

**Романец Елена Андреевна**

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ, СВЯЗАННЫХ С  
МАССОЙ И КОЛИЧЕСТВОМ ПОРОСЯТ ПРИ РОЖДЕНИИ У  
СВИНЕЙ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ**

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

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

**Научный руководитель:** **Гетманцева Любовь Владимировна**  
доктор биологических наук, заведующая  
отделом селекции и разведения свиней и  
информационного обеспечения племенного  
свиноводства ФГБНУ ВНИИплем

**Официальные оппоненты:** **Походня Григорий Семенович**  
доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор ФГБОУ ВО «Белгородский  
государственный аграрный университет  
имени В. Я. Горина»

**Кононова Лидия Валентиновна**  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник лаборатории  
разведения и селекции сельскохозяйственных  
животных ВНИИОК - филиал ФГБНУ  
«Северо-Кавказский ФНАЦ»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Кубанский государственный  
аграрный университет им. И. Т. Трубилина»,  
(г. Краснодар)

Защита состоится «10» февраля 2026 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.014.01 при ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» по адресу: 346493, Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 27, ФГБОУ ВО «Донской ГАУ». Тел/факс: 8(86360)3-61-50. E-mail: dissovet22002801@yandex.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в сети Интернет на официальном сайте ВАК Минобрнауки РФ: <http://vak.ed.gov.ru>, на официальном сайте «Донского ГАУ» [http:// www.dongau.ru](http://www.dongau.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, доктор  
биологических наук, доцент:

Широкова Надежда Васильевна

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Развитие свиноводства в Российской Федерации в условиях имеющихся политических реалий – важная составляющая обеспечения продовольственной безопасности, экономической устойчивости страны и улучшения социально-экономических условий населения. Одним из важнейших факторов развития свиноводства являются воспроизводительные качества свиноматок. Основными показателями воспроизводительной продуктивности свиноматок являются плодовитость, которая характеризуется такими признаками, как количество поросят при рождении и многоплодие, а также масса поросят при рождении, а именно масса одного поросенка при рождении и масса гнезда (Гетманцева Л.В. и др. (2020)).

Важность исследования массы поросят при рождении возрастает. Считается, что большая плодовитость может снижать массу поросят, однако, исследования показывают, что это может быть связано и с физиологическими особенностями свиноматки (Бакоев С.Ю. и др. (2020); Бакоев С.Ю. и др. (2021); Bekenev V. A (2018)). Низкая масса поросят напрямую влияет на их выживаемость, рост и, как следствие, на экономическую эффективность свиноводства. Поросята с низкой массой при рождении чаще погибают или отстают в развитии, что делает их выращивание нерентабельным (Declerck I. и др. (2012); Ford S. P. и др. (1999)).

Количество поросят при рождении и масса поросят при рождении являются одними из наиболее важных показателей в свиноводстве с экономической точки зрения (Гетманцева Л.В. и др. (2020)). Однако, эти признаки имеют низкую наследуемость и ограничены полом, что затрудняет их точную оценку при селекции только по фенотипическому проявлению признаков, ведь их истинный генетический потенциал может быть занижен или необъективно оценен (Лобан Н. А. и др. (2013)). В связи с этим поиск новых генетических вариантов, связанных с массой и количеством поросят при рождении, а также методов минимизации отрицательной корреляции между этими признаками является актуальной задачей. Выявление генов, положительно влияющих на эти показатели, позволит улучшить селекцию и создать более продуктивных животных, снизить потери и повысить экономическую эффективность свиноводства.

**Степень разработанности темы исследований.** Селекция по генотипу, и исследования, направленные на изучение генетических маркеров, связанных с экономически значимыми признаками свиней, проводятся в большинстве стран с развитым свиноводством. Изучением генетических вариантов, связанных с воспроизводительными признаками у свиней занимаются отечественные и иностранные исследователи, такие как Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Л.В. Гетманцева, М.А. Леонова, О.Л. Третьякова, А.Ю. Колосов, Н.Ф. Бакоев, А.В. Радюк, А.Г. Максимов, И.Ю. Свиначев, М.М. Левиашвили, С.М. Околышев, Т.А. Назаренко, А.Е. Святогорова, А.Д. Баранникова, А.И. Калугина, А.А. Белоус, Е.А. Коган, Н.Г. Мишиева, E. Sell-Kubiak, N. Duijvesteijn, M.S. Lopes, L.L.G. Janss, E.F. Knol, P. Bijma, G. Stelzer, R. Rosen,

I. Plaschkes, S. Zimmerman, M. Twik, S. Fishilevich, E. Sell-Kubiak, E.F. Knol, M. Lopes, G. Laliotis, J. Lan, L. Zhang, C. Zhang, J. Patterson, S. Tsoi, M. Dyck, G. Plastow, G. Foxcroft, L. Zhang, X. Zhou, J. J. Michal, B. Ding, R. Li, A. Tomás, J. Casellas, O. Ramírez, M. Pérez-Enciso, C. Rodríguez, J. L. Noguera, M. F. W. Te Pas, A. Soumillon, F. L. Harders, F. J. Verburg, T. J. Van Den Bosch, P. Galesloot, Y. L. Jiang, N. Li, X. Z. Fan, L. R. Xiao, R. L. Xiang, X. X. Hu, G. Stelzer, R. Rosen, I. Plaschkes, S. Zimmerman, M. Twik, S. Fishilevich и др. Исследование новых генетических вариантов, связанных с массой и количеством поросят при рождении, в настоящее время вызывает растущий интерес у ученых.

**Цель и задачи исследований.** Целью исследований является идентификация генетических вариантов, связанных с массой и количеством поросят при рождении у свиней крупной белой породы.

Для реализации указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить показатели воспроизводительной продуктивности свиноматок крупной белой породы (количество поросят при рождении, многоплодие, массу гнезда при рождении и массу одного поросенка при рождении).

2. Определить корреляционную связь между массой поросенка при рождении и количеством поросят при рождении в изучаемой выборке.

3. На основе данных полногеномного генотипирования с применением метода  $F_{st}$  определить генетическую дифференциацию между группами свиней с низкой и высокой воспроизводительной продуктивностью и идентифицировать значимые генетические варианты (SNPs), связанные с массой и количеством поросят при рождении.

4. Установить желательные генотипы для значимых генетических вариантов, оказывающих положительное влияние на массу поросят при рождении и определить их связь с количеством поросят при рождении.

5. Установить желательные генотипы для значимых генетических вариантов, оказывающих положительное влияние на количество поросят при рождении и определить их связь с массой поросят при рождении.

6. Определить генетические варианты, способствующие увеличению как массы, так и количества поросят при рождении у свиней крупной белой породы.

