim. Sci.* - 2007. - 85: 2104-2114.

96. Dekkers, J.C.M. Prediction of response to marker-assisted and genomic selection using selection index theory / J.C.M. Dekkers // *Animal breeding and genetics.* - 2007. - 124(6): 331-341.

97. Dierich, A. Impairing follicle-stimulating hormone (FSH) signaling in vivo: targeted disruption of the FSH receptor leads to aberrant gametogenesis and hormonal imbalance / A. Dierich, M.R. Sairam, L. Monaco, G.M. Fimia, A. Gunsmuller, M. LeMeur, P. Sassoni-Corsi // *Proc. Natl. Acad. Sci. – USA.* - 1998. - 95: 13612-13617.

98. Do, D.N. Genetic parameters for different measures of feed efficiency and related traits in boars of three pig breeds / D.N. Do, A.B. Strathe, J. Jensen, T. Mark, H.N. Kadarmideen // *J. Anim. Sci.* - 2013. - 91: 4069-4079.

99. Dobzhansky, Th. Evolution in the tropics // *Amer. Sci.* -1950. - 38 (2): 209–221.

100. Drahulian, M. Genetic polymorphism of pigs (*Sus Scrofa domestica*) of Ukrainian Meat and Welsh breeds according to cyto- and molecular-genetic markers / M. Drahulian, T. Dorosch, S. Kostenko, O. Sydorenko // *Congress of Cytopathology.* – 2018. – 10: 13.

101. Edfors-Lilja, I. The porcine intestinal receptor for *Escherichia coli* K88ab, K88ac: regional localization on chromosome 13 and influence of IgG response to the K88 antigen./I. Edfors-Lilja,U. Gustafsson,Y. Duval-Iah, H.

Ellergren, M. Johansson, R.K. Juneja, L. Marklund, L. Andersson // *Anim Genet.* -1995.-16:237–242

102. Egerszegi, I. Mangalica - an indigenous swine breed from Hungary (Review) / I. Egerszegi, J. Ratky, L. Solti and K.P. Brussow // *Arch Tierz Dummerstorf.* - 2003. - 46 (3): 245-256.

103. Engblom, L. Genetic analysis of sow longevity and sow lifetime reproductive traits using censored data / L. Engblom, J.A. Calderón Díaz, M. Nikkilä, K. Gray, P. Harms, J. Fix, S. Tsuruta, J. Mabry, K. Stalder // *J Anim Breed Genet.* – 2016. - 133(2): 138-144.

104. Fairbrother, J.M. Escherichia coli in postweaning diarrhea in pigs: an update on bacterial types, pathogenesis, and prevention strategies. /J.M. Fairbrother, E. Nadeau ,C.L. Gyles // *Anim Health Res Rev.* -2005.- 6: 17-39.

105. Ferrell, A.D. Sialomucin complex (Muc4) expression in porcine endometrium during the oestrous cycle and early pregnancy /A.D. Ferrell, J.R. Malayer, K.L. Carraway, R.D. Geisert // *Reprod Domest Anim.* - 2003.- 38: 63-65.

106. Fix, J.S. Effect of piglet birth weight on body weight, growth, backfat, and longissimus muscle area of commercial market swine / J.S. Fix, J.P. Cassidy, W.O. Herring, J.W. Holl, M.S. Culbertson, M.T. See // *Livest. Sci.* - 2010. - 127: 51-59.

107. García-Flórez, M. Early effects of estrogen on the rat ventral prostate / M. García-Flórez, C.A. Oliveira, H.F. Carvalho // *Braz J Med Biol Res.* - 2005. - 38(04): 487-497.

108. Garcia-Galiano, D. Role of the adipocyte-derived hormone leptin in reproductive control / D. Garcia-Galiano, S.J. Allen, C.F. Elias // *Horm. Mol. Biol. Clin. Investig.* - 2014. - 19: 141-149.

109. Getmantseva, L. Polymorphism in obesity – related leptin gene and its association with reproductive traits of sows / L. Getmantseva, A. Kolosov, M. Leonova, S. Bakoev, A. Klimenko, A. Usatov, A. Radyuk, V. Vaselenko, M.

Makarenko, N. Bakoev // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. - 2017. - 23 (5): 848–855.

110. Getmantseva, L. Polymorphisms in Several Porcine Genes are Associated with Growth Traits/ Lyubov Getmantseva, Anatoly Kolosov, Maria Leonova, Siroj Bakoev, Aleksander Klimenko, Vyacheslav Vasilenko and Anastasia Radyuk // *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*.- 2016. – 11 (4): 136-141.

