

На правах рукописи

Фролов Алексей Николаевич

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНЫХ И
АДАПТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ
НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора биологических наук

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов
животноводства

Оренбург – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении
«Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук»

Научный консультант: доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН

Мирошников Сергей Александрович

Официальные оппоненты: **Ранделин Дмитрий Александрович**, доктор
биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный аграрный
университет», факультет биотехнологий и
ветеринарной медицины, декан

Кульмакова Наталия Ивановна, доктор
сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО
«Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева», кафедра
ветеринарной медицины, профессор

Усков Геннадий Евгеньевич, доктор
сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО
«Курганская государственная сельскохозяйственная
академия имени Т.С. Мальцева», кафедра ветеринарии
и зоотехнии, профессор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Федеральный исследовательский центр
животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»

Защита диссертации состоится 1 октября 2021 года в 10⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д 006.040.01 на базе ФГБНУ «Федеральный научный
центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» по
адресу: 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел. 8 (3532) 30-81-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Федеральный
научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии
наук» и на сайте: <http://www.fncbst.ru>, с авторефератом – на сайтах
<http://www.fncbst.ru> и <http://www.vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Завьялов
Олег Александрович

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из важнейших задач современного животноводства является увеличение продуктивного потенциала скота, реализация которой невозможна без полноценного кормления, в том числе с учетом обеспеченности химическими элементами (Балакирев Н.А., 2016; Чинаров А.В., 2017). Важность минерального питания определяется широким перечнем химических элементов, оказывающих влияние на продуктивные и репродуктивные качества сельскохозяйственных животных (Валюшкин К.Д., 1981; Донник И.М. и др., 2016, Costa e Silva LF et al., 2015; Niedermayer EK et al., 2018; Hill GM and Shannon MC., 2019).

Между тем, по мере развития науки о кормлении сельскохозяйственных животных, становится очевидным, что дальнейшим этапом развития этого направления станет контроль и оптимизация поступления минеральных веществ рациона с помощью неизвлекаемых методов оценки метаболизма в организме, включающих определение мультиэлементного состава биосубстратов. Это подтверждается широким использованием данных методов в медицине при оценке и коррекции элементозов человека (Скальный А.В., 2000), о чем свидетельствует более 1 млн. обращений людей в лабораторию Dr. Skalny lab (<https://microelements.ru/>). В животноводстве использование этих методов пока ограничено, ввиду отсутствия научно-обоснованных референтных норм содержания химических элементов в биосубстратах.

Применяемые для этих целей исследования крови (Garland M et al., 1993; Nabatov AA et al., 2016), слюны (Horvath PJ et al., 1997), ряда других биосубстратов зачастую являются не информативными ввиду реализации механизмов гомеостаза, а по некоторым химическим элементам – из-за больших их суточных колебаний (Hambidge KM et al., 1989).

В этой связи одним из перспективных методов мониторинга обмена химических веществ может стать оценка элементного состава шерсти, которая как индикаторный показатель указывает на концентрацию и активность химических элементов в других органах и тканях организма (Miroshnikov SA et al., 2015). Это объясняется тесной связью элементов в шерсти и крови (Patra RC et al., 2006; Pavlata L et al., 2011), что позволяет использовать этот субстрат в качестве маркера при оценке минерального питания животных (Combs DK, 1987; Pieper L et al., 2016).

В связи с этим в животноводстве, включая мясное скотоводство и козоводство, у мультиэлементного анализа шерсти имеются большие перспективы использования. Это обусловлено как необходимостью мониторинга и коррекции элементного статуса животных при транспортировке на большие расстояния, ввозе скота из-за рубежа, так и для достижения максимальной продуктивности при откорме, в том числе при использовании решений Complete Feed System.

Степень разработанности темы. Значительный задел по оценке элементного состава волос с интерпретацией полученных данных сделан в медицине.

Медицинская элементология за последние годы прошла путь, от разработки аналитических методов исследования и первичного формирования баз данных до установления референтных и центильных значений элементного состава биосубстратов человека и широкомасштабного использования новых знаний на практике. Существующий алгоритм выявления и коррекции элементозов человека по составу волос в литературе известен как «метод доктора Скального» и основывается на исследовании высокоточными методами мультиэлементного состава биосубстратов человека с последующим сравнением полученных данных с физиологическими нормами содержания веществ. Принципиальной важностью метода является

индивидуальный подход при изучении элементного статуса (Скальный А.В., 2004). Его широко используют при оценке экологической обстановки регионов (Отмахов В.И., и др., 2017; Корчина Т.Я. и др., 2019; Яхина М.Р. и др., 2019), вредных производств (Некрасов В.И. и Ефимов С.В., 2006), нарушений когнитивных функций (do Nascimento SN et al., 2014), определении психического развития (Залата О.А. и Евстафьева Е.В., 2012), выявлении эндемического зоба (Кудабаева Х.И., 2016), сердечно-сосудистых заболеваний (Choi HI et al., 2019), склероза (Tamburo E et al., 2015), диабета (Siddiqui K et al., 2014), шизофрении (Liu T et al., 2015), заболеваний глаз (Нотова С.В., 2004), выявлении рака (Юсупбеков А.А. и др., 2019, Choi R et al., 2018) и др.

Практика использования метода в животноводстве значительно скромнее и представлена отдельными исследованиями по оценке молочной продуктивности (Мирошников С.А. и др., 2019; Казакова Т.В. и др., 2020), спортивных качеств лошадей (Kalashnikov V et al., 2019).

Это не позволяет в полном объеме реализовать генетический потенциал животных, в результате маточное поголовье используется непродолжительное время, снижается воспроизводительная способность животных, молодняк не проявляет высоких продуктивных качеств.

Цель и задачи исследований. Целью исследований в соответствии с «Программой фундаментальных и приоритетных прикладных исследований по развитию Агропромышленного комплекса РФ на 2011-2015 годы» и «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы» (госрегистрация: № 01201156574, № 01201254124, № 01201354357, № 01201460192, № 115040610068, № 116022610020, № АААА-А17-117021650036-2, № АААА-А18-118042090035-3, № АААА-А19-119040290045-5), являлась разработка технологии повышения продуктивных и адаптационных качеств мясного скота (*Bos taurus*) и коз (*Capra*), на основе оценки и коррекции элементного статуса.

В соответствии с поставленной целью ставились следующие задачи:

1. Оценка возрастных и гендерных различий элементного статуса животных для разработки методов повышения продуктивных качеств мясного скота.

2. Определить референтные концентрации 25 химических элементов в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (коровы, телки, бычки), белых коз оренбургской породы для совершенствования методов выращивания животных.

3. Установить региональные особенности элементного статуса мясных коров для обоснования хозяйственно-биологических параметров их оценки.

4. Изучить адаптационные качества, элементный статус коров герефордской породы канадской селекции разных поколений в условиях Южно-Уральской биогеохимической провинции.

5. Провести апробацию разработанной технологии при оценке элементного статуса телок герефордской породы импортной селекции различной продуктивности;

6. Установить изменения продуктивных качеств и элементного статуса бычков мясного направления продуктивности в зависимости от полиморфизма гена GDF5.

7. Изучить элементный статус по уровню концентраций химических элементов в шерсти и мясе, мясную продуктивность, качество мяса и экономическую эффективность отбора бычков для откорма в зависимости от полиморфизма гена bGH.

8. Разработать способы повышения продуктивных и воспроизводительных качеств скота мясного направления продуктивности на основе изучения элементного статуса.

9. Дать оценку экономической эффективности применения разработанных методов и подходов.

Научная новизна работы состоит в разработке и апробации новой технологии повышения продуктивных и адаптационных качеств сельскохозяйственных животных на основе оценки и коррекции элементного статуса, оцениваемого по концентрации химических элементов в шерсти.

На основании проведенных исследований впервые установлены референтные интервалы содержания 25 химических элементов (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg, Sr, V, Zn) в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (коровы, телки, бычки), белых коз оренбургской породы; выявлены региональные особенности элементного статуса коров мясного направления продуктивности.

Впервые выявлено влияние полиморфизма генов GDF5 и bGH на элементный статус, мясную продуктивность и качество мяса бычков мясного направления продуктивности, определена концентрация 25 химических элементов в длиннейшей мышце спины молодняка разных генотипов.

Описаны способы отбора бычков с высоким потенциалом весового роста по уровню концентраций Ca, Zn, Cu, Mn в шерсти (RU 2668335), коэффициентам токсической нагрузки, вычисляемым по соотношению токсичных (Al, Pb) к эссенциальным (I и Se) микроэлементам (RU 2722045) и суммарной токсической нагрузкой организма (Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr) (RU 2747469).