**Научная новизна исследований.** В работе использованы современные геномные и статистические методы, позволяющие определить значимые генетические варианты для оптимизации отбора животных с желательными характеристиками. На основе племенного поголовья свиней ЗАО «Племзавод-Юбилейный» проведены полногеномные исследования с использованием чипов GeneSeek® GGP Porcine HD Genomic Profiler v1 (Illumina Inc, США), применена статистика  $F_{st}$  для определения генетической дифференциации между группами свиней с низкой и высокой продуктивностью и обнаружены новые генетические варианты (SNPs), расширяющие представление о генетической архитектуре массы и количества поросят при рождении у свиноматок крупной белой породы. В том числе найдены генетические варианты, которые положительно влияют не только на массу поросят при

рождении, но и связаны с увеличением количества поросят при рождении. Полученные результаты могут быть использованы для создания отечественных селекционных технологий, основанных на геномной селекции и, способствующих повышению эффективности свиноводства.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** В ходе проведенного анализа обоснована целесообразность применения геномных технологий в селекции свиней по признакам массы и количества поросят при рождении. Это исследование предоставляет перспективы для улучшения воспроизводительной продуктивности свиноматок. Идентифицированы значимые генетические варианты, связанные с массой и количеством поросят при рождении. Идентифицированы SNP rs80887103 и rs342839983 и генетические варианты в генах *ADGRD1*, *STX2*, и *TMEM132D*, положительно влияющие как на массу поросят при рождении, так и на количество поросят при рождении. Показано, что rs81450496, rs80887103, rs81392150 и rs342839983 и генетические варианты в генах *STK24*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *FDFT1* и *ENSSSCG00000058459* связаны с повышением массы поросят при рождении у свиней крупной белой породы. Выявлены желательные генотипы для повышения количества поросят при рождении в генах *HNAT*, *AIG1*, *AGBL1*, *ITGB6* и генетическом варианте rs81418212. Все предложенные генетические варианты являются желательными в селекции для повышения воспроизводительной продуктивности свиноматок.

Результаты исследований были внедрены в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области и используются для разработки селекционно-генетических программ, направленных на повышение воспроизводительной продуктивности свиней крупной белой породы. Применение этих разработок на свиноматках крупной белой породы подтверждено актами внедрения результатов научно-исследовательской работы.

**Методология и методы исследования.** Методология выполненных исследований базируется на научных принципах, сформулированных в работах отечественных и зарубежных учёных в области генетики, селекции и разведения животных. В ходе работы были учтены современные теоретические подходы и практические наработки, касающиеся генетической структуры популяций и методов повышения воспроизводительных показателей. В диссертационной работе использовались общепринятые зоотехнические и молекулярно-генетические методы. Объектом исследования служили свиньи крупной белой породы. Обработку результатов исследований проводили с использованием программы RStudio.

**Положения, выносимые на защиту:**

- генетические варианты, идентифицированные у свиней крупной белой породы с применением метода *Fst*, связанные с массой и количеством поросят при рождении;

- эффекты генотипов идентифицированных генетических вариантов на признаки воспроизводства и выявление из них наиболее значимых для массы и количества поросят при рождении;
- влияние значимых генетических вариантов на массу поросят при рождении у свиней крупной белой породы в генах *STK24*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *FDFT1* и *ENSSSCG00000058459*, и генетических вариантах rs81450496, rs80887103, rs81392150 и rs342839983;
- влияние значимых генетических вариантов на количество поросят при рождении у свиней крупной белой породы в генах *HNAT*, *AIG1*, *AGBL1*, *ITGB6* и генетическом варианте rs81418212.

#### **Степень достоверности и апробация результатов исследований.**

Исследования проводились на репрезентативной выборке из 241 чистопородной свиноматки крупной белой породы, содержащихся в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области. Достоверность полученных данных обеспечивалась применением комплекса методов, включающего стандартный статистический анализ и молекулярно-генетические исследования.

Основные результаты диссертационной работы были представлены на Международных, Всероссийских и региональных научно-практических конференциях и конкурсах, где получили высокую оценку специалистов. Наиболее значимые из них: I место в секции «Агро-, био- и продовольственные технологии» VIII Всероссийского молодежного научного форума «Наука будущего – наука молодых – 2023» г. Орел; I места в I–II этапах в секции: «Зоотехния» Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых ВУЗов МСХ РФ – 2022 г. п.Персиановский, г. Воронеж; I место в секции: «Генетика и селекция сельскохозяйственных животных» XVIII международной научно-практической конференции «Научные основы повышения продуктивности, здоровья животных и продовольственной безопасности – 2023» г. Краснодар; III место в секции «Генетика» студенческой научной конференции «Неделя науки – 2023». г. Ростов-на-Дону. Помимо этого, материалы работы были также представлены на других научных конференциях.

**Публикация результатов исследований.** На основе материалов диссертационной работы опубликовано 8 научных трудов, включая одну статью в журнале, индексируемом в Web of Science и Scopus (Q1), а также 3 статьи в рецензируемых российских журналах, рекомендованных ВАК (1 статья в K2, 1 в K3, и 2 статьи в K1). 4 публикации в изданиях, включённых в РИНЦ. Получен патент на изобретение RU 2837628 C1 «Способ оценки воспроизводительных качеств свиней крупной белой породы на основе вариантов SNP в генах *ADGRD1* и *AIG1*».

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 11 таблиц, 21 рисунок и 6 приложений; состоит из разделов: введение, обзор литературы, материал и методика исследований, результаты исследований и оценка их экономической

эффективности, заключение и предложения производству. В списке литературы представлено 294 источника.

## 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

**Объекты и материалы исследований.** Диссертационная работа проводилась в период 2021–2024 гг. Объектом исследования стали свиньи крупной белой породы, привезенные из Англии в ЗАО «Племзавод Юбилейный» в Тюменской области в конце 2013 года. Материалом для молекулярно-генетических исследований служили пробы ткани (ушные выщипы) свиноматок крупной белой породы (n=241).

Предметом исследования выступали данные зоотехнического учета свиноматок крупной белой породы из базы данных «АСС» и полиморфизмы в геноме изучаемых животных, определенные на основе полногеномного генотипирования. Оценивались показатели воспроизводительной продуктивности свиноматок в среднем по трём опоросам: TNB\_3 – количество поросят при рождении (гол.); NBA\_3 – многоплодие (гол.); LWB\_3 – масса гнезда при рождении (кг); LWBp\_3 – масса поросят при рождении (кг). Схема исследования представлена на рисунке 1.