111. Getmantseva, L.V. Influence of MUC4/XbaI Gene Polymorphism on Reproductive Traits of Pigs / L.V. Getmantseva, A.I. Klimenko, A.V. Usatov, A.Yu. Kolosov, G.V. Maksimov, O.L. Tretyakova, T.N. Derezhina, R.G. Aliyev, N.V. Shirockova, N.V. Karagodina, M.A. Leonova, S.Yu. Bakoev // *Global Veterinaria*. - 2014. - 13(3): 325-327.

112. Gruhot, T.R. An economic analysis of sow retention in a United States breed-to-wean system / T.R. Gruhot, J.A. Calderón Díaz, T.J. Baas // *J Swine Health Prod*. - 2017. - 25(5): 238–246.

113. Haldane, J. B. S. The theory of natural selection today // *Nature*. - 1959. - 183(4663): 710-713.

114. Hermesch, S. Economic weights for performance and survival traits of growing pigs / S. Hermesch, C.I. Ludemann, P.R. Amer // *J. Anim. Sci*. - 2014. - 92: 5358-5366.

115. Hong, J.K. Genetic association between sow longevity and social genetic effects on growth in pigs / J.K. Hong, Y.M. Kim, K.H. Cho, E.S. Cho, D.H. Lee, T.J. Choi // *Asian-Australas J Anim Sci*. – 2019. - 32(8):1077-1083.

116. Hou, Y.G. Polymorphism analysis of NCOA1 gene in pigs by PCR-RFLP / Y.G. Hou, S.Q. Yan, X.B. He, M.M. Bai, T.L. Sun, M.M. Wu, J.H. Sun // *Agricultural Science & Technology*. - 2010. – 11 (3): 50-51.

117. Houseknecht, K.L. The biology of leptin: A review / K.L. Houseknecht, C.A. Baile, R.L. Matteri, M.E. Spurlock // *J. Anim. Sci*. – 1998. – 76: 1405-1420.

118. Hu, H. The Association Analysis Between 4 Major Genes and Reproductive Traits in British Landrace Pigs / H. Hu, Q. Jia, S. Hou, J. Liu, S. Zhao, X. Li, W. Zhag, S. Li, G. Wang // *China animal husbandry & Veterenaru medicine*. - 2017. - 44 (4): 1087-1094.
119. Hu, H. The association analysis between 4 major genes and reproductive traits in British Landrace Pigs / H. Hu, Q. Jia, S. Hou, J. Liu, S. Zhao, X. Li, W. Zhag, S. Li, G. Wang // *China Animal Husbandry & Veterenaru Medicine* 2017. 44 (4): 1087-1094.
120. Hu, Y. Identification and genetic effects of a novel polymorphism in the distal promoter region of porcine leptin gene / D. Liu, Y. Hu, X. Yang, Y. Liu, S. Wei, Y. Jiang // *Mol Biol Rep*. - 2011. - 38(3): 2051-2057.
121. Humpolíček, P. Effect of the Estrogen Receptor, the Follicle Stimulating Hormone and the Myogenin Genes on the Large White Sows' Performances / P. Humpolíček, T. Urban, V. Matoušek, Z. Tvrdoň // *Czech J. Anim. Sci.* – 2007. - 52 (10): 334–340.
122. Humpolicek, P. Interaction of ESR1 gene with the FSHB and MYOG genes: effect on the reproduction and growth in pigs / P. Humpolicek, Z. Tvrdon, T. Urban // *Animal Science Papers and Reports*. – 2009. – 27(2): 105-113.
123. Hunyadi-Bagi, A. Association and polymorphism study of seven candidate genes with reproductive traits in three pig breeds in Hungary / A. Hunyadi-Bagi, P. Balogh, K. Nagy, S. Kusza // *Acta Biochim Pol.* - 2016. - 63(2): 359-364.
124. Ibáñez-Escriche, N. Genetic evaluation combining purebred and crossbred data in pig breeding scheme / N. Ibáñez-Escriche, J. Reixach, N. Lleonart, J.L. Noguera // *J. Anim. Sci.* - 2011. - 89: 3881-3889.
125. Isler, M.L. Rediscovery of a cryptic species and description of a new subspecies in the *Myrmeciza hemimelaena* complex (Thamnophilidae) of the Neotropics / M.L. Isler, A.J. Álvarez, P.R. Isler, T. Valqui, A. Begazo, B.M. Whitney // *The Auk*.-2002.- 119: 362–378.