Установлена связь между уровнями концентраций Cu, I, Se, Zn и воспроизводительными качествами, на основании этих данных предложен способ ранней диагностики воспроизводительной способности мясных коров по элементному составу шерсти (RU 2630986).

Установлен факт снижения воспроизводительных качеств коров мясного направления продуктивности при уровне концентрации йода ниже 0,28 мг/кг и селена ниже 0,58 мг/кг в шерсти. На основании этих данных предложен способ повышения воспроизводительной способности коров мясных пород путем коррекции элементного статуса (RU 2689678).

Теоретическая значимость работы. В результате комплексных эколого-физиологических, клинико-биохимических исследований и математической обработки полученных данных определены референтные интервалы содержания химических элементов в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (коровы, телки, бычки), коз оренбургской породы, в отдельной биохимической провинции (Оренбургская область). Полученные данные позволяют выявлять элементозы скота и предсказывать динамику пулов отдельных элементов в организме животных, включая стадию «преддефицита», оказывающих влияние на продуктивные и адаптационные качества животных.

Выдвинутая гипотеза об информативности шерсти в качестве биосубстрата при оценке элементозов крупного рогатого скота мясного направления продуктивности и коз оренбургской породы доказана сравнительной оценкой уровня концентраций химических элементов и продуктивных качеств животных.

Выявленные возрастные и гендерные различия в элементном статусе крупного рогатого скота позволяют дифференцировано подходить к решению проблемы элементозов мясного скота.

Определенные особенности в формировании обменных пулов химических элементов в зависимости от генотипа по генам GDF5 и bGH могут быть использованы при описании реализации генетических возможностей животных.

Практическая значимость работы. Реализация способов отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти позволяет с 8- до 18-месячного возраста повысить живую массу молодняка на 2,3-8,4 %, среднесуточные приросты – на 5,1-15,6 %.

Формирование групп бычков для откорма по полиморфизму генов GDF5 и bGH позволяет повысить живую массу к 18-месячному возрасту на 4,1-7,8 %, среднесуточный прирост – на 4,4-8,3 %, получать дополнительную прибыль в расчете на 1 голову – 3456-6372 рубля, повысить уровень рентабельности производства – 5,6-10,4 %.

Внедрение способа ранней диагностики воспроизводительной способности коров мясного направления продуктивности позволяет до случайной компании выявлять животных с низким уровнем элементов, влияющих на биологические процессы, включая воспроизводство, что дает возможность проводить с ними индивидуальную коррекцию выявленных элементозов.

Предлагаемый способ повышения воспроизводительной способности коров мясных пород позволяет в дефицитных по I и Se стадах на 26 % повысить приход коров в охоту, выход телят – на 46 %, уровень рентабельности – на 72,9 %.

Материалы диссертационного исследования опубликованы в справочном пособии для сельхозтоваропроизводителей: «Система устойчивого развития сельского хозяйства Оренбургской области» (2019); монографии «Оценка элементного гомеостаза человека и животных», рекомендованной для биологов, физиологов, биохимиков и специалистов, изучающих обмен макро- и микроэлементов в организме человека и животных, а также студентов биологических, аграрных, медицинских, фармацевтических вузов.

Методология и методы исследования. Спектр методов, использованных для достижения поставленной цели и решения задач, включал: зоотехнические, биохимические, физические, химические, физиологические и математические методы. Исследования выполнялись с использованием материально-технической и методической базы Центра коллективного пользования ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (ФНЦ БСТ РАН, г. Оренбург); АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва).

Методы и подходы реализованы с использованием целого ряда предприятий, в том числе Оренбургская область: ООО КХ им. Калинина (с 2013 года – ООО СП «Колос»), СПК колхоз «Красногорский», СПК «им. Фурманова», СПК (колхоз) «Донской», ООО «Жуково», КФХ Ирхатов М.Х., ИП КФХ Звезда И.М., ИП КФХ Башбаев А.Ж.; Челябинская область: ООО «Совхоз Брединский», ООО Агрофирма «Андреевская; Курганская область: ООО «Суерь».

Полученные результаты обработаны с применением общепринятых методик при помощи программного пакета «Statistica 10.0 RU» (StatSoft, Inc., США).

Основные положения, выносимые на защиту:

- разработку референтных интервалов необходимо проводить дифференцировано для каждой половозрастной группы мясного скота (коровы, телки, бычки);

- оценку элементного статуса мясного скота и коз оренбургской породы как на индивидуальном, так и на групповом уровнях следует проводить на основании

данных многоэлементного анализа шерсти с обязательной интерпретацией полученных результатов относительно границ референтных интервалов;

- эколого-биогеохимические условия Оренбургской области влияют на элементный статус коров мясного направления продуктивности, что характеризуется повышением концентраций K, Mg, P, Na, Se, Zn, Li, Si и дефицитом Mn, B, Cu, Cr, Fe в шерсти;

- процесс адаптации сопряжен с изменениями в элементном статусе, что отражается на воспроизводительных качествах скота;

- полиморфизм генов GDF5, bGH влияет на элементный статус и продуктивные качества бычков;

- уровень макро- и микроэлементов в шерсти влияет на интенсивность роста бычков при откорме;

- коррекция элементного статуса мясных коров со сниженной концентрацией I и Se повышает воспроизводительные качества и рентабельность ведения отрасли.

Степень достоверности и апробация работы. Научные положения, выводы и предложения производству обоснованы и базируются на аналитических и экспериментальных данных, степень достоверности которых доказана путем статистической обработки. Выводы и предложения основаны на научных исследованиях, проведенных с использованием современных методов анализа и расчета. Основные материалы диссертационной работы доложены на международных научно-практических конференциях (Санкт-Петербург, 2017; Волгоград, 2017, 2019; Оренбург, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019; Курган, 2018; Уфа 2019, 2020; Дивово, 2018; Душанбе, 2018), Российской научно-практической конференции с международным участием (Оренбург, 2019).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по проектам РНФ № 14-16-00060, а также Правительства Оренбургской области в сфере научной и научно-технической деятельности «Разработка комплексной программы и внедрение передовых технологий, обеспечивающих увеличение производства говядины в Оренбургской области» (Постановление № 38 от 25.06.2015).

Основные положения работы доложены и обсуждены на расширенном заседании научных сотрудников отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Оренбург, 2020).

Реализация результатов исследований. Результаты работы внедрены в производство сельскохозяйственных предприятий и крестьянско-фермерских хозяйств Оренбургской области: ООО СП «Колос», СПК колхоз «Красногорский», СПК «им. Фурманова», ИП КФХ Звезда И.М., ИП КФХ Башбаев А.Ж.

Публикация материалов исследований. По теме диссертации опубликовано 49 научных работ, в том числе 1 – монография; 5 – статей в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus; 18 – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Новизна исследований подтверждена 7 патентами РФ на изобретения.

Объем и структура работы. Материалы диссертации изложены на 306 страницах компьютерного текста и включают введение, обзор литературы, собственные исследования, обсуждение полученных результатов исследований, заключение, рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы. Список литературы включает 735 источник, в том числе 628 – зарубежных авторов. Работа иллюстрирована 67 таблицами, 42 рисунками.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были выполнены в период 2010-2020 гг. в отделе технологии мясного скотоводства и производства говядины Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (до 2018 года – Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства). Лабораторные исследования выполнены с использованием материально-технической и методической базы Центра коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации RA.RU21ПФ59 от 02.12.15), отдельные исследования проводились в рамках научной коллаборации с АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва, Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017 – 5.0406; аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦАО.311) и ИЦ ФГБУ «ВНИИЗЖ» (аттестат аккредитации РООСС RU.0001.21ПП74 от 19.05.16).

Научно-хозяйственные эксперименты выполнялись в условиях ООО СП «Колос», СПК колхоз «Красногорский», СПК «им. Фурманова», ООО «Жуково», СПК (колхоз) «Донской», КФХ Ирхатов М.Х., ИП КФХ Звезда И.М., ИП КФХ Башбаев А.Ж. Оренбургской области; ООО «Совхоз Брединский», ООО Агрофирма «Андреевская» Челябинской области, ООО «Суерь» Курганской области.

Обслуживание и экспериментальные исследования на животных были выполнены в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009), а также согласно рекомендациям «The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшению количества используемых опытных образцов.