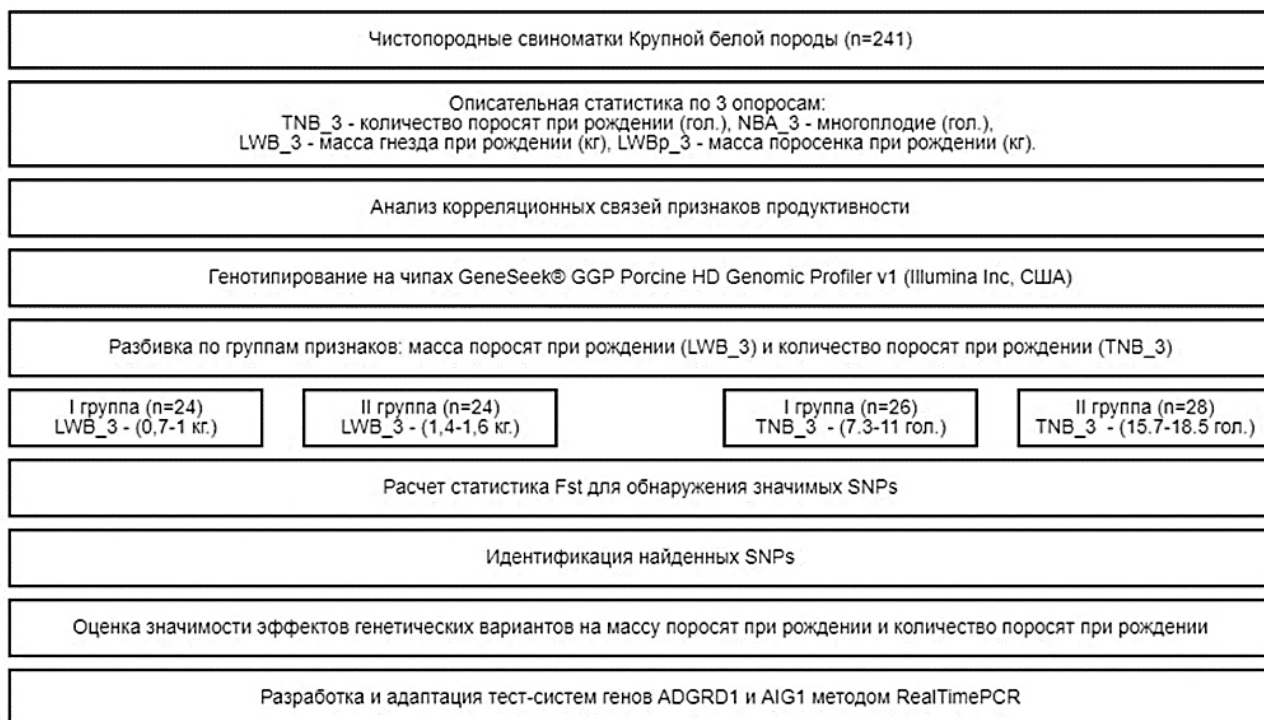


Рисунок 1 - Схема исследования

**Методы исследований.** Генотипирование проводили с использованием чипов GeneSeek® GGP Porcine HD Genomic Profiler v1 (Illumina Inc, США), которые содержат 80 тыс. SNPs. Обработку данных проводили с использованием программы R Studio. Фильтрацию данных генотипирования выполняли с помощью программы Plink 1.9, в соответствии со следующими параметрами --geno 0.1, --mind 0.1, --maf 0.05, --hwe 1e-7, --indep-pairwise 50 5

0.8. В процессе фильтрации данных удалялись выбросы, превышающие 3 стандартных отклонения ( $\sigma$ ), и рассчитывались основные статистические показатели: среднее значение ( $M$ ), ошибка среднего ( $m$ ), стандартное отклонение ( $\sigma$  или  $SD$ ), коэффициент вариации ( $Cv$ ), минимальное значение ( $Min$ ), максимальное значение ( $Max$ ), стандартная ошибка ( $SE$ ).

Для расчета статистики  $F_{st}$  животных разделили на группы с крайними значениями признаков: низкая/высокая масса поросят при рождении ( $n=24/24$ , диапазон 0.7-1 кг и 1.4-1.6 кг) и низкое/высокое количество поросят при рождении ( $n=26/28$ , диапазон 7.3-11 и 15.7-18.5 гол.) на основе исходного деления по квантилям 0–0,1; 0,1-0,9 и 0,9-1.

Для идентификации геномных областей, связанных с массой и количеством поросят при рождении, использовали статистику  $F_{st}$ , путем сравнения генетических вариантов у свиней I и II групп. Значимыми вариантами считали те, у которых значения  $F_{st}$  превышали уровень квантиля 0,999. Индекс генетической дифференциации  $F_{st}$  позволяет измерить, насколько сильно генетические характеристики различаются между разными подгруппами внутри популяции. Расчет  $F_{st}$  проводили с использованием функции `plinkfst`.

Для оценки нормальности распределения данных применяли график QQ-plot. Идентифицированные генетические варианты переводили в геномные позиции *Sus scrofa* 11.1 с использованием базы данных Ensembl genome browser 109 (<https://www.ensembl.org/index.html>).

Для оценки значимости влияния генетических вариантов на массу и количество поросят при рождении применяли критерий Стьюдента. По результатам тестирования определили частоты аллелей и генотипов по генам и SNPs. Коэффициенты корреляции определяли по критерию Пирсона.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1. Оценка воспроизводительной продуктивности свиноматок крупной белой породы

Для оценки воспроизводительной продуктивности свиноматок крупной белой породы ( $n=239$ ) были проанализированы данные по трём опоросам (табл. 1).

Таблица 1 – Описательная статистика продуктивных признаков свиноматок крупной белой породы

Показатель	Mean	Min	Max	Cv	SE	SD
TNB_3	13,35	7,33	18,50	14	0,120	1,861
NBA_3	12,51	7,00	17,67	15	0,124	1,917
LWB_3	14,77	7,50	20,53	16	0,158	2,436
LWBp_3	1,19	0,70	1,56	15	0,011	0,174

Примечание: *TNB\_3* – количество поросят при рождении (гол.), *NBA\_3* – многоплодие (гол.), *LWB\_3* – масса гнезда при рождении (кг), *LWBp\_3* – масса поросенка при рождении (кг), *Mean* – среднее, *Min* – минимум, *Max* – максимум, *Cv* – коэффициент вариации, *SE* – стандартная ошибка среднего, *SD* – стандартное отклонение

### 3.2. Корреляции между изучаемыми признаками

Анализ корреляционных связей позволяет оценить взаимосвязь между различными параметрами продуктивности и выявить, как изменения в одном параметре могут влиять на другие. Эти данные являются ценными для оптимизации селекционно-племенной работы со стадом. Результаты анализа корреляций между признаками воспроизводительной продуктивности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между признаками продуктивности свиней крупной белой породы

Показатель	TNB_3	NBA_3	LWB_3	LWBp_3
TNB_3	1	0,89	0,52	-0,35
NBA_3	0,89	1	0,58	-0,41
LWB_3	0,52	0,58	1	0,5
LWBp_3	-0,35	-0,41	0,5	1

Примечание: *TNB\_3* – количество поросят при рождении (гол.), *NBA\_3* – многоплодие (гол.), *LWB\_3* – масса гнезда при рождении (кг), *LWBp\_3* – масса поросенка при рождении (кг).

### 3.3. Расчет статистики Fst для обнаружения значимых генетических вариантов массы поросят при рождении

Для идентификации геномных областей, связанных с массой поросят при рождении свиноматок разделили на три группы: с низкими, средними и высокими показателями (по квантилям 0-0,1; 0,1-0,9; 0,9-1). На основе этого сформировали две группы, первую (n=24) – с низкими показателями массы поросят при рождении (0,7-1 кг), вторую (n=24) – с высокими показателями массы поросят при рождении (1,4-1,6 кг).

Для выявления генетических факторов, связанных с массой поросят при рождении у свиней крупной белой породы, использовали статистику Fst, с помощью которой сравнивали генетические варианты у свиней I и II групп. Значимыми вариантами считали те, у которых значения Fst превышали уровень квантиля 0,999.