126. Iversen, M.W. Effects of heterozygosity on performance of purebred and crossbred pigs / M.W. Iversen, O. Nordbø, E. Gjerlaug-Enger // *Genet Sel Evol.* - 2019. - 51(8).
127. Iversen, M.W. Including crossbreds in the genomic relationship matrix through utilization of both linkage disequilibrium and linkage analysis / M.W. Iversen, Ø. Nordbø, E. Gjerlaug-Enger, E. Grindflek, M.S. Lopes, T.H.E. Meuwissen // *J Anim Sci.* – 2017. - 95: 5197–207.
128. Iversen, M.W. Utilizing heterozygosity when predicting performance in various crosses of pigs / M.W. Iversen, Ø. Nordbø, E. Gjerlaug-Enger, E. Grindflek, T. Meuwissen // In: *Proceedings of the 11th world congress on genetics applied to livestock production.* Auckland. - 2018.
129. Jiang, K. The increased expression of follicle-stimulating hormone leads to a decrease of fecundity in transgenic Large White female pigs / K. Jiang, P. Xu, W. Li, Q. Yang, L. Li, C. Qiao, H. Gong, H. Zheng, Z. Zhou, H. Fu, Q. Li, Y. Xing // *Transgenic Res.* – 2017. - 26(4): 515-527.
130. Jiang, Y. Prevention of constitutive TNF receptor 1 signaling by silencer of death domains / Y. Jiang, J.D. Woronicz, W. Liu, D.V. Goeddel // *Science.* - 1999. – 283: 543-546.
131. Jørgensen, C.B. Linkage and comparative mapping of the locus controlling susceptibility towards *E. coli* F4ab/ac diarrhoea in pigs / C.B. Jørgensen, S. Cirera, S.I. Anderson, A.L. Archibald, T. Raudsepp, B. Chowdhary, I. Edfors-Lilja, L. Andersson, M. Fredholm // *Cytogenet Genome Res.* - 2003.- 102:157–162.
132. Jørgensen, C.B. Porcine polymorphisms and methods for detecting them. International application patent cooperation treaty (PCT) / C.B. Jørgensen, S. Cirera, A.L. Archibald, L. Anderson, M. Fredholm, I. Edfors-Lilja. - 2004. - PCT/DK2003/000807.
133. Jourquin, J. Pigs at risk: birth weight impact on survivability and days to market / J. Jourquin, J. Morales, C.D. Bokenkroger // *International Pig Veterinary Society Belgium Regional Meeting.* - 2015. (Poster 5).

134. Kabalin, A.E. Analysis of ESR and RBP polymorphisms in black Slavonian sows: preliminary results / A. E. Kabalin, K. Starcevic, S. Mencik, M. Mauric, V. Susic, I. Štokovic // International Symposium on the Mediterranean Pig, Slovenia, Ljubljana.- 2013.- 8.
135. Kennes, Y.M. Characterization of swine leptin (LEP) polymorphisms and their association with production traits/ Y.M. Kennes, B.D. Murphy, F. Pothier and M.-F. Palin// Anim. Genet., - 2001. 32: 215–218.
136. Kikuchi, N. Inhibitory Action of Leptin on Early Follicular Growth Differs in Immature and Adult Female Mice / N. Kikuchi, A. Kazumichi, A. Yumiko, Y. Kiyohiko, M. Hideki, I. Yoshito // Biology of Reproduction. 2001. 65(1) 66–71.
137. Klimenko, A. Effect of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia / A. Klimenko, A. Usatov, L. Getmantseva, Yu. Kolosov, O. Tretyakova, S. Bakoev, O. Kostjunina and N. Zinovieva // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. - 2014 9(2). - 232-237.
138. Kmiec, M., Polymorphism in the PRLR/AluI gene and its effect on litter size in Large White sows / M. Kmiec, A. Terman // Animal Science Papers and Reports. – 2004. - 22 (4): 523-552.
139. Kokko, H. The sexual selection continuum / H. Kokko, R. Brooks, J. M. McNamara, A.I. Houston // Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences. - 2002. – 269(1498): 1331-1340.
140. Korach, KS. Induction mammary gland development in estrogen receptor-alpha knockout mice / KS. Korach // Endocrinology. – 2000. - 141: 2982-2994.
141. Korwin-Kossakowska, A. The effect of the polymorphism of leptin (LEP), leptin receptor (LEPR) and osteopontin (OPN) genes on selected reproduction traits of synthetic Line 990 sows / A. Korwin-Kossakowska, M. Kamyczek, D. Cieslak, M. Pierzchala, J. Kurył // Anim Sci Pap Rep. - 2002. - 20: 159-168.

142. Koscinski, I. MUC4 gene polymorphism and expression in women with implantation failure / I. Koscinski, S. Viville, N. Porchet, A. Bernigaud, F. Escande, A. Defossez, M.P. Buisine // *Hum Reprod.* - 2006. - 21:2238–2245.

143. Kostenko, S. Genetic polymorphism of pigs (*Sus Scrofa domestica*) of Ukrainian Meat and Welsh breeds according to cyto- and molecular-genetic markers / S. Kostenko, M. Drahulian, T. Dorosch, O. Sydorenko // *Congress of Cytopathology, Madrid, Spain.* - 2018.