Схема исследований предполагала разработку и апробацию технологии выявления, профилактики и коррекции элементозов мясного скота и коз по элементному составу шерсти. Выбор методических приемов и объем исследований определялись целью и задачами работы, состоящей из нескольких этапов (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Этапы исследования				Кол-во живот-ных	Кол-во проб	Кол-во измере-ний
Задача 1	Определить возрастные и гендерные различия в концентрациях химических элементов в шерсти мясного скота					
Объект	Крупный рогатый скот герефордской породы					
	коровы (n=30)	телки (n=134)	бычки (n=230)	394		
Методы	ISP-MC – элементный состав шерсти по 25 показателям				394	9850
Задача 2	Определить референтные концентрации 25 химических элементов в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, коз					
Объект	Крупный рогатый скот герефордской, казахской белоголовой, абердин-ангусской, калмыцкой, симментальской (мясной тип) пород, козы оренбургской породы				2537	
	коровы (n=988)	телки (n=482)	бычки (n=644)	козы (n=423)		
Методы	ISP-MC – элементный состав шерсти по 25 показателям				2537	63425
	Оценка пуховой продуктивности коз				100	100
Задача 3	Установить региональные особенности элементного статуса коров мясного направления продуктивности на примере Оренбургской области					
Объект	Коровы герефордской (n=79), казахской белоголовой (n=87), калмыцкой (n=24) пород				190	

Методы	Морфологические и биохимические показатели крови		380	1520
	ISP-МС – элементный состав шерсти по 25 показателям		190	4750
	Оценка молочности коров		140	140
Задача 4	Выявить адаптационные качества, элементный статус коров разных поколений и телок различной продуктивности герефордской породы канадской селекции в условиях Оренбургской области			
Объект	Коровы (n=414), телки (n=100)	514		
Методы	Оценка воспроизводительных качеств		374	15468
	Биохимические показатели крови		104	1514
	ISP-МС – элементный состав шерсти по 25 показателям		260	6500
	Оценка продуктивных качеств телок		100	300
	Клиническое обследование (температура, частота дыхания и пульса), коэффициенты адаптации, термоустойчивости, индекс теплоустойчивости		24	432
	Оценка естественной резистентности		60	180
	Этологические исследования		15	90
	Морфологические и биохимические показатели крови		21	210
Задача 5	Изучить элементный состав в шерсти, мяса, мясную продуктивность, качество мяса и экономическую эффективность отбора бычков для откорма в зависимости от полиморфизма генов GDF5, bGH			
Объект	Бычки калмыцкой породы (по гену GDF5 n=182, по гену bGH n=100)	282		
Методы	Определение полиморфизма генов GDF5, bGH		282	282
	ISP-МС – элементный состав шерсти по 25 показателям		124	3100
	ISP-МС – элементный состав мяса по 25 показателям		15	375
	Оценка продуктивных качеств бычков		282	1128
	Линейный рост		54	1134
	Морфологические и биохимические показатели крови, антиоксидантный статус, перекисное окисление липидов		144	1824
	Убойные показатели, качество мяса		45	420
Задача 6	Разработка способов отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти			
Объект	Бычки герефордской (n=105), казахской белоголовой (n=60), калмыцкой пород (n=378)	543		
Методы	ISP-МС – элементный состав шерсти по 25 показателям		141	3525
	ISP-МС – элементный состав шерсти по Ca, Zn, Cu, Mn		120	480
	ISP-МС – элементный состав шерсти по Al, Pb, I, Se		182	728
	ISP-МС – элементный состав шерсти по Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr		100	600
	Оценка продуктивных качеств бычков		543	1086
Задача 7	Разработка способа ранней диагностики воспроизводительной способности коров по элементному составу шерсти			
Объект	Коровы герефордской породы (n=120)	120		
Методы	ISP-МС – элементный состав шерсти по 25 показателям		60	1500
	ISP-МС – элементный состав шерсти по Ca, Zn, Cu, Mn		120	480
	Определение стельности		120	120
	Оценка воспроизводительных качеств		60	360
Задача 8	Разработка способа повышения адаптационной способности импортного мясного скота на основе коррекции элементного статуса животных			
Объект	Коровы герефордской породы импортной селекции (n=48)	48		
Методы	ISP-МС – элементный состав шерсти по 25 показателям		108	2700
	Морфологические и биохимические показатели крови, антиоксидантный статус, перекисное окисление липидов, гормоны		96	1128
	Определение качества молока		30	420
	Оценка воспроизводительных качеств		30	390
ИТОГО		4628	7255	126159

В ходе исследований на животных рационы составлялись согласно детализированных норм кормления (Калашников А.П. и др., 2003). Питательная ценность и минеральный состав кормов, используемых в рационах кормления скота, определялись лабораторно.

Для решения задачи № 1 «Определение возрастных и гендерных различий в концентрациях химических элементов в шерсти мясного скота» научно-хозяйственный эксперимент был проведен на базе ООО Агрофирма «Андреевская» Челябинской области. В эксперименте участвовали животные герефордской породы: коровы ($n=30$), возраст – 5 лет, живая масса – $490,1 \pm 4,2$ кг, 6-8 месяц лактации; телки ($n=134$), возраст – 5-8 месяцев, живая масса – $170,4 \pm 8,9$ кг; бычки ($n=230$), возраст – 5-8 месяцев, живая масса – $186,2 \pm 9,2$ кг. В ходе эксперимента у всех животных в августе был проведен отбор шерсти.

Для решения задачи № 2 «Определение референтных интервалов концентраций 25 химических элементов в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности и коз оренбургской породы» скрининговые обследования были проведены на базе хозяйств Оренбургской, Челябинской и Курганской областей. Выборка представлена следующими породами крупного рогатого скота мясного направления продуктивности: герефордской ($n=788$), казахской белоголовой ($n=574$), абердин-ангусской ($n=273$), калмыцкой ($n=325$), симментальской (мясной тип) ($n=154$). Половозрастной состав выборки: коровы ($n=988$, возраст – 3-8 лет), телки ($n=482$, возраст – 5-18 месяцев), бычки ($n=644$, возраст – 6-18 месяцев).

Обследование было также проведено на козах оренбургской породы ($n=423$, возраст – 2,5-5 лет) в условиях СПК (колхоз) «Донской» Оренбургской области. Для оценки пуховой продуктивности коз ($n=100$, возраст – 3 года) использовались данные по начесу. В соответствии с полученными данными животных разделили на 3 группы: I ($n=30$) – начес пуха $122 \pm 29,7$ г, II ($n=36$) – начес пуха $198 \pm 33,3$ г, III ($n=34$) – начес пуха $314 \pm 44,5$ г.

Референтные интервалы содержания химических элементов в шерсти животных были рассчитаны по рекомендациям ИЮПАК (Poulsen OM et al., 1997) и ASVCP (Friedrichs KR, 2012) (2,5-97,5 перцентиль) и по рекомендациям Skalnaya MG et al. (2003) (25-75 перцентиль).

Для решения задачи № 3 по установлению региональных особенностей элементного статуса коров мясного направления продуктивности на примере Оренбургской области научно-хозяйственный эксперимент был проведен в условиях ООО СП «Колос», СПК колхоз «Красногорский», СПК «им. Фурманова», ООО «Жуково», КФХ Ирхатов М.Х. На первом этапе исследований произведен отбор животных: коровы казахской белоголовой ($n=87$), калмыцкой ($n=24$) и герефордской ($n=79$) пород, возраст – 3-5 лет, средняя живая масса – $502,4 \pm 17,8$ кг. Для подтверждения физиологического здоровья у животных были взяты пробы крови для проведения морфологического и биохимического анализов. На втором этапе произведен анализ шерсти и рассчитаны референтные интервалы содержания химических элементов по рекомендациям Skalnaya MG et al. (2003) (25-75 перцентиль).

Оценка молочности коров герефордской породы (ООО СП «Колос») проводилась по контрольному взвешиванию бычков в 205-дневном возрасте ($n=140$). На основании этих данных были сформированы две группы коров с минимальной и максимальной молочностью ($n=40$): I – с молочностью $183,2 \pm 2,04$ кг (пол – бычки, среднесуточный прирост с рождения до 7-месячного возраста – 700-800 г) и II группа – с молочностью $230 \pm 2,14$ кг (пол – бычки, среднесуточный прирост – 901 и более

грамм). Выделенные группы сравнивались по элементному составу шерсти с разработанными региональными референтными интервалами.

Решение задачи № 4 по определению адаптационных качеств, элементного статуса коров разных поколений и телок различной продуктивности герефордской породы канадской селекции в условиях Оренбургской области проводилось в ООО СП «Колос» в два этапа.