В результате обнаружено 17 SNP-вариантов, связанных с массой поросят при рождении у свиней крупной белой породы. Эти варианты локализованы на хромосомах 4, 6, 7, 11-14, при этом в 7-й хромосоме обнаружено 4 SNPs, а в 14-й – 8 SNPs – вариантов. Область генома с выраженными выбросами охватывает 8 генов: *KIF13A*, *STK24*, *FDFT1*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *ENSSSCG00000054866*, *ENSSSCG00000058459*, задействованных в различных биологических процессах и связанных с фенотипическими характеристиками.

### 3.4. Эффекты генотипов значимых генетических вариантов на массу поросят при рождении

Для оценки воздействия значимых генетических вариантов (SNPs) на воспроизводительную продуктивность проведено тестирование на основе данных всех свиноматок (n=239). Результаты анализа, включающие средние значения массы поросёнка при рождении (LWBp\_3 кг), количества поросят

при рождении (TNB\_3 гол.) у свиноматок с различными генотипами, идентифицированными по SNPs, связанными с массой поросёнка при рождении, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Эффекты генотипов значимых генетических вариантов на воспроизводительные признаки свиней

Признак	Mean $\pm$ SD			AA-BB
	AA	AB	BB	
rs333630634 ( <i>ENSSSCG00000054866</i> )				
LWBp_3	1,17 $\pm$ 0,17	1,21 $\pm$ 0,18	1,23 $\pm$ 0,15	-0,06 <sup>n/a</sup>
TNB_3	13,54 $\pm$ 1,81	13,28 $\pm$ 1,93	12,70 $\pm$ 1,84	-0,84 <sup>n/a</sup>
rs81392150				
LWBp_3	1,14 $\pm$ 0,19	1,21 $\pm$ 0,17	1,22 $\pm$ 0,16	-0,08 <sup>*</sup>
TNB_3	13,52 $\pm$ 2,00	13,39 $\pm$ 1,80	12,99 $\pm$ 1,78	0,53 <sup>n/a</sup>
rs80910377				
LWBp_3	1,30 $\pm$ 0,19	1,22 $\pm$ 0,17	1,17 $\pm$ 0,17	0,13 <sup>n/a</sup>
TNB_3	11,85 $\pm$ 1,92	13,27 $\pm$ 1,85	13,51 $\pm$ 1,84	1,66 <sup>*</sup>
rs343833434 ( <i>ENSSSCG00000058459</i> )				
LWBp_3	1,16 $\pm$ 0,17	1,22 $\pm$ 0,17	1,28 $\pm$ 0,17	-0,12 <sup>**</sup>
TNB_3	13,32 $\pm$ 1,94	13,50 $\pm$ 1,71	13,25 $\pm$ 1,97	0,07 <sup>n/a</sup>
rs342839983				
LWBp_3	1,15 $\pm$ 0,17	1,20 $\pm$ 0,18	1,26 $\pm$ 0,18	-0,11 <sup>**</sup>
TNB_3	13,40 $\pm$ 1,89	13,32 $\pm$ 1,84	13,44 $\pm$ 1,95	-0,04 <sup>n/a</sup>
rs324429940 ( <i>KIF13A</i> )				
LWBp_3	1,16 $\pm$ 0,17	1,19 $\pm$ 0,18	1,22 $\pm$ 0,17	-0,06 <sup>n/a</sup>
TNB_3	13,72 $\pm$ 1,78	13,39 $\pm$ 1,74	13,10 $\pm$ 2,03	0,62 <sup>n/a</sup>
rs324422009 ( <i>STK24</i> )				
LWBp_3	1,23 $\pm$ 0,17	1,16 $\pm$ 0,17	1,09 $\pm$ 0,17	0,14 <sup>***</sup>
TNB_3	13,31 $\pm$ 1,94	13,43 $\pm$ 1,85	13,45 $\pm$ 1,58	0,14 <sup>n/a</sup>
rs81434193				
LWBp_3	1,21 $\pm$ 0,18	1,20 $\pm$ 0,17	1,16 $\pm$ 0,18	0,05 <sup>n/a</sup>
TNB_3	13,27 $\pm$ 2,18	13,15 $\pm$ 1,89	13,72 $\pm$ 1,63	0,45 <sup>n/a</sup>
rs323140387				
LWBp_3	1,26 $\pm$ 0,17	1,25 $\pm$ 0,17	1,16 $\pm$ 0,17	0,10 <sup>n/a</sup>
TNB_3	14,00 $\pm$ 2,02	12,95 $\pm$ 1,89	13,49 $\pm$ 1,83	0,51 <sup>n/a</sup>
rs81223838 ( <i>FDFT1</i> )				
LWBp_3	1,26 $\pm$ 0,22	1,20 $\pm$ 0,15	1,15 $\pm$ 0,17	0,11 <sup>**</sup>
TNB_3	13,20 $\pm$ 1,52	13,39 $\pm$ 1,75	13,42 $\pm$ 2,12	-0,22 <sup>n/a</sup>
rs80887103				
LWBp_3	1,27 $\pm$ 0,18	1,22 $\pm$ 0,18	1,14 $\pm$ 0,16	0,13 <sup>***</sup>
TNB_3	13,69 $\pm$ 1,70	13,26 $\pm$ 1,95	13,40 $\pm$ 1,83	0,29 <sup>n/a</sup>
rs344327731 ( <i>ADGRD1</i> )				
LWBp_3	1,15 $\pm$ 0,16	1,21 $\pm$ 0,18	1,28 $\pm$ 0,15	-0,13 <sup>***</sup>
TNB_3	13,53 $\pm$ 1,78	13,16 $\pm$ 1,89	13,52 $\pm$ 2,11	0,01 <sup>n/a</sup>
rs81261040 ( <i>STX2</i> )				
LWBp_3	1,27 $\pm$ 0,18	1,20 $\pm$ 0,18	1,14 $\pm$ 0,16	0,13 <sup>***</sup>
TNB_3	13,57 $\pm$ 1,93	13,19 $\pm$ 1,89	13,50 $\pm$ 1,81	0,07 <sup>n/a</sup>
rs81450422 – ( <i>TMEM132D</i> )				
LWBp_3	1,27 $\pm$ 0,16	1,23 $\pm$ 0,18	1,14 $\pm$ 0,16	0,13 <sup>**</sup>
TNB_3	13,89 $\pm$ 1,78	13,27 $\pm$ 2,01	13,38 $\pm$ 1,76	0,51 <sup>n/a</sup>

## Продолжение таблицы 3

rs80818212 ( <i>TMEM132D</i> )				
LWBp_3	1,23 ± 0,16	1,25 ± 0,17	1,15 ± 0,17	0,08 <sup>n/a</sup>
TNB_3	13,53 ± 1,22	13,29 ± 2,11	13,40 ± 1,77	0,13 <sup>n/a</sup>
rs81450496				
LWBp_3	1,15 ± 0,16	1,19 ± 0,18	1,27 ± 0,18	-0,12 <sup>***</sup>
TNB_3	13,53 ± 1,87	13,41 ± 1,82	12,95 ± 1,95	0,58 <sup>n/a</sup>

Примечание: Mean – среднее значение, SD – стандартное отклонение, LWBp\_3 – масса поросенка при рождении (кг), TNB\_3 – кол-во поросят при рождении (гол.), \*\*\* -  $p < 0,001$ , \*\* -  $p < 0,01$ , \* -  $p < 0,05$ , n/a -  $p > 0,05$

Определены наиболее значимые генетические варианты, связанные с массой поросенка при рождении, локализованные в генах *STK24*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *FDFT1* и *ENSSSCG00000058459*, и генетические варианты rs81450496, rs80887103, rs81392150 и rs342839983 которые могут быть использованы в селекционно-племенной работе для повышения массы поросят при рождении. Желательными считались генотипы, положительно влияющие на массу поросят при рождении и оказывающие нейтральное или положительное воздействие на количество поросят.