144. Králícková, M. Leukemia inhibitory factor gene mutations in the population of infertile women are not restricted to nulligravid patient / M. Králícková, R. Šíma, P. Šíma, Z. Rokyta // *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.* - 2006. – 127: 231-235.

145. Kuiper, GGJM. Cloning of a novel estrogen receptor expressed in rat prostate and ovary / GGJM. Kuiper, E. Enmark, M. Peltö-Huikko, S. Nilsson, J-A. Gustafsson // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA.* 1996 – 93: 5925–5930.

146. Kuiper, GGJM. Comparison of the ligand binding specificity and transcript tissue distribution of estrogen receptors alpha and beta / GGJM. Kuiper, B. Carlsson, K. Grandien, E. Enmark, J. Haggblad, S. Nilsson, J-A. Gustafsson // *Endocrinology.* – 1997. - 138: 863–870.

147. Kulig, J. Influence of a complementary treatment with oral enzymes on patients with colorectal cancers – an epidemiological retrospective cohort study / J. Kulig, T. Popiela, J. Hanisch, P.R. Bock // *Cancer Chemotherapy and Pharmacology.* - 2001. - 47: S55–S63.

148. Kunová, S. Detection of leptin in muscle tissues and organs of pigs / S. Kunová, M. Kačániová, J. Čuboň // *J. of Microbiology, Biotechnology and Food Sci.* – 2015 (4): 66-69.

149. Lemus-Flores, C. Genetic diversity and variation of ESR, RBP4 and FUT1 genes in Mexican Creole and Yorkshire pig populations / C. Lemus-Flores, K. Mejia-Martinez, J.G. Rodriguez-Carpena, A. Barreras-Serrano, J.G.

Herrera-Haro, R. Alonso-Morales // *Journal of Biological Sciences*. - 2009. –9 (8): 878-883.

150. Leonova, M.A. Leukemia Inhibitory Factor (LIF) Gene Polymorphism and its Impact on Reproductive Traits of Pigs / M.A. Leonova, L.V. Getmantseva, V.N. Vasilenko, A.I. Klimenko, A.V. Usatov, Bakoev S. Yu, Kolosov A. Yu and N.V. Shirockova // *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. - 2015. - 10(4): 212-216.

151. Li, F.E. Frequencies, inheritance of porcine FSH- β retroposon and its association with reproductive traits / F.E. Li, Y.Z. Xiong, C.Y. Deng, S.W. Jiang, R. Zheng // *Asian-australas. J. Anim. Sci.* – 2002. – 15: 179-183.

152. Li, FE. Association of microsatellite flanking FSHB gene with reproductive traits and reproductive tract components in pigs / FE. Li, SQ. Mei, CY. Deng, SW. Jiang, B. Zuo, R. Zheng, JL. Li, DQ. Xu, MG. Lei, YZ. Xiong // *Czech Journal of Animal Science*. - 2008. - 53: 139-144.

153. Li, N. DNA markers for pig litter size / N. Li, C. Wu, Y. Zhao // *United States Patent US6291174 B1*. - 2001.

154. Lin, S. Leptin receptor, NPY, POMC mRNA expression in the diet-induced obese mouse brain / S. Lin, L.H. Storlien, X.F Huang // *Brain Res.* - 2000. - 875: 89–95.

155. Liu, C. Polymorphisms in three obesity-related genes (LEP, LEPR, and PON1) and breast cancer risk: a meta-analysis/ C. Liu, and L. Liu // *Tumour Biol.* - 2011. - 32 (6): 1233–1240.

156. Liu, JJ. Polymorphism in the first intron of follicle stimulating hormone beta gene in three Chinese pig breeds and two European pig breeds / JJ. Liu, XQ. Ran, S. Li, Y. Feng, JF. Wang // *Animal Reproduction Science*. - 2009. - 111: 369-375.

157. Liu, YG. Restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis in wheat. II. Linkage maps of the RFLP sites in common wheat / YG. Liu, K. Tsunewaki // *Jpn J Genet.* – 1991. - 66: 617–633.

158. Liu, C. Association analysis on polymorphisms of prolactin receptor (PRLR) gene exon 10 with reproductive traits in Songliao black pig and Landrace pig /C. Liu, Qing-Yu, Yu Yong-Sheng, Jin Xin // J. Chin. Anim. Husb. Vet. Med. – 2012. – 39(10): 191–195.

159. Lopes, M. Using SNP markers to estimate additive, dominance and imprinting genetic variance / M. Lopes, J.W.M. Bastiaansen, L. Janss, H. Bovenhuis, E.F. Knol // In: Proceedings of the 10th world congress on genetics applied to livestock production. Vancouver. - 2014.