На первом этапе на протяжении 4 лет проведена оценка воспроизводительных качеств импортного скота, завезенного в хозяйство в 2009 году из канадской провинции Квебек (n=374). Для оценки обмена веществ в процессе адаптации в динамике (зима, весна, осень) изучены биохимические показатели крови, включая концентрацию химических элементов (Ca, P, Se, Fe, Cu, Co, Zn, Mn; n=21). Сравнительная оценка воспроизводительных качеств и элементного состава шерсти в процессе адаптации производилась на животных трех поколений в ноябре 2015 года: I группа – животные, полученные в марте-апреле 2008 года на территории провинции Квебек (Канада) и привезённые в хозяйство в 2009 году (n=30); II группа – их потомки первого поколения (n=28; ноябрь-декабрь 2010 года рождения); III группа – потомки второго поколения (n=27; ноябрь-декабрь 2013 года рождения). Осеменение коров и телок осуществлялось спермой канадских быков-производителей. В период сравнительной оценки поколений рацион кормления в стойловый период состоял из следующих компонентов: сено житняковое – 4 кг, силос кукурузный – 10 кг, сенаж из суданской травы – 8 кг, концентраты – 3,0 кг, в пастбищный период – злаковое разнотравье.

Воспроизводительные качества импортного скота оценивались по показателям: оплодотворяемость от 1, 2, 3 случек, количество неоплодотворенных, выбраковка по причине послеродовых осложнений и другим видам, количество выкидышей, выход телят и их сохранность; в разрезе 3 поколений по количеству пришедших в охоту (выявление не менее 2 раз в сутки), осемененных, (осеменение коров искусственное в 3 этапа, первое осеменение с 15 февраля по 10 марта, второе – с 11 марта по 4 апреля, третье – 5 апреля по 28 апреля), потраченных доз на осеменение, аборт, полученных телят.

На втором этапе были изучены элементный статус и продуктивные качества телок герефордской породы импортной селекции (полученных в ноябре; n=100), которых на основании интенсивности роста в период с рождения до 8-месячного возраста разделили на 3 группы: I группа (n=19) – с продуктивностью 600-700 г, II (n=67) – 701-800, III (n=34) – 801-900 г.

Коровы, от которых получены телята, отбирались по возрасту (третий-четвертый отелы) и живой массе (600-730 кг). Для случки использовались быки-производители этой же породы. Технология содержания подопытных животных осуществлялась в полном соответствии с рекомендациями технологии мясного скотоводства по системе «корова-теленки».

В период безотъемного выращивания (с рождения до 8 месяцев) телки находились на подсосе под матерями-кормилицами в одинаковых условиях кормления и содержания. В пастбищный период кроме молока матери и пастбищной травы телят подкармливали концентратами из расчета 1 кг на 100 кг живой массы. В стойловый период рационы животных состояли из сена злаково-бобового, силоса кукурузного, комбикорма и патоки кормовой и были рассчитаны на получение 800-850 г среднесуточного прироста в период 0-8 месяцев и 650-700 г – с 9 до 18 месяцев.

Оценка влияния продуктивности на элементный статус телок проведена на основании химического анализа шерсти по 25 показателям в 14- и 18-месячном возрасте у всех опытных животных.

Весовой рост подопытных животных изучали путем ежемесячных индивидуальных взвешиваний. Расчетным методом определяли абсолютный и среднесуточный приросты, а также относительную скорость роста телок.

Оценка физиологического состояния телок проводилась на основании клинического обследования (температура тела, частота дыхания и пульса), расчета коэффициентов адаптации, термоустойчивости, индекса теплоустойчивости в 8-месячном возрасте. Оценка гематологических показателей (11 показателей) – в возрасте 13 месяцев.

Оценка естественной резистентности телок проведена на основании показателей бета-лизиновой, бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови. Суточный ритм основных элементов поведения подопытного молодняка изучали методом хронометража.

Решение задачи № 5 по изучению элементного состава шерсти, мяса, мясной продуктивности, качества мяса и экономической эффективности отбора бычков для откорма в зависимости от полиморфизма генов GDF5 и bGH проведено в несколько этапов.

С целью выявления одного нуклеотидного полиморфизма (SNP) на первом этапе – в гене GDF5 (T586C в экзоне 1) (n=182), на втором – в гене bGH (C/G, rs135322669) (n=100), произведен отбор проб крови от бычков калмыцкой породы в СПК колхоз «Красногорский».

Изучение интенсивности роста исследуемых животных с рождения до 18-месячного возраста осуществляли на основании индивидуальных ежемесячных взвешиваний. Расчетным методом определяли абсолютный и среднесуточный приросты, а также относительную скорость роста.

Отбор проб крови (n=48), шерсти (n=124), взятие промеров тела (n=54) производились для каждой полиморфной группы животных.

Изучаемые показатели: элементный состав шерсти (n=25); интенсивность роста (n=4), биохимические (n=17) и морфологические (n=18) показатели крови, антиоксидантный статус (n=2), перекисное окисление липидов (n=1), промеры тела (n=10), индексы телосложения (n=11).

Для оценки влияния полиморфизма гена bGH на мясную продуктивность бычков в возрасте 18 месяцев проводили контрольный убой в условиях ООО "ОРЕНБИВ" (г. Оренбург) по 5 голов из каждой группы, на основании которого были изучены убойные показатели по методике ВАСХНИЛ, ВИЖ, ВНИИМП (1977).

Анализ химического состава продуктов убоя проводили в пробах (по 200 г) длиннейшей мышцы спины и мяса-фарша (400 г), где определяли сухое вещество, влагу, белок, жир и золу. Элементный состав мяса изучен в длиннейшем мускуле спины.

Расчет экономической эффективности отбора животных по полиморфизму гена bGH осуществляли по фактическим показателям затрат, а также стоимости 1 кг мяса.

Для решения задачи № 6 по разработке способов отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти были проведены три эксперимента.

Первый эксперимент проведен на бычках герефордской породы (n=45), которых в возрасте 8 месяцев на основании интенсивности их роста в период с рождения до 8-месячного возраста разделили на 3 группы: I группа – с продуктивностью 700-800 г, II – 801-900, III – 901 и более грамм, от которых был произведен отбор проб шерсти.

Весовой рост до 8-месячного возраста изучали путем ежемесячных индивидуальных взвешиваний (журнал регистрации приплода и выращивания

молодняка (форма 4-МЯС). Расчетным методом определяли абсолютный и среднесуточный приросты.

Для проверки достоверности заявленного способа в ООО СП «Колос» Саракташского района Оренбургской области было подобрано 120 голов физиологически здоровых бычков казахской белоголовой и герефордской пород, у которых в месячном возрасте (ноябрь-декабрь) отбирали образцы шерсти для исследования уровня концентраций в ней кальция, цинка, меди и марганца. На основании этого животных разделили на 3 группы: I – 21 голова, II – 62 и III – 37 голов с последующим изучением их продуктивных качеств.

Второй эксперимент проведен на клинически здоровых бычках калмыцкой породы (n=60), находящихся на откормочной площадке, разводимых в условиях одной биогеохимической провинции (СПК колхоз «Красногорский» Саракташского района Оренбургской области), у которых была изучена интенсивность роста с 11 до 12 месяцев. Расчетным методом определен абсолютный и среднесуточный приросты. В 12-месячном возрасте произведен отбор проб шерсти с верхней части холки в количестве не менее 0,4 г.

Проверка заявленного способа проведена в СПК колхоз «Красногорский» Оренбургской области на 182 головах бычков калмыцкой породы, у которых в 8-месячном возрасте при переводе на откормочную площадку (октябрь) отбирали образцы шерсти для исследования содержания в ней Al, Pb, I и Se. Для всех подопытных животных были рассчитаны коэффициенты токсической нагрузки, на основании этого животных разделили на 3 группы: I (n=32) – коэффициент $K \geq 1805$ ед., II (n=104) – коэффициент $K = 634,1-1804,9$ ед. и III (n=46) – коэффициент $K \leq 624$ ед. с дальнейшим изучением интенсивности роста до 18-месячного возраста.

Третий эксперимент выполнен в условиях СПК колхоз «Красногорский» Оренбургской области на клинически здоровых бычках калмыцкой породы (n=36), находящихся на откормочной площадке, у которых был изучен весовой рост с 9 до 10 месяцев. Расчетным методом определен абсолютный и среднесуточный приросты. Рацион кормления состоял из 3,0 кг сена злаково-бобового, 8 кг силоса кукурузного, 2,5 кг комбикорма, 0,3 кг патоки кормовой, 35 г соли, премикса и был рассчитан на получение 900-1000 грамм среднесуточного прироста. У данных животных произвели отбор проб шерсти с верхней части холки в 10-месячном возрасте.