Среди них особое внимание заслуживают генетические варианты, расположенные в генах rs344327731 (*ADGRD1*), rs81261040 (*STX2*), и rs81450422 (*TMEM132D*), а также генетические варианты rs80887103 и rs342839983. Эти генетические варианты не только положительно влияют на массу поросят при рождении, но и способствуют увеличению количества поросят при рождении у свиней крупной белой породы.

Так для варианта rs81450422 расположенного в гене *TMEM132D* в исследуемой выборке установлен желательный генотип *TMEM132D\_AA*, наличие которого у свиноматок крупной белой породы относительно других генотипов, связано с большей массой и количеством поросят при рождении. Свиноматки генотипа *TMEM132D\_AA* имели поросят с более высокой массой при рождении на 0,13 кг (11,4%;  $p < 0,01$ ), чем свиноматки генотипа *TMEM132D\_BB* и на 0,04 кг (3,3%;  $p < 0,1$ ) чем свиноматки генотипа *TMEM132D\_AB*. Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа *TMEM132D\_AA* на 0,5 голов (3,7%;  $p < 0,05$ ) и на 0,62 гол. (4,7%;  $p < 0,05$ ) больше, чем у свиноматок генотипа *TMEM132D\_BB* и *TMEM132D\_AB*.

Для варианта rs81261040 локализованного в гене *STX2* установлен желательный генотип *STX2\_AA*. Различия между генотипами *STX2\_AA* и *STX2\_BB* составили 0,13 кг (11,4%;  $p < 0,001$ ), между *STX2\_AA* и *STX2\_AB* – 0,07 кг (5,8%;  $p > 0,05$ ). Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа *STX2\_AA* на 0,07 гол. (0,52%;  $p < 0,05$ ) больше, чем у свиноматок генотипа *STX2\_BB* – 13,50 гол. и на 0,38 гол. (2,8%;  $p < 0,05$ ) больше, чем свиноматок с генотипом *STX2\_AB*.

Гомозиготный BB вариант в rs344327731, расположенном в гене *ADGRD1*, оказывает положительное влияние на массу и количество поросят при рождении. Свиноматки с этим генотипом имели поросят с массой на 0,13 кг (11,3%;  $p < 0,001$ ) больше, чем свиноматки генотипа *ADGRD1\_AA*.

Достоверные различия также определены между генотипами *ADGRD1\_AB* и *ADGRD1\_AA* – 0,07 кг (6,1%;  $p<0,05$ ). Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа *ADGRD1\_BB* на 0,01 гол. (0,07%;  $p<0,05$ ) меньше чем у свиноматок генотипа *ADGRD1\_AA* и на 0,36 гол. (2,7%;  $p<0,05$ ) больше чем у свиноматок генотипа *ADGRD1\_AB*.

В генетическом варианте rs80887103 установлен положительный эффект генотипа rs80887103\_AA. Различия в массе поросят при рождении между генотипами rs80887103\_AA и rs80887103\_BB составляет 0,13 кг (11,4%;  $p<0,001$ ), а между rs80887103\_AA и rs80887103\_AB составляет 0,05 кг (4%;  $p>0,05$ ). Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа rs80887103\_AA на 0,3 гол. (2,2%;  $p<0,05$ ) и на 0,43 гол. (3,2%;  $p<0,05$ ) больше, чем свиноматки генотипа rs80887103\_BB и rs80887103\_AB соответственно.

Для генетического варианта rs342839983 желательным является генотип rs342839983\_BB. Свиноматки генотипа rs342839983\_BB имели поросят с массой при рождении на 0,11 кг (9,6%;  $p<0,01$ ) больше, чем свиноматки генотипа rs342839983\_AA и на 0,06 кг (4,9%;  $p>0,05$ ) больше, чем свиноматки генотипа rs342839983\_AB. Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа rs342839983\_BB превышает свиноматок генотипа rs342839983\_AA на 0,04 гол. (0,3%;  $p<0,05$ ) и на 0,12 гол. (0,9%;  $p<0,05$ ) свиноматок генотипа rs342839983\_AB.

### **3.5. Расчет статистики $F_{st}$ для обнаружения значимых генетических вариантов количества поросят при рождении**

Для идентификации геномных областей, связанных с количеством поросят при рождении свиноматок разделили на три группы по квантилям 0-0,1; 0,1-0,9; 0,9-1. Сформировали две группы, первую ( $n=26$ ) – с низким количеством поросят при рождении (7,3-11 гол.), вторую ( $n=28$ ) – с высоким количеством поросят при рождении (15,7-18,5 гол.). На основании анализа геномов свиноматок обеих групп, были выявлены SNPs, по которым группы различались ( $F_{st}>0,999$ ). В результате было установлено 18 SNPs связанных с количеством поросят при рождении. Варианты локализованы на 1-3, 9, 12 и 15 хромосомах. На 1-й и 3-й хромосомах обнаружено по 4 SNPs, на 2-й хромосоме — 1 вариант, на 12-й — 5 SNPs вариантов.

### **3.6. Эффекты генотипов значимых генетических вариантов на количество поросят при рождении**

Для изучения влияния генетических вариантов с высоким уровнем  $F_{st}$  на фенотипические показатели воспроизводительной продуктивности было проведено тестирование выявленных вариантов на всей выборке животных ( $n=239$ ). Результаты анализа, включающие средние значения количества поросят при рождении (TNB\_3, гол.), массы поросят при рождении (LWBr\_3, кг) у свиноматок с различными генотипами, установленными по SNPs связанными с количеством поросят при рождении, представлены в таблице 4.

Определены наиболее значимые генетические варианты, связанные с количеством поросят при рождении, локализованные в генах rs324075038 (*HNAT*), rs81350212 (*AIG1*), rs80957165 (*AGBL1*), rs81234801 (*ITGB6*) и генетическом варианте rs81418212.

Особый интерес представляет генетический вариант rs80957165, локализованный в гене *AGBL1*. Установлена связь между генотипом *AGBL1\_AB* и большим количеством поросят при рождении, при этом данный генотип оказывает нейтральное влияние на массу поросят при рождении. По количеству поросят при рождении свиноматки генотипа *AGBL1\_AB* превосходили свиноматок генотипа *AGBL1\_BB* – на 0,97 гол. (7,8%;  $p < 0,01$ ) и на 0,23 гол. (1,7%;  $p > 0,05$ ) превосходили свиноматок генотипа *AGBL1\_AA*, в то время как разница между генотипом *AGBL1\_AA* и *AGBL1\_BB* составила 0,74 гол. (6%;  $p < 0,05$ ). Масса поросят при рождении у свиноматок генотипа *AGBL1\_AB* на 0,02 кг (1,7%;  $p > 0,05$ ) меньше, чем у свиноматок генотипа *AGBL1\_BB* и на 0,02 кг (1,7%;  $p > 0,05$ ) больше, чем у свиноматок генотипа *AGBL1\_AA*.