160. Mahmoud, A.H. Allelic polymorphisms of Leptin gene in Najdi and Naeimi sheep of Saudi Arabia / A.H. Mahmoud, A.A. Saleh, N.A. Almealamah, F.M. Abou-tarboush, R.S. Aljumaah and M.A. Abouheif // Research journal of biotechnology. - 2018. - 106: 499-509.

161. Maki, PM. Longitudinal effects of estrogen replacement therapy on PET cerebral blood flow and cognition / PM. Maki, SM. Resnick // Neurobiol Aging. -2000. - 21: 373-383.

162. Mankowska, M. Novel polymorphisms in porcine 3'UTR of the leptin gene, including a rare variant within target sequence for MIR-9 gene in Duroc breed, not associated with production traits / M. Mankowska, M. Szydlowski, S. Salamon, M. Bartz and M. Switonski // Anim Biotechnol. - 2015. - 26: 156–163.

163. Melese, L. Marker Assisted Selection in Comparison to Conventional Plant Breeding: Review Article/ L. Melese // Agri Res & Tech: Open Access J. – 2018. – 14(2).

164. Mikhailov, N.V. Assotiations between PRLR/AluI Gene Polymorphism with Reproductive, Growth and Meat Traits in Pigs. / N.V. Mikhailov, L.V. Getmantseva, A.V. Usatov, S.Yu. Bakoev // Cytology and Genetics. -2014. – 48(5): 323-326.

165. Mikołajczyk, M. No correlation between pinopode formation and LIF and MMP2 expression in endometrium during implantation window / M.

Mikołajczyk, J. Skrzypczak, J. Wirstlein, P. Folia // *Histochem Cytobiol.* – 2011. - 49(4): 615-621.

166. Milaković, I. Genetic markers MYF4 and FSHB in relation to performance of boars / I. Milaković, T. Urban, L. Machal // *In MendelNet 2011 - Proceedings of International Ph.D. Students Conference.* –2011. - 783-792.

167. Milczewska, A. How does the polymorphism of the PRL, PRLR, and RYR1 genes influence the selected reproduction traits in the Polish Large White and the Polish Landrace sows / A. Milczewska, M. Bogdzińska, S. Mroczkowski // *Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego.* - 2011. - 7(2): 19-26.

168. Moreira, F. Leptin and mitogen-activated protein kinase in oocytes of sows and gilts / F. Moreira, C.D. Corcini, R.G. Mondadori, C. Gevehr-Fernandes, F.F. Mendes, E.G. Araújo, T. Lucia // *Online URL: <http://www.ejog.org>.* - 2013.

169. Mullan, B. Pig genetics / B. Mullan // *Online <https://www.agric.wa.gov.au/genetics-selection/pig-genetics>* - 2017.

170. Muñoz, M. Diversity across major and candidate genes in European local pig breeds / M. Muñoz, R. Bozzi, Fabián García, Y. Núñez, C. Geraci, A. Crovetto, J. García-Casco, E. Alves, M. Škrlep, R. Charneca, J. Martins, R. Quintanilla, J. Tibau, C. Óvilo // *PlosOne.*-2018.

171. Murani, E. Dual effect of a single nucleotide polymorphism in the first intron of the porcine Secreted phosphoprotein 1 gene: allele-specific binding of C/EBP beta and activation of aberrant splicing / E. Murani, S. Ponsuksili, H.M. Seyfert, X. Shi, K. Wimmers // *BMC Molecular Biology.* - 2009. - 10: 96.

172. Myers, M.G. Obesity and Leptin Resistance: Distinguishing Cause from Effect / M.G. Myers, R.L. Leibel, R.J. Seeley and M.W. Schwartz // *Trends Endocrinol Metab.* -2010. - 21(11): 643-651.

173. Nagy, B. Enterotoxigenic *Escherichia coli* in veterinary medicine / B. Nagy, P.Z. Fekete // *Int J Med Microbiol.* -2005. - 295:443–454.

174. Novotný, Z. Leukaemia inhibitory factor (LIF) gene mutations in women diagnosed with unexplained infertility and endometriosis have a negative impact on the IVF outcome / Z. Novotný, J. Krízan, R. Síma, P. Síma // *A pilot study Folia Biol (Praha)*. – 2009. - 55(3): 92-97.

175. Nyisalovits, A. Associations analysis of production traits with leptin gene polymorphisms in pig / A. Nyisalovits, J. Posta, L. Cregledi, Z. Giory, L. Babanszky // *Agrartudományi Közlemények*. - 2013. - 51: 39-44.

176. Okasha, S. *Evolution and the Levels of Selection*. - Oxford: Oxford University Press. - 2007. - 263 p.

177. Omelka, R. Effect of the oestrogen receptor (ESR) gene on reproductive traits of Large White, White Meaty and Landrace pigs / R. Omelka, M. Bauerova, J. Mlynek, B. Buchova, D. Peskovicova, J. Bulla // *Anim. Sci.* - 50. - 2005 (6): 249–253.