Проверка заявленного способа проведена в СПК колхоз «Красногорский» Саракташского района Оренбургской области на бычках (n=100) калмыцкой породы (получены от коров 2-3 отела, в феврале), у которых в 8-месячном возрасте при переводе на откормочную площадку (октябрь) отбирали образцы шерсти для исследования содержания в ней Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr. На основании этого рассчитали суммарную токсическую нагрузку организма и разделили на 3 группы: I (n=20) – $\sum \text{tox} \geq 24,01$ ед., II (n=52) – $\sum \text{tox} = 10,51-24,00$ ед. и III (n=28) – $\sum \text{tox} \leq 10,50$ ед. Бычки содержались с 8- до 18-месячного возраста на откормочной площадке, рационы кормления состояли из сена, сенажа и комбикорма. Ежемесячно проводились индивидуальные контрольные взвешивания, на основании которых были рассчитаны абсолютный и среднесуточный приросты живой массы.

Для решения задачи № 7 по разработке способа ранней диагностики воспроизводительной способности коров по элементному составу шерсти в СП «Колос» Оренбургской области проведены исследования элементного статуса на основе концентраций элементов в шерсти коров различного физиологического состояния: стельных 3,0-3,5 месяца, которые были осеменены по первому разу (n=30), и бесплодных

(n=30). Стельность и бесплодность коров определялась с помощью УЗИ-диагностики. Проверка способа проведена на 60 головах коров герефордской породы импортной селекции, у которых через месяц после отела произведен отбор шерсти для исследования по концентрации 4 микроэлементов (Cu, I, Se и Zn). На основании этих данных животных разделили на 2 группы: I – с высокими воспроизводительными качествами (n=49), II – с низкими (n=11). Оцениваемые показатели: появление первой охоты, первое, второе, третье и плодотворное осеменения, количество неосемененных коров.

Для решения задачи № 8 по разработке способа повышения адаптационной способности импортного мясного скота на основе коррекции элементного статуса животных проведены исследования на коровах герефордской породы, возраст – 4-5 лет (2-3 отёл), живая масса – $548,4 \pm 12,3$ кг, принадлежащих ООО СП «Колос» Оренбургской области с нарушениями в воспроизводительной способности.

На основании результатов исследований элементного статуса коров (n=48), установленного по элементному составу шерсти, отобрали 30 голов, в шерсти которых содержание йода и селена оказалось ниже ранее установленной нормы (ниже 25 процентиля, $I < 0,28$ мг/кг, $Se < 0,58$ мг/кг). Животных разделили по принципу аналогов на 2 группы: контрольную (n=15) и опытную (n=15). Опытным животным на 1 и 10 сутки внутримышечно вводили по 10 мл коммерческий препарат, содержащий в 1 мл: йод – 5,5-7,5 мг, селен в органической форме – 0,07-0,09 мг (соответствует 0,16-0,20 мг селенита натрия).

Рацион кормления коров при проведении эксперимента: сено естественных угодий – 8 кг, сенаж люцерновый – 6 кг; концентраты: смесь ячменя, пшеницы, овса, – 3,0 кг; в нём содержалось: ОЭ – 106,2 МДж, сухого вещества – 12,1 кг, переводимого протеина – 1092 г, Ca – 123,2 г, K – 97,4 г, Mg – 15,6 г, Na – 31,0 г, P – 35,6 г, Co – 0,76 мг, Cr – 6,8 мг, Cu – 71,6 мг, Fe – 3,91 г, I – 3,27 мг, Mn – 734,1 мг, Se – 1,25 мг, Zn – 496,8 мг, B – 118,12 мг, Si – 448,76 мг, Li – 5,74 мг, Ni – 14,53 мг, V – 1,03 мг, As – 0,68 мг, Al – 345,27 мг, Sr – 323,55 мг, Pb – 5,93 мг, Sn – 0,75 мг, Cd – 0,68 мг, Hg – 0,031 мг.

Изучаемые показатели: элементный состав шерсти; морфологические и биохимические показатели крови, антиоксидантный статус, перекисное окисление липидов, гормоны и качество молока на 1, 14 и 28 сутки эксперимента.

Оценка репродуктивных качеств проводилась по количеству коров, пришедших в охоту на 15, 30, 60 сутки, осемененных коров, в т. ч. от первой случки, количеству аборт, получению и выходу телят.

Экономическая эффективность применения способа повышения воспроизводительной способности мясного скота рассчитывалась по показателям: расходы на содержания 1 головы, производственные затраты, стоимость анализа шерсти, препарата, деловой выход телят, себестоимость теленка к отбивке, прибыль, уровень рентабельности.

Методы исследования.

Коэффициент адаптации рассчитывался по формуле В. Бенезра: $KA = TT/38,33 + ЧД/23$, где: TT – температура тела животного при испытании в конкретных условиях, °C; 38,33 – температура тела при благоприятных условиях, °C; ЧД – частота дыхания при испытании в конкретных условиях, кол./мин; 23 – частота дыхания при благоприятных условиях, кол./мин.

Способность животных переносить жару определяли путем расчета их *термоустойчивости* по формуле: $TM = T_d/T_y + D_d/D_y$, где T_d – температура тела днем, °C; T_y – температура тела утром, °C; D_d – частота дыхания днем, кол./мин.; D_y –

частота дыхания утром, кол./мин. При этом считали, что чем ниже абсолютный показатель, тем выше термоустойчивость.

Устойчивость животных к высокой температуре определялась по *индексу теплоустойчивости*, рассчитываемому по формуле Ю.О. Раушенбаха:

$ITU = 2(0,6t_2 - 10dt + 26)$, где t_2 – температура воздуха в момент наблюдения; dt – разница между температурой тела телок днем при температуре воздуха в момент наблюдения (t_2) и температурой их тела утром; 0,6 – коэффициент регрессии температуры тела на температуру среды.

Выявление SNP в генах GDF5 и bGH. Образцы ДНК выделялись из цельной крови с использованием наборов реагентов «DIAAtomtmDNA Prep 200» и «ДНК-Экстран-1». Качество и количество нуклеиновой кислоты измеряли с помощью спектрофотометра nanodrop ND-1000. Геномная ДНК каждого животного хранилась при температуре -20 °C.

Для проведения полимеразной цепной реакции при определении полиморфизма в гене GDF5 использовали набор GenePaktmPCRCore и набор EncycloPCRkit. Праймеры синтезированы в НПФ «Литех» (Россия). Нуклеотидная последовательность праймера для гена маркера GDF 5 использована на основании исследований YF Liu и др. (2010); размер продукта 235 п. н.; последовательность праймера:

-F:5'-TGTCCGATGCTGACAGAAAGG-3';

-R:5'-GAGTGAGGTTAATCCCAGATACCA-3'.

ПЦР-ПДРФ гена GDF5 проводили в термоциклере «MyCycler». Протокол ПЦР: иницирующая денатурация ДНК в течение 5 мин при температуре +95 °C, затем 32 цикла амплификации: денатурация +94 °C (30 с), отжиг +60 °C (30 с) и элонгация +72 °C (30 с), заключительный синтез – при температуре +72 °C в течение 10 мин.

Реакцию рестрикции полученных продуктов амплификации GDF5 проводили с использованием эндонуклеаз рестрикции MvaI; замена нуклеотида Т на С при температуре инкубации +37 °C; размеры продуктов: ТТ – 235 п. н., СС – 181 и 54 п. н., СТ – 235, 181 и 54 п. н. Для проведения реакции в пробирке смешивали 20 мкл ПЦР-продукта и 10 ед. MvaI с последующим инкубированием при $t + 37$ °C в течение 5 часов. Полученный продукт разделяли методом горизонтального электрофореза (в 1х трис-боратном буфере при напряжении 80 В) в 2,5 %-ном агарозном геле с окрашиванием бромистого этидия. После чего гель анализировали в ультрафиолетовом свете на трансиллюминаторе «UVT-1», фотографировали с помощью системы «VITran v.1.0». Определение длины фрагментов проводили с помощью маркера молекулярных масс «GenePakR DNA Ladder M 50».

Праймеры при определении полиморфизма в гене bGH были разработаны на основе опубликованных последовательностей (GenBank Accession NOS. M57764) с использованием программного обеспечения Primer3 (www.genome.wi.mit.edu). Нуклеотидная последовательность праймера для гена bGH (rs135322669) использована на основании исследований Howard T (2013); место расположения – 47-558 п.н.; последовательность праймера: (F)GGGGGTATGAGAAGCTGAAGGACCTG, (R)CAGGAGCTGGAAGATGGCACGACAC.