Таблица 4 – Эффекты генотипов значимых генетических вариантов на воспроизводительные признаки свиней

Признак	Mean $\pm$ SD			AA-BB
	AA	AB	BB	
rs81350212 (1_121980525) - <i>AIG1</i>				
TNB_3	11,94 $\pm$ 1,48	12,82 $\pm$ 1,77	13,31 $\pm$ 1,92	-1,37 **
LWBp_3	1,16 $\pm$ 0,17	1,13 $\pm$ 0,17	1,1 $\pm$ 0,16	0,06 <sup>n/a</sup>
rs80942621 (1_22794656) - <i>ADGRG6</i>				
TNB_3	13,67 $\pm$ 1,9	13,0 $\pm$ 1,7	12,32 $\pm$ 1,68	1,35 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,18 $\pm$ 0,17	1,2 $\pm$ 0,18	1,25 $\pm$ 0,21	-0,07 <sup>n/a</sup>
(1_191160923) - <i>ENSSSCG00000046397</i>				
TNB_3	13,6 $\pm$ 1,58	13,64 $\pm$ 1,84	12,7 $\pm$ 2,03	0,9 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,17 $\pm$ 0,17	1,19 $\pm$ 0,19	1,2 $\pm$ 0,16	-0,03 <sup>n/a</sup>
rs80957165 (1_193377210) - <i>AGBL1</i>				
TNB_3	13,25 $\pm$ 1,49	13,48 $\pm$ 1,86	12,51 $\pm$ 1,97	0,74 *
LWBp_3	1,17 $\pm$ 0,18	1,19 $\pm$ 0,17	1,21 $\pm$ 0,17	-0,04 <sup>n/a</sup>
rs81296219 (2_126841331) - <i>CEP120</i>				
TNB_3	13,0 $\pm$ 1,87	13,74 $\pm$ 1,69	13,97 $\pm$ 2,2	-0,97 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,2 $\pm$ 0,19	1,19 $\pm$ 0,17	1,15 $\pm$ 0,16	0,05 <sup>n/a</sup>
rs81373234 (3_13605035) - <i>AUTS2</i>				
TNB_3	13,03 $\pm$ 1,64	13,14 $\pm$ 1,82	13,67 $\pm$ 1,93	-0,64 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,17 $\pm$ 0,19	1,21 $\pm$ 0,17	1,17 $\pm$ 0,17	0 <sup>n/a</sup>
rs81475232 (3_47357791)				
TNB_3	13,0 $\pm$ 1,78	13,45 $\pm$ 1,78	14,85 $\pm$ 1,83	-1,85 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,2 $\pm$ 0,18	1,17 $\pm$ 0,18	1,18 $\pm$ 0,14	0,02 <sup>n/a</sup>
rs344736435 (3_47882562)				
TNB_3	13,01 $\pm$ 1,83	13,39 $\pm$ 1,68	14,47 $\pm$ 2,16	-1,46 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,2 $\pm$ 0,17	1,2 $\pm$ 0,18	1,14 $\pm$ 0,17	0,06 <sup>n/a</sup>
rs80804264 (3_54244325) - <i>AFF3</i>				
TNB_3	13,01 $\pm$ 1,7	13,92 $\pm$ 1,93	16,03 $\pm$ 1,99	-3,02 <sup>n/a</sup>
LWBp_3	1,19 $\pm$ 0,18	1,2 $\pm$ 0,16	1,11 $\pm$ 0,16	0,08 <sup>n/a</sup>

Продолжение таблицы 4

rs81418212 (9 131949063)				
TNB_3	13,83 ± 1,86	13,76 ± 1,64	12,8 ± 1,94	1,03 **
LWBp_3	1,13 ± 0,16	1,19 ± 0,16	1,22 ± 0,19	-0,09 **
rs324075038 (9 132612394) - HHAT				
TNB_3	14,16 ± 1,72	13,52 ± 1,77	12,87 ± 1,91	1,29 ***
LWBp_3	1,12 ± 0,15	1,18 ± 0,17	1,23 ± 0,18	-0,11**
rs323856019 (12 3245250)				
TNB_3	13,48 ± 1,89	13,02 ± 1,74	12,96 ± 1,95	0,52 n/a
LWBp_3	1,19 ± 0,18	1,18 ± 0,17	1,18 ± 0,19	0,01 n/a
rs318699665 (12 3455925)				
TNB_3	13,63 ± 1,96	13,07 ± 1,67	12,65 ± 1,71	0,98 n/a
LWBp_3	1,2 ± 0,17	1,18 ± 0,19	1,17 ± 0,18	0,03 n/a
rs81246169 (12 3957723)				
TNB_3	12,92 ± 1,6	13,09 ± 1,83	13,54 ± 1,89	-0,62 n/a
LWBp_3	1,12 ± 0,17	1,18 ± 0,18	1,2 ± 0,17	-0,08 n/a
rs334727649 (12 4006859)				
TNB_3	13,59 ± 1,89	12,75 ± 1,58	12,42 ± 2,08	1,17 n/a
LWBp_3	1,18 ± 0,18	1,2 ± 0,17	1,25 ± 0,18	-0,07 n/a
rs344792319 (12 4023403)				
TNB_3	13,67 ± 1,91	13,04 ± 1,71	12,49 ± 1,88	1,18 n/a
LWBp_3	1,2 ± 0,18	1,18 ± 0,18	1,18 ± 0,18	0,02 n/a
rs81277814 (15 32036023) - TUBGCP5				
TNB_3	12,93 ± 1,85	13,55 ± 1,82	13,82 ± 1,92	-0,89 n/a
LWBp_3	1,18 ± 0,18	1,2 ± 0,17	1,17 ± 0,19	0,01 n/a
rs81234801 (15 67118277) - ITGB6				
TNB_3	12,93 ± 1,82	13,14 ± 1,66	13,81 ± 2,05	-0,88 *
LWBp_3	1,19 ± 0,16	1,21 ± 0,17	1,16 ± 0,19	0,03 n/a

Примечание: Mean – среднее значение, SD – стандартное отклонение, LWBp\_3 – масса поросенка при рождении (кг), TNB\_3 – кол-во поросят при рождении (гол.), \*\*\* -  $p < 0,001$ , \*\* -  $p < 0,01$ , \* -  $p < 0,05$ , n/a -  $p > 0,05$

Полученные результаты подчёркивают значимость данных генетических маркеров для селекционной работы, так как они позволяют одновременно улучшать оба продуктивных показателя — массу и количество поросят при рождении у свиноматок крупной белой породы, что открывает возможности для смещения отрицательной корреляции между этими признаками.