178. Park, H.K. Leptin signaling / H.K. Park, R.S. Ahima // *F1000Prime Rep.* – 2014. – 6: 73.

179. Perez-Montarelo, D. Haplotypic diversity of porcine LEP and LEPR genes involved in growth and fatness regulation / D. Perez-Montarelo, M.C. Rodríguez, A. Fernandez // *J. Appl. Genetics*. – 2015. – 56(4): 525-533.

180. Perez-Montarelo, D. Joint effects of porcine leptin and leptin receptor polymorphisms on productivity and quality traits / D. A. Perez-Montarelo, Fernandez, J.M. Folch // *Anim. Genet.* – 2012. – 43: 805-809.

181. QTL and candidate genes for fecundity in sows / B. Buske, I. Sternstein, G. Brockmann // *Anim. Reprod. Sci.* – 2006 – 95: 167-183.

182. Rasschaert, K. Screening of pigs resistant to F4 enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) infection / K. Rasschaert, F. Verdonck, B.M. Goddeeris, L. Duchateau, E. Cox // *Vet Microbiol.* - 2007.-123:249-253.

183. Resnick, SM. One-year age changes in MRI brain volumes in older adults / SM. Resnick, AF. Goldszal, C. Davatzikos, S. Golski, MA. Kraut, EJ. Metter, RN. Bryan, AB. Zonderman // *Cereb Cortex*. – 2000. - 10: 464-472.

184. Robertson, S.A. Molecular and Neural Mediators of Leptin Action / S.A. Robertson, G.M. Leininger and M.G. Myers // *Physiol Behav.* -2008. - 94(5): 637-642.
185. Roehe, R. Genetic parameters of piglet survival and birth weight from a two-generation crossbreeding experiment under outdoor conditions designed to distangle direct and maternal effects / R. Roehe, N.P. Shrestha, W. Mekkawy, E.M. Baxter, P.W. Knap, K.M. Smurthwaite, S. Jarvis, A.B. Lawrence, S.A. Edwards // *J. Anim. Sci.* - 2010. - 88: 1276-1285.
186. Ross, J.W. Identification of differential gene expression during porcine conceptus rapid trophoblastic elongation and attachment to uterine luminal epithelium / J.W. Ross, M.D. Ashworth, D.R. Stein, O.P. Couture, C.K. Tuggle, R.D. Geisert // *Physiol Genomics.* - 2009. - 36:140–148.
187. Rothschild, M.F. Approaches and challenges in measuring genetic diversity in pigs / M.F. Rothschild // *Arch. Zootec.* - 2003. - 52: 129-135.
188. Sasaki, Y. Reproductive profile and lifetime efficiency of female pigs by culling reason in high-performing commercial breeding herds / Y. Sasaki, Y. Koketsu // *J Swine Health Prod.* - 2011. - 19(5): 284–291.
189. Schroyen, M. The search for the gene mutations underlying enterotoxigenic *Escherichia coli* F4ab/ac susceptibility in pigs: a review / M.Schroyen, A.Stinckens, R.Verhelst, T. Niewold, N. Buys // *Vet Res.* – 2012. - 43(1):70.
190. Schwartz, M.W. Central nervous system control of food intake / M.W. Schwartz, S.C. Woods, D. Porte, R.J. Seeley and D.G. Baskin // *Nature*, -2000. - 404: 661–671.
191. Short, T. H. Effect of the Estrogen receptor locus on reproduction and production traits in four commercial pig line sow / T. H. Short, M.F. Rothschild, O.I. Southwood, D.G. McLaren, A. DeVries, H. van der Steen, G. R. Eckardt, C.K. Tuggle, J.Helm, D.A. Vaske, A.J. Mileham, and G.S J. Plastow // *Anim. Sci.* -1997 -75:3138-3142.