ПЦР в реальном времени проводили на программируемом амплификаторе АНК-32 в объеме реакционной смеси 25 мкл, содержащей 60 mM трис-HCl (pH 8,5), 1,5 mM MgCl₂, 25 mM KCl, 10 mM меркаптоэтанол; 0,1 mM тритон X-100; 0,2 mM дНТФ, 1 ед. Taq ДНК полимеразы, по 0,5 мкМ каждого из праймеров. Амплификацию SNP гена GH-H1 проводили по режиму: +95 °C-120 с×1, +63 °C-40 с×40, +95 °C-20 с×40.

Отбор проб крови производили из хвостовой вены утром до кормления и поения на уровне средней трети тела 2-5 хвостовых позвонков. Кровь для морфологических и

биохимических исследований отбирали в вакуумные пробирки APEXLAB с антикоагулянтом (EDTA) и с активатором свертывания (Hebei Xinl Sky&Tech Co., Ltd, Китай), иглы для забора крови Bodywin. Морфологические показатели определяли с помощью автоматического гематологического анализатора модель URIT-2900 Vet Plus («URIT Medial Electronic Co., Ltd», Китай). Биохимический анализ крови осуществлялся с помощью автоматического биохимического анализатора CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай). Биохимический анализ проводился с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) и коммерческих биохимических наборов Randox (США).

При оценке адаптационных качеств канадского скота уровень макро-и микроэлементов, белок и глюкозу в крови определяли на биохимическом анализаторе «BioChem FC-360».

Гормональный статус определялся на иммуноферментном анализаторе реакций «АИФР-01 УНИИПЛАН» (свидетельство о поверке № 9/7-15-2018 19.01.2018 до 18.01.2019 г), подготовку проб проводили на шейкер-термостате медицинском ELMi ST-3M.

Определение показателей качества молока (массовая доля жира, белка, лактозы, минеральных солей (зола) и плотность) проводили ультразвуковым методом на анализаторе «Клевер-2М» (свидетельство о поверке № 9/9-619-2018 от 14.09.2018г до 13.09.2019г) согласно МВИ 2007.24.01.2.

Определение концентрации химических элементов в молоке проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре Квант (свидетельство о поверке № 9/8-276-2018 от 09.10.2018г до 08.10.2019г) по ГОСТ 30178-96, озоление проб проводили на электропечи СНОЛ1.6.2.5.1/9-ИЗ зав. № 1761 (Аттестат № 13/360-2017 от 20.10.2017 до 19.10.2018г).

Отбор шерсти для изучения элементного статуса скота проводили согласно ранее предложенной методике (Мирошников С.А. и др., 2015) с верхней части холки в количестве не менее 0,4 г. Для отбора образцов применялись ножницы из нержавеющей стали, предварительно обработанные этиловым спиртом, и беспроводная машинка Heiniger Saphir (Швейцария). Для исследований отбиралась проксимальная часть шерсти, скорректированная по длине не более 3 см.

Оценка элементного статуса. Элементный состав шерсти и длиннейшей мышцы спины определяли методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва, Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017 – 5.04.06). Озоление биосубстратов проводили с использованием микроволновой системы разложения «MD-2000» (США). Оценка содержания элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра «Elan 9000» (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра «Optima 2000 V» (Perkin Elmer, США). Элементный состав биосубстратов исследовали по 25 показателям (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, Hg, Sr, V, Zn).

Промеры брали мерной палкой Лидтина, циркулем Вилькенса и мерной лентой.

Ультразвуковую диагностику коров на определение стельности и бесплодность проводили при помощи ветеринарного УЗИ сканера IMAGO S с ректальным секторным датчиком DB 355 M.

Статистическая обработка. Для проверки гипотезы о нормальности распределения количественных признаков применяли критерий Шапиро-Уилка. Статистическое сравнение результатов проводилось с использованием критерия Манна-Уитни U и Стьюдента. Во всех процедурах статистического анализа

рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), при этом критический уровень значимости в исследованиях принимался меньшим или равным 0,05. Коэффициенты корреляции рассчитывались по Спирмену (Kс). Для обработки данных использовали пакет прикладных программ «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). В таблицах приведены средние значения показателей (M) и их стандартные отклонения ($\pm$ STD).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Определение возрастных и гендерных различий концентрации химических элементов в шерсти мясного скота

Проведенные исследования выявили существенные различия в элементном статусе коров, телок и бычков (табл. 2.).

Таблица 2. Концентрация химических элементов в шерсти коров и молодняка герефордской породы, мг/кг (M $\pm$ STD)

Элемент	Группа		
	Коровы	Телки	Бычки
Макроэлементы			
Калий	2098 $\pm$ 714	2780 $\pm$ 838 ^a	3393 $\pm$ 694 ^{bc}
Кальций	1708 $\pm$ 719	2446 $\pm$ 899 ^a	3049 $\pm$ 1019 ^{bc}
Магний	509 $\pm$ 200	664 $\pm$ 205 ^a	818 $\pm$ 221 ^{bc}
Натрий	2020 $\pm$ 695	3132 $\pm$ 1112 ^a	3721 $\pm$ 967 ^{bc}
Фосфор	218 $\pm$ 59	218 $\pm$ 38	283 $\pm$ 74 ^{bc}
Эссенциальные микроэлементы			
Железо	244,7 $\pm$ 127,0	235,5 $\pm$ 133,8	283,0 $\pm$ 145,0
Цинк	116,9 $\pm$ 25,2	108,1 $\pm$ 7,9	112,1 $\pm$ 24,1
Кобальт	0,24 $\pm$ 0,11	0,24 $\pm$ 0,09	0,33 $\pm$ 0,13 ^{bc}
Хром	0,51 $\pm$ 0,33	0,42 $\pm$ 0,23	0,57 $\pm$ 0,26 ^c
Медь	5,72 $\pm$ 1,13	4,93 $\pm$ 1,18 ^a	5,30 $\pm$ 0,97
Йод	0,52 $\pm$ 0,27	0,65 $\pm$ 0,23 ^a	1,27 $\pm$ 1,04 ^{bc}
Марганец	34,5 $\pm$ 14,3	37,1 $\pm$ 21,0	53,1 $\pm$ 30,9 ^{bc}
Селен	0,20 $\pm$ 0,04	0,21 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,04
Условно-эссенциальные микроэлементы			
Бор	4,34 $\pm$ 2,19	8,06 $\pm$ 3,94 ^a	9,45 $\pm$ 3,64 ^b
Кремний	17,4 $\pm$ 16,9	29,6 $\pm$ 24,4 ^a	12,4 $\pm$ 10,3 ^c
Литий	0,22 $\pm$ 0,08	0,24 $\pm$ 0,10	0,28 $\pm$ 0,09 ^b
Никель	0,62 $\pm$ 0,25	0,61 $\pm$ 0,25	0,83 $\pm$ 0,28 ^{bc}
Ванадий	0,61 $\pm$ 0,30	0,63 $\pm$ 0,31	0,87 $\pm$ 0,34 ^{bc}
Мышьяк	0,21 $\pm$ 0,06	0,17 $\pm$ 0,04 ^a	0,21 $\pm$ 0,08 ^c
Токсичные микроэлементы			
Алюминий	226,63 $\pm$ 112,95	257,81 $\pm$ 171,05	286,52 $\pm$ 145,51
Стронций	14,03 $\pm$ 5,63	16,59 $\pm$ 5,47	20,70 $\pm$ 6,84 ^{bc}
Свинец	0,411 $\pm$ 0,157	0,423 $\pm$ 0,114	0,549 $\pm$ 0,176 ^{bc}
Олово	0,015 $\pm$ 0,005	0,014 $\pm$ 0,015	0,018 $\pm$ 0,010
Кадмий	0,036 $\pm$ 0,015	0,041 $\pm$ 0,017	0,056 $\pm$ 0,031 ^{bc}
Ртуть	0,008 $\pm$ 0,010	0,007 $\pm$ 0,010	0,006 $\pm$ 0,007

Примечание: ^a – телки по отношению к коровам, $P \leq 0,05$; ^b – бычки по отношению к коровам, $P \leq 0,05$; ^c – бычки по отношению к телкам, $P \leq 0,05$

Сравнительный анализ концентраций химических элементов в шерсти коров и телок показал существенные межгрупповые различия. Так, в шерсти телок больше содержалось Са на 43,2 % ($P \leq 0,001$), К – на 32,5 % ($P \leq 0,01$), Na – на 55,1 % ($P \leq 0,001$), Mg – на 30,3 % ($P \leq 0,01$), I – на 25,9 % ($P \leq 0,05$), В – на 85,5 % ($P \leq 0,001$), Si – на 70,5 % ($P \leq 0,05$) при меньшей концентрации Cu – на 13,9 % ($P \leq 0,05$), As – на 20,9 % ($P \leq 0,01$). Повышенная концентрация химических элементов в шерсти телок указывает на интенсивность обменных процессов в молодом организме и отражает увеличение их резервов, коровы в оцениваемый период находились на завершении лактации, с молочной продуктивностью 2-4 л/сут. на 3-4 месяце стельности, их организм полностью сформирован, что обусловило меньший уровень метаболизма химических элементов.