### 3.7. Экономическая эффективность

Проведена оценка экономической эффективности использования ген-зависимой селекции в ЗАО «Племзавод - Юбилейный», направленной на отбор животных, обладающих желательными генотипами по генам *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *AGBL1* и генетическим вариантам rs80887103, rs342839983, оказывающим положительное влияние как на количество, так и на массу поросят при рождении. В 2024 году себестоимость выращивания племенного молодняка в хозяйстве составляет 140 руб/кг, цена реализации свинок - 190 руб/кг, хрячков - 210 руб/кг. Живая масса реализации - 110 кг

(50% свинки, 50% хрячки). Затраты на ДНК-генотипирование (6 вариантов) - 2100 руб/гол. Результаты расчетов экономической эффективности приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Экономическая эффективность выращивания свиноматок желательных генотипов, в расчёте на 100 голов в год

Показатели	Значение
Многоплодие, гол.	13,8
Увеличение многоплодия, относительно среднего показателя по стаду, гол.	1,3
Получено опоросов за год на 100 свиноматок, гол.	226
Количество поросят, полученных дополнительно, гол.	293,8
Количество племмолодняка на реализацию, гол.	261,5
из них свинок / хрячков, гол.	130,8/130,8
Общая масса племмолодняка при реализации, кг	28765
из них свинок / хрячков, кг	14 382,5/14 382,5
Выручка от реализации племмолодняка, тыс. руб.	5 753
из них свинок / хрячков, тыс. руб.	2 732,7/3 020,3
Себестоимость валового прироста живой массы, тыс. руб.	4 027,1
Затраты на проведение генотипирования, тыс. руб.	210
Итого затраты, тыс. руб.	4 237,1
Прибыли от реализации племмолодняка, тыс. руб.	1 515,9
Уровень рентабельности, %	35,8

Полученные результаты подтверждают, что внедрение ДНК-диагностики для отбора свиноматок с желательными генотипами экономически выгодно: ожидается увеличение прибыли на 1,5 млн руб. в год на 100 голов при рентабельности 35,8%, несмотря на затраты на генотипирование.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Средние показатели воспроизводительной продуктивности свиноматок в изучаемой выборке находились в пределах стандарта для крупной белой породы свиней. В среднем по трем опоросам количество поросят при рождении и многоплодие составило 13,4 и 12,5 гол., при максимальных показателях 18,5 и 17,7 гол. соответственно. Средняя масса гнезда и масса одного поросенка при рождении составили 14,8 и 1,2 кг, при максимальных показателях 20,5 и 1,6 кг соответственно.

2. Анализ корреляционной связи показал, что в изучаемой популяции между массой поросенка при рождении и количеством поросят при рождении наблюдается умеренная отрицательная связь (-0,35).

3. Определена генетическая дифференциация между группами свиней с низкой и высокой воспроизводительной продуктивностью и идентифицированы значимые генетические варианты, связанные с массой и количеством поросят при рождении. Установлено 17 SNPs, связанных с

массой поросят при рождении, 8 из которых были локализованы в генах *KIF13A*, *STK24*, *FDFT1*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *ENSSSCG00000054866*, *ENSSSCG00000058459*. Установлено 18 SNPs связанных с количеством поросят при рождении 10 из которых были локализованы в генах: *AIG1*, *ADGRG6*, *ENSSSCG00000046397*, *AGBL1*, *CEP120*, *AUTS2*, *AFF3*, *HNAT*, *TUBGCP5*, *ITGB6*.

4. Определены наиболее значимые генетические варианты, связанные с массой поросенка при рождении, локализованные в генах *STK24*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *FDFT1* и *ENSSSCG00000058459*, и генетические варианты rs81450496, rs80887103, rs81392150 и rs342839983 которые могут быть использованы в селекционно-племенной работе для повышения массы поросят при рождении. Среди них особое внимание заслуживают генетические варианты, расположенные в генах rs344327731 (*ADGRD1*), rs81261040 (*STX2*), и rs81450422 (*TMEM132D*) и rs80887103, rs342839983. Эти генетические варианты не только положительно влияют на массу поросят при рождении, но и способствуют увеличению количества поросят при рождении у свиней крупной белой породы. Полученные результаты открывают новые возможности для смещения отрицательной корреляции между количеством и массой поросят при рождении.

Так для варианта rs81450422 расположенного в гене *TMEM132D* в исследуемой выборке установлен желательный генотип *TMEM132D\_AA*, наличие которого у свиноматок крупной белой породы относительно других генотипов, связано с большей массой и количеством поросят при рождении. Свиноматки генотипа *TMEM132D\_AA* имели поросят с более высокой массой при рождении на 0,13 кг (11,4%;  $p < 0,01$ ), чем свиноматки генотипа *TMEM132D\_BB* и на 0,04 кг (3,3%;  $p < 0,1$ ) чем свиноматки генотипа *TMEM132D\_AB*. Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа *TMEM132D\_AA* на 0,5 голов (3,7%;  $p < 0,05$ ) и на 0,62 гол. (4,7%;  $p < 0,05$ ) больше, чем у свиноматок генотипа *TMEM132D\_BB* и *TMEM132D\_AB*.

Для варианта rs81261040 локализованного в гене *STX2* установлен желательный генотип *STX2\_AA*. Различия между генотипами *STX2\_AA* и *STX2\_BB* составили 0,13 кг (11,4%;  $p < 0,001$ ), между *STX2\_AA* и *STX2\_AB* – 0,07 кг (5,8%;  $p > 0,05$ ). Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа *STX2\_AA* на 0,07 гол. (0,52%;  $p < 0,05$ ) больше, чем у свиноматок генотипа *STX2\_BB* – 13,50 гол. и на 0,38 гол. (2,8%;  $p < 0,05$ ) больше, чем свиноматок с генотипом *STX2\_AB*.

Вариант rs344327731, расположенный в гене *ADGRD1*, оказывает положительное влияние на массу и количество поросят при рождении при генотипе *ADGRD1\_BB*. Свиноматки с этим генотипом имели поросят с массой на 0,13 кг (11,3%;  $p < 0,001$ ) больше, чем свиноматки генотипа *ADGRD1\_AA*. Достоверные различия также определены между генотипами *ADGRD1\_AB* и *ADGRD1\_AA* – 0,07 кг (6,1%;  $p < 0,05$ ). . Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа *ADGRD1\_BB* на 0,01 гол. (0,07%;  $p < 0,05$ ) меньше чем у

свиноматок генотипа *ADGRD1\_AA* и на 0,36 гол. (2,7%;  $p<0,05$ ) больше чем у свиноматок генотипа *ADGRD1\_AB*.

В генетическом варианте rs80887103 установлен положительный эффект генотипа rs80887103\_AA. Различия в массе поросят при рождении между генотипами rs80887103\_AA и rs80887103\_BB составляет 0,13 кг (11,4%;  $p<0,001$ ), а между rs80887103\_AA и rs80887103\_AB составляет 0,05 кг (4%;  $p>0,05$ ). Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа rs80887103\_AA на 0,3 гол. (2,2%;  $p<0,05$ ) и на 0,43 гол. (3,2%;  $p<0,05$ ) больше, чем свиноматки генотипа rs80887103\_BB и rs80887103\_AB соответственно.