192. Sobti, RC. Interleukin 1 beta gene polymorphism and risk of cervical cancer/ RC. Sobti, DM. Kordi Tamandani, M. Shekari // *Int J Gynaecol Obstet*, - 2008 -101: 47-52.
193. Spötter, A. Effect of polymorphisms in the genes for LIF and RBP4 on litter size in two German pig line sow / A. Spötter, S. Muller, H. Hamann, & O. Distl // *Reprod. Dom. Anim.* -2009. - 44: 100-105.
194. Spötter, A. Evidence of a new leukemia inhibitory factor-associated genetic marker for litter size in a synthetic pig line / A. Spötter, C. Drögemüller, H. Hamann, O. Distl // *J. Anim. Sci.* -2005. - 83: 2264-2270.
195. Stalder, K. J. Sow longevity / K. J. Stalder, M. Knauer, T. J. Baas, M. F. Rotschild, W. Mabry // *Pig News Inf.* - 2004. - 25: 53-74.
196. Stewart, C.L. Blastocyst implantation depends on maternal expression of leukaemia inhibitory factor / C.L. Stewart, P. Kaspar, L. Brunet // *J. Nature.* - 1992. – 359(6390): 76-79.
197. Stratil, A. HinfI PCR-RFLP at the Porcine Leptin (LEP) / A. Stratil, M. Peelman, M. Van Poucke, S. Cepica // *Gene. Anim Genet.*, -1997. -28: 371-372.
198. Supakankul, P. Identification and characterization of novel single nucleotide polymorphism markers for fat deposition in muscle tissue of pigs using amplified fragment length polymorphism / P. Supakankul, T. Kumchoo, S. Mekchay // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*.- 2017.- 30(3): 338-346.
199. Suwanasopee, T. Effect of Estrogen Receptor (ESR) genotypes on litter size and weaning to estrus interval in a Thai commercial swine population / T. Suwanasopee, P. Thengpimol, S. Koonawootrittriron, N. Chanthapanya // *Proceedings of the 14th AAAP Animal Science Congress, Pingtung, Taiwan, 2010.*
200. Suwanasopee, T. Genetic Markers on Reproductive Traits in Pigs / T. Suwanasopee, and S. Koonawootrittriron // *Thai J Vet Med Suppl.* - 2011.- 41: 73-76.

201. Tanksley, S.D. Advanced backcross QTL analysis; a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines / S.D. Tanksley and J.C. Nelson // *Theor Appl Genet.* - 1996. - 92: 191-203.

202. Tarrés, J. Factors affecting longevity in maternal Duroc swine lines / J. Tarrés, J. Tibau, J. Piedrafita, E. Fàbrega, J. Reixach // *J Livestock Science.* - 2006. - 100: 121-131.

203. Tena-Sempere, M. Interaction between energy homeostasis and reproduction: central effects of leptin and ghrelin on the reproductive axis / 127. M.Tena-Sempere // *Horm Metab Res.* - 2013. - 45: 919–927.

204. Terman, A. Effect of the polymorphism of prolactin receptor (PRLR) and leptin (LEP) genes on litter size in polish pigs /A. Terman // *J. Anim. Breed. Genet.* – 2005. – 122: 400–404.

205. Urban, T. Gen estrogenového receptoru a ukazatele plodnosti u prasnic plemene bílé ušlechtilé / T. Urban, F. Offenbart, P. Humpolíček, J. Dvořák // In: *XXth Genetic Days.* – MZLU. – Brno. – 2002. 100–101.

206. Van der Lende, T. Leptin gene polymorphisms and their phenotypic associations / T. Van der Lende, F.M. Te Pas, S.C. Liefers, R.F. Veerkamp // *Vitam Horm.* - 2005. - 71: 373-404.

207. Voggiadis, D. The role of leukemia inhibitory factor in the establishment of pregnancy / D. Voggiadis, L.A. Salamonsen // *Journal of Endocrinology* -1999 -160: 181-190.

208. Wang, X. Effect of ESR1, FSHB and RBP4 genes on litter size in a Large White and a Landrace Herd / X. Wang, A. Wang, J. Fu, H. Lin // *Arch. Tierz., Dummerstorf.* – 2006. – 49(1): 64-70.

209. Wang, Y. Genetic Transformation of a Clinical (Genital Tract), Plasmid-Free Isolate of *Chlamydia trachomatis* / Y. Wang, S. Kahane, LT. Cutcliffe, RJ. Skilton, PR. Lambden, K. Persson // *Engineering the Plasmid as a Cloning Vector. PLoS ONE.* - 2013.- 8(3).