В шерсти бычков по сравнению с коровами больше содержалось I – на 144,9 % ($P \leq 0,01$), В – на 117,5 % ($P \leq 0,001$), Na – на 84,3 % ($P \leq 0,001$), Са – на 78,5 % ($P \leq 0,001$), К – на 61,7 % ($P \leq 0,001$), Mg – на 60,7 % ($P \leq 0,001$), Cd – на 56,8 % ($P \leq 0,01$), Mn – на 53,6 % ($P \leq 0,01$), Sr – на 47,5 % ($P \leq 0,001$), V – на 41,1 % ($P \leq 0,001$), Co – на 35,4 % ($P \leq 0,01$), Pb – на 33,5 % ($P \leq 0,01$), Ni – на 33,0 % ($P \leq 0,01$), Li – на 30,2 % ($P \leq 0,01$), P – на 29,4 % ($P \leq 0,001$).

Похожая тенденция наблюдалась и в сравнении бычков с телками. Так, концентрация химических веществ в шерсти бычков была выше по I – на 94,5 % ($P \leq 0,05$), Mn – на 43,0 % ($P \leq 0,05$), Co – на 37,3 % ($P \leq 0,01$), V – на 37,2 % ($P \leq 0,01$), Ni – на 35,8 % ($P \leq 0,01$), Cd – на 35,6 % ($P \leq 0,05$), Cr – на 35,3 % ($P \leq 0,05$), P – на 29,9 % ($P \leq 0,001$), Pb – на 29,6 % ($P \leq 0,01$), As – на 29,3 % ($P \leq 0,01$), Sr – на 24,8 % ($P \leq 0,05$), Са – на 24,6 % ($P \leq 0,05$), Mg – на 23,3 % ($P \leq 0,01$), К – на 22,1 % ($P \leq 0,01$), Na – на 18,8 % ($P \leq 0,05$) и ниже по Si – на 58,0 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с телками.

На основании проведенного исследования, выявившего существенные различия в элементном статусе коров, телок и бычков, можно сделать вывод, что разработка физиологических норм должна идти для всех трех исследованных групп.

3.2. Установление референтных интервалов концентраций химических элементов в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (коровы, телки, бычки)

Референтные интервалы являются неотъемлемым компонентом лабораторного диагностического тестирования для принятия клинических решений и представляют собой оценочные распределения референтных значений от здоровых групп животных либо людей (Friedrichs KR et al., 2012).

В связи с этим нами были рассчитаны референтные интервалы содержания химических элементов в шерсти животных по рекомендациям ИЮПАК (Poulsen OM et al., 1997) и ASVCP (Friedrichs KR, 2012) (2,5-97,5 перцентиль¹) и по рекомендациям Skalnaya MG et al. (2003) (10, 25, 75, 90 перцентиль²), представленные в таблицах 3-5.

**Таблица 3. Референтные интервалы химических элементов в шерсти
мясных коров, мг/кг**

Элемент	Процентиль					
	1		2			
	2,5 (90 % ДИ)	97,5 (90 % ДИ)	10	25	75	90
Макроэлементы						
Калий	352 (254-450)	6368(6263-6473)	486	676	3093	4366
Кальций	424 (340-508)	4446(4356-4536)	1160	1597	2926	3510
Магний	146 (122-170)	1410 (1385-1435)	290	425	893	1115
Натрий	124 (111-137)	2988(2974-3002)	195	314	1468	2019
Фосфор	119 (112-126)	429 (422-436)	139	180	269	335
Эссенциальные микроэлементы						
Железо	13,3 (7,13-19,47)	627 (620,4-633,6)	23,2	38,73	180	362
Цинк	74,4 (71,2-77,6)	236 (232,6-239,4)	84,45	101	142	167
Кобальт	0,02 (0,012-0,030)	0,43 (0,418-0,438)	0,04	0,06	0,18	0,28
Хром	0,02 (0,011-0,034)	2,09 (2,08-2,10)	0,07	0,13	0,44	0,96
Медь	3,25 (3,13-3,37)	8,94 (8,82-9,06)	4,06	5,01	6,64	7,52
Йод	0,11 (0,083-0,135)	1,25 (1,22-1,28)	0,18	0,26	0,61	0,90
Марганец	3,95 (2,57-5,33)	65,83 (64,35-67,31)	9,78	13,47	33,22	46,63
Селен	0,08 (0,040-0,121)	1,87 (1,83-1,91)	0,178	0,25	0,90	1,18
Условно-эссенциальные микроэлементы						
Бор	0,67 (0,43-0,92)	13,37 (13,11-13,63)	1,25	1,78	4,44	8,2
Литий	0,11 (0,089-0,131)	4,17 (4,15-4,19)	0,17	0,29	1,54	2,32
Никель	0,15 (0,109-0,189)	2,07 (2,03-2,11)	0,30	0,41	0,88	1,44
Кремний	0,56 (0,449-0,675)	143 (142,88-143,12)	4,41	8,94	28,36	44,89
Ванадий	0,052 (0,036-0,068)	1,48 (1,46-1,50)	0,098	0,14	0,54	0,979
Мышьяк	0,04 (0,03-0,05)	0,34 (0,33-0,35)	0,059	0,08	0,20	0,258
Токсичные микроэлементы						
Алюминий	11,25 (7,70-14,80)	529 (525,2-532,8)	17,6	27,4	130	295
Стронций	2,18 (1,81-2,55)	29,55 (29,16-29,94)	6,2	9,3	17,8	23,54
Свинец	0,08 (0,065-0,088)	0,79 (0,775-0,799)	0,12	0,16	0,32	0,52
Олово	0,004 (0,003-0,005)	0,098 (0,097-0,099)	0,007	0,01	0,02	0,048
Кадмий	0,005 (0,004-0,006)	0,0653 (0,064-0,067)	0,009	0,013	0,031	0,045
Ртуть	0,0018 (0,0016-0,002)	0,021 (0,0208-0,0212)	0,0018	0,002	0,009	0,0123

Таблица 4. Референтные интервалы химических элементов в шерсти телок мясных пород, мг/кг

Элемент	Процентиль					
	1		2			
	2,5 (90 % ДИ)	97,5 (90 % ДИ)	10	25	75	90
Макроэлементы						
Калий	275 (147-403)	4293 (4156-4430)	550	992	3125	3828
Кальций	1190 (1047-1333)	4791 (4638-4944)	1604	2005	3413	4169
Магний	235 (191-279)	1371 (1324-1418)	372	520	881	1153
Натрий	255 (109-401)	4514 (43584-670)	330	477	2566	3474
Фосфор	126 (113-139)	449 (436-462)	134	175	293	369
Эссенциальные микроэлементы						
Железо	21,12 (8,71-33,53)	460,0 (446,7-473,3)	26,3	46,8	214	341
Цинк	60,3 (57,38-63,16)	146,0 (142,9-149,1)	79,3	96,9	123	129
Кобальт	0,02 (0,006-0,034)	0,37 (0,35-0,38)	0,03	0,07	0,22	0,33
Хром	0,05 (0,016-0,083)	0,88 (0,85-0,92)	0,104	0,16	0,37	0,66
Медь	2,35 (2,06-2,64)	10,28 (9,96-10,60)	3,3	4,19	6,87	8,94
Йод	0,21 (0,14-0,29)	2,71 (2,63-2,79)	0,3	0,427	1,39	2,07
Марганец	8,75 (7,12-10,38)	99,98 (98,23-101,73)	14,82	21,62	50,06	68,02
Селен	0,17 (0,13-0,22)	1,34 (1,29-1,39)	0,192	0,213	0,816	1,17
Условно-эссенциальные микроэлементы						
Бор	1,21 (0,87-1,55)	17,07 (16,71-17,43)	2,03	2,61	9,88	13,27
Литий	0,12 (0,06-0,18)	1,98 (1,92-2,04)	0,15	0,25	1,06	1,62
Никель	0,24 (0,195-0,285)	1,77 (1,72-1,82)	0,32	0,42	0,9	1,35
Кремний	3,25 (2,81-3,69)	73,65 (73,18-74,12)	4,95	8,47	33,97	55,53
Ванадий	0,08 (0,05-0,105)	1,07 (1,04-1,10)	0,12	0,166	0,557	0,86
Мышьяк	0,04 (0,034-0,046)	0,28 (0,28-0,29)	0,043	0,058	0,17	0,24
Токсичные микроэлементы						
Алюминий	5,41 (3,55-7,27)	505 (503,0-507,0)	15,6	26,39	142	268
Стронций	6,84 (6,20-7,48)	30,56 (29,88-31,24)	9,21	12,94	21,69	24,68
Свинец	0,104 (0,087-0,121)	0,572(0,55-0,59)	0,142	0,199	0,391	0,519
Олово	0,005 (0,003-0,006)	0,081 (0,079-0,082)	0,006	0,01	0,025	0,05
Кадмий	0,01 (0,009-0,011)	0,088 (0,086-0,090)	0,016	0,02	0,046	0,059
Ртуть	0,0018 (0,0014-0,002)	0,06 (0,0595-0,0605)	0,0018	0,0018	0,0085	0,04