Для генетического варианта rs342839983 желательным является генотип rs342839983\_BB. Свиноматки генотипа rs342839983\_BB имели поросят с массой при рождении на 0,11 кг (9,6%;  $p<0,01$ ) больше, чем свиноматки генотипа rs342839983\_AA и на 0,06 кг (4,9%;  $p>0,05$ ) больше, чем свиноматки генотипа rs342839983\_AB. Количество поросят при рождении у свиноматок генотипа rs342839983\_BB превышает свиноматок генотипа rs342839983\_AA на 0,04 гол. (0,3%;  $p<0,05$ ) и на 0,12 гол. (0,9%;  $p<0,05$ ) свиноматок генотипа rs342839983\_AB.

5. Определены наиболее значимые генетические варианты, связанные с количеством поросят при рождении, локализованные в генах *HNAT*, *AIG1*, *AGBL1*, *ITGB6*, а также rs81418212.

Особый интерес представляет генетический вариант rs80957165, локализованный в гене *AGBL1*. Установлена связь между генотипом *AGBL1\_AB* и большим количеством поросят при рождении, при этом данный генотип оказывает нейтральное влияние на массу поросят при рождении. По количеству поросят при рождении свиноматки генотипа *AGBL1\_AB* превосходили свиноматок генотипа *AGBL1\_BB* – на 0,97 гол. (7,8%;  $p<0,01$ ) и на 0,23 гол. (1,7%;  $p>0,05$ ) превосходили свиноматок генотипа *AGBL1\_AA*, в то время как разница между генотипом *AGBL1\_AA* и *AGBL1\_BB* составила 0,74 гол. (6%;  $p<0,05$ ). Масса поросят при рождении у свиноматок генотипа *AGBL1\_AB* на 0,02 кг (1,7%;  $p>0,05$ ) меньше, чем у свиноматок генотипа *AGBL1\_BB* и на 0,02 кг (1,7%;  $p>0,05$ ) больше, чем у свиноматок генотипа *AGBL1\_AA*.

6. В ходе исследований были выявлены генетические варианты, положительно влияющие как на массу поросят при рождении, так и на их количество. Среди таких вариантов обнаружены гены *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *AGBL1*, а также генетические маркеры rs80887103 и rs342839983.

7. Разработаны и запатентованы адаптированные под метод RealTimePCR тест-системы, для идентификации в гене *AIG1* желательного генотипа *AIG1\_GG* связанного с большим количеством поросят при рождении, в гене *ADGRD1* генотипа *ADGRD1\_GG* связанного с большей массой поросят при рождении у свиноматок крупной белой породы.

#### 4.1. Предложения производству

1. В селекционное племенное производство, направленное на улучшение воспроизводительной продуктивности свиноматок крупной белой породы, для повышения массы поросят при рождении рекомендуется использовать ДНК-диагностику по генам *STK24*, *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *FDFT1* и *ENSSSCG00000058459*, и генетическим вариантам rs81450496, rs80887103, rs81392150 и rs342839983, для повышения количества поросят при рождении по генам *HNAT*, *AIG1*, *AGBL1*, *ITGB6* и генетическому варианту rs81418212.

2. Для одновременного увеличения массы и количества поросят при рождении у свиноматок крупной белой породы рекомендуем использовать ДНК-диагностику по генам *ADGRD1*, *STX2*, *TMEM132D*, *AGBL1* и генетическим вариантам rs80887103, rs342839983.

3. Использовать разработанные тест-системы, адаптированные под метод RealTimePCR идентификации в гене *AIG1* желательного генотипа *AIG1\_GG* связанного с большим количеством поросят при рождении, в гене *ADGRD1* генотипа *ADGRD1\_GG* связанного с большей массой поросят при рождении у свиноматок крупной белой породы.

#### 4.2. Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшие исследования генома свиней и поиск значимых генетических вариантов, связанных с увеличением массы и количества поросят при рождении будет способствовать повышению продуктивности свиноматок и улучшению генетической структуры стада, что положительно скажется на экономической эффективности отрасли.

Целесообразно провести дальнейшие исследования, направленные на интеграцию обнаруженных генетических вариантов в систему прогнозирования племенной оценки свиней, основанной на GBLUP. Научный и практический интерес также представляет поиск новых значимых генетических маркеров для признаков воспроизводительной продуктивности свиноматок, например, таких, как молочность и мётворожденность.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### **Патент на изобретение**

Патент № 2837628 С1 Российская Федерация, МПК С12N 15/12, А01К 67/02, С12Q 1/68. Способ оценки воспроизводительных качеств свиней крупной белой породы на основе вариантов SNP в генах ADGRD1 и AIG1: заявл. 30.11.2023: опубл. 02.04.2025 / Е. А. Романец, С. Ю. Бакоев, М. А. Колосова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет".

### **В изданиях, цитируемых в международных базах**

Evaluation of genetic differentiation and search for candidate genes for reproductive traits in pigs / E. Romanets, S. Bakoev, T. Romanets, M. Kolosova, A. Kolosov, F. Bakoev, O. Tretiakova, A. Usatov, L. Getmantseva // Animal Bioscience. – 2024. – Vol. 37, No. 5. – P. 832-838. – DOI 10.5713/ab.23.0297.

### **Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Влияние гена TMEM132D на воспроизводительные качества свиноматок / Е. А. Романец, Т. С. Романец, А. А. Алексеев, Л. В. Гетманцева // Свиноводство. – 2024. – № 1. – С. 28-30. – DOI 10.37925/0039-713X-2024-1-28-30.

2. Поиск новых локусов и генов-кандидатов, влияющих на репродуктивную эффективность свиней / Е. А. Романец, Л. В. Гетманцева, А. В. Радюк, Т.С.Романец, А.И. Мишина, А.В. Коробейникова, Ш.Ш. Кабиева, А.А. Алексеев, С.Ю. Бакоев // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2023. – № 10. – С. 22-26. – DOI 10.37882/2223-2982.2023.10.32.

3. Поиск генетических маркеров для селекционно-племенной работы, направленной на повышение массы поросят при рождении / Е. А. Романец, Т. С. Романец, О. Л. Третьякова, Л. В. Гетманцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24, № 5. – С. 839-848. – DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.5.839-848.

### **Статьи в сборниках научных трудов, материалах конференций и других изданиях**

1. Поиск новых локусов и генов-кандидатов, связанных с количеством поросят при рождении у свиней крупной белой породы / Е. А. Романец, М. А. Колосова, Т. С. Романец, И.С. Бакоева, Л.В. Гетманцева // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 23-26. – DOI 10.48612/sbornik-2024-1-7.

2. Поиск приоритетных SNP и генов-кандидатов, связанных с массой

поросят при рождении свиней крупной белой породы / Е. А. Романец, М. А. Колосова, Т. С. Романец, Л. В. Гетманцева // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2023. – Т. 12, № 1. – С. 347-350. – DOI 10.48612/sbornik-2023-1-84. – EDN NAFMYO.

3. Поиск генов-кандидатов селекционно-значимых признаков свиней на основе полногеномного генотипирования / Е. А. Романец, М. А. Колосова, Т. С. Романец, Л. В. Гетманцева // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 321-323. – DOI 10.48612/sbornik-2022-1-81.

4. Идентификация генов-кандидатов для массы поросят при рождении / Е. А. Романец // Сборник научных трудов Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук. – 2023. Т. 11, № 1. – С. 359-362.