210. Wang, Z. Genome-wide genetic variation discovery in Chinese Taihu pig breeds using next generation sequencing / Z. Wang, Q. Chen, R. Liao, Z. Zhang, X. Zhang, X. Liu, M. Zhu, W. Zhang, M. Xue, H. Yang, Y. Zheng, Q. Wang, Y. Pan // *Animal Genetics*. - 2017. - 48: 38-47.
211. Weiderpass, E. Body size in different periods of life, diabetes mellitus, hypertension, and risk of postmenopausal endometrial cancer (Sweden) / E. Weiderpass, I. Persson, HO. Adami, C. Magnusson, A. Lindgren, JA. Baron // *Cancer Causes Control*. - 2000.
212. Wierzchowska, A. The association of leptin gene polymorphism with reproductive usefulness and selected blood biochemical indicators of hybrid sows (Polish Large White × Polish Landrace)/ A. Wierzchowska, A. Kołodziej-Skalska, D. Napierała, M. Kawęcka, E. Jacyno // *Acta Vet Brno*, - 2012. - 81: 333–337.
213. Wittenburg, D. Comparison of statistical models to analyse the genetic effect on within-litter variance in pigs / D. Wittenburg, V. Guiard, F. Teuscher, N. Reinsch // *Animal*. - 2008.- 2: 1559–1568.
214. Xiang, T. Genomic evaluation by including dominance effects and inbreeding depression for purebred and crossbred performance with an application in pigs / T. Xiang, O.F. Christensen, Z.G. Vitezica, A. Legarra // *Genet Sel Evol.* – 2016. - 48: 92.
215. Yazdi, M.H. Genetic study of longevity in Swedish Landrace sows / M.H. Yazdi, L. Rydhmer, E. Ringmar-Cederberg, N. Lundeheim, K. Johansson // *J Livestock Production Science*. - 2000. - 63: 255–264.
216. Yoo, I. Leukemia inhibitory factor and its receptor: expression and regulation in the porcine endometrium throughout the estrous cycle and pregnancy / I. Yoo, S. Chae, J. Han, S. Lee, H. Jong Kim, H. Ka // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)* – 2018. -32(2): 192-200.
217. Zadernowska, A. Prevalence, biofilm formation and virulence markers of *Salmonella* sp. and *Yersinia enterocolitica* in food of animal origin in Poland

/ A. Zadernowska, W. Chajęcka-Wierzchowska // LWT-Food Science and Technology. - 2017. - 75: 552-556.

218. Zhang, G. Hypothalamic programming of systemic ageing involving IKK- β , NF- κ B and GnRH / G. Zhang, J. Li, S. Purkayastha, Y. Tang, H. Zhang, Y. Yin, B. Li, G. Liu, D. Cai // Nature. - 2013. - 497 (7448): 211-216.

219. Zhao, Y. FSHB subunit gene is associated with major gene controlling litter size in commercial pig breeds / Y. Zhao, N. Li, L. Xiao, G. Cao, Y. Chen, S. Zhang, Y. Chen, C. Wu, J. Zhang, S. Sun, X. Xu // Science in China Series C: Life Sciences December. – 1998. – 41(6): 664–668.

220. Zhu, M. J. Genetic Status of ESR Locus and Other Unidentified Genes Associated with Litter Size in Chinese Indigenous Tongcheng Pig Breed after a Long Time Selection / M. J. Zhu, M. J. Zhu, M. Yu, B. Liu, Z.Z. Zhu, T.A. Xiong, B. Fan, S. P. Xu, Y. Q. Du, Z. Z. Peng, K. L. // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2004. -17(5): 598-602.

221. Ziółkowska, A. Polymorphism of prolactin receptor gene (PRLR) in the polish landrace and Polish Large White swine population and reproductive traits / A. Ziółkowska, M. Bogdzińska, J. Biegniowski // Journal of Central European Agriculture. – 2010. – 11(4).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Патент на изобретение: «Способ оценки плодовитости свиней пород ландрас и крупная белая» № 2634404 26.10.2017 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2634404

Способ оценки плодовитости свиней пород ландрас и крупная белая

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет" (RU)*

Авторы: *Гетманцева Любовь Владимировна (RU), Леонова Мария Анатольевна (RU), Мамонтов Сергей Николаевич (RU), Клименко Александр Иванович (RU), Бакоев Сирождин Юсуфович (RU), Колосов Анатолий Юрьевич (RU), Радюк Анастасия Владимировна (RU)*

Заявка № 2015139635

Приоритет изобретения 17 сентября 2015 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 26 октября 2017 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 17 сентября 2035 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

«База данных аутосомных ДНК-маркеров свиней» №2015621623 02.11.2015

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2015621623

**БАЗА ДАННЫХ АУТОСОМНЫХ ДНК-МАРКЕРОВ
СВИНЕЙ**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет» (RU)*

Авторы: *Гетманцева Любовь Владимировна (RU), Колосов Анатолий Юрьевич (RU), Леонова Мария Анатольевна (RU), Бакоев Сирождин Юсуфович (RU), Бакоев Некруз Фарходович (RU), Радюк Анастасия Владимировна (RU)*

Заявка № 2015621146

Дата поступления 09 сентября 2015 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 02 ноября 2015 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



"База данных генотипов свиней по генам GH, GHR, POU1F1/-, LEP"

№2017621094 31.07.2017 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2017621094

**База данных генотипов свиней по генам GH, GHR,
POU1F1/-, LEP.**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет» (RU)*

Авторы: *Колосов Анатолий Юрьевич (RU), Леонова Мария Анатольевна (RU), Гетманцева Любовь Владимировна (RU), Радюк Анастасия Владимировна (RU)*

Заявка № **2017620817**

Дата поступления **31 июля 2017 г.**

Дата государственной регистрации
в Реестре баз данных **22 сентября 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 **Г.П. Ивлиев**