Таблица 5. Референтные интервалы химических элементов в шерсти бычков мясных пород, мг/кг

Элемент	Процентиль					
	1		2			
	2,5 (90 % ДИ)	97,5 (90 % ДИ)	10	25	75	90
Макроэлементы						
Калий	689 (633-745)	6372 (6312-6432)	1028	1553	3691	4645
Кальций	847 (797-897)	5473 (5420-5526)	1292	2002	3980	4634
Магний	191 (168-214)	1272 (1247-1297)	344	463	865	1058
Натрий	265 (234-296)	5016 (4983-5049)	382	702	2736	3915
Фосфор	151 (136-166)	513 (497-529)	178	220	325	461
Эссенциальные микроэлементы						
Железо	46,36 (32,8-59,9)	1334 (1320-1348)	80	118	357	716,5
Цинк	83,74 (81,2-86,3)	169 (166,3-171,7)	92,1	97,9	122,5	145
Кобальт	0,02 (0,017-0,023)	1,02 (1,017-1,023)	0,05	0,06	0,36	0,54
Хром	0,096 (0,02-0,18)	4,53 (4,44-4,62)	0,21	0,33	0,79	2,52
Медь	3,52 (3,28-3,76)	15,25 (15,00-15,50)	4,64	5,36	10,23	12,75
Йод	0,21 (0,16-0,25)	4,71 (4,66-4,76)	0,35	0,90	1,75	2,46
Марганец	7,89 (5,75-10,03)	109,0 (106,72-111,28)	15,2	23,0	63,4	97,2
Селен	0,14 (0,12-0,16)	0,61 (0,59-0,63)	0,16	0,19	0,44	0,56
Условно-эссенциальные микроэлементы						
Бор	1,58 (1,33-1,83)	19,86 (19,60-20,12)	2,45	3,58	11,2	17,44
Литий	0,14 (0,094-0,186)	2,07 (2,02-2,12)	0,18	0,25	1,22	1,69
Никель	0,14 (0,012-0,268)	10,15 (10,01-10,29)	0,23	0,3	1,01	4,63
Кремний	0,487 (0,342-0,632)	97,39 (97,24-97,54)	2,04	3,3	16,75	42,23
Ванадий	0,09 (0,054-0,126)	7,03 (6,99-7,07)	0,15	0,31	1,12	2,94
Мышьяк	0,04 (0,032-0,048)	0,42 (0,41-0,43)	0,053	0,075	0,229	0,306
Токсичные микроэлементы						
Алюминий	12,43 (6,68-18,18)	1429,0 (1423-1435)	24,61	55,025	317,5	593,5
Стронций	4,56 (3,83-5,29)	49,86 (49,08-50,64)	7,92	12,48	23,77	30,96
Свинец	0,124 (0,10-0,15)	1,39 (1,36-1,42)	0,16	0,29	0,75	0,83
Олово	0,004 (0,003-0,005)	0,06 (0,059-0,061)	0,008	0,01	0,021	0,039
Кадмий	0,006 (0,003-0,008)	0,102 (0,100-0,104)	0,008	0,01	0,051	0,07
Ртуть	0,0018 (0,0016-0,002)	0,06 (0,0598-0,0602)	0,0018	0,0044	0,0288	0,0386

Установленные нормы содержания химических элементов в шерсти бычков мясных пород могут быть использованы для прогнозирования продуктивности (RU 2668335). Так, в условиях ООО СП «Колос» Саракташского района Оренбургской области на физиологически здоровых бычках (n=120) показано, что разделение в 30-дневном возрасте животных по уровню в шерсти Ca, Zn, Cu, Mn позволяет прогнозировать продуктивность животных до 8-месячного возраста. Бычки с продуктивностью 700-800 г характеризуются величиной обменного пула кальция, оцениваемого по составу шерсти, в интервале 1821-2235 мкг/г, цинка – 78,2-93,6, меди – 4,0-4,7 мкг/г, марганца – 29,5-37,8 мкг/г, с продуктивностью 801-900 г: 2235-

2628; 93,7-104,3; 4,8-5,3; 37,9-46,4; с продуктивностью 901 г и более: 2628-3053; 104,4-114,6; 5,4-6,3; 46,5-54,2 мкг/г соответственно.

3.3. Выявление особенностей накопления химических элементов в шерсти коз, установление референтных интервалов концентраций химических элементов в шерсти белых коз оренбургской породы

Проведенный сравнительный анализ химического состава шерсти мясных коров и коз, содержащихся в одних и тех же условиях, продемонстрировал существенные различия в элементном статусе (табл. 6).

Таблица 6. Сравнение концентраций химических элементов в шерсти сельскохозяйственных животных, мг/кг ($M \pm STD$)

Элемент	Вид животного	
	корова	коза
Макроэлементы		
Калий	2669 $\pm$ 1834	1406 $\pm$ 625***
Кальций	2319 $\pm$ 1015	2057 $\pm$ 422
Магний	728 $\pm$ 360	444 $\pm$ 111***
Натрий	1024 $\pm$ 707	388 $\pm$ 146***
Фосфор	238 $\pm$ 87	237 $\pm$ 50
Эссенциальные микроэлементы		
Железо	108,6 $\pm$ 125,6	371,7 $\pm$ 113,4***
Цинк	138,5 $\pm$ 63,9	107,8 $\pm$ 12,4**
Кобальт	0,10 $\pm$ 0,08	0,20 $\pm$ 0,06***
Хром	0,33 $\pm$ 0,39	2,23 $\pm$ 0,66***
Медь	5,88 $\pm$ 1,47	5,78 $\pm$ 0,82
Йод	0,50 $\pm$ 0,33	0,36 $\pm$ 0,13*
Марганец	24,14 $\pm$ 17,17	10,97 $\pm$ 3,60***
Селен	0,83 $\pm$ 0,43	0,94 $\pm$ 0,33
Условно-эссенциальные микроэлементы		
Бор	3,0 $\pm$ 1,9	2,5 $\pm$ 0,9
Кремний	20,6 $\pm$ 11,1	17,4 $\pm$ 10,4
Литий	1,40 $\pm$ 1,11	0,53 $\pm$ 0,17***
Никель	0,71 $\pm$ 0,47	1,82 $\pm$ 0,58***
Ванадий	0,30 $\pm$ 0,27	0,76 $\pm$ 0,24***
Мышьяк	0,14 $\pm$ 0,09	0,27 $\pm$ 0,05***
Токсичные микроэлементы		
Алюминий	61,4 $\pm$ 64,4	187,0 $\pm$ 61,8***
Стронций	13,20 $\pm$ 6,09	8,47 $\pm$ 2,27***
Свинец	0,23 $\pm$ 0,16	0,37 $\pm$ 0,15***
Олово	0,020 $\pm$ 0,020	0,040 $\pm$ 0,019***
Кадмий	0,025 $\pm$ 0,019	0,038 $\pm$ 0,018***
Ртуть	0,007 $\pm$ 0,011	0,008 $\pm$ 0,003

Примечание: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$, *** – $P \leq 0,001$ по сравнению с коровами

Из 25 изучаемых показателей по 18 получены существенные различия между сравниваемыми группами: K, Mg, Na, Co, Cr, Fe, I, Mn, Zn, Li, Ni, V, As, Al, Sr, Pb, Sn, Cd, причем по 5 элементам различия превышали 100 %. На основании этих данных, нами были разработаны референтные интервалы для пуховых коз. По рекомендациям ИЮПАК в границах 2,5-97,5 перцентилей: Ca (1371-3082); K (842-3741); Mg (287-783); Na (186-756); P (165-345); Co (0,13-0,35); Cr (1,43-3,80); Cu (4,15-7,22); Fe (226-643); I (0,14-0,71); Mn (6,43-18,47); Se (0,39-1,91); Zn (85,3-137); B (1,04-5,44); Li (0,28-0,92); Ni (1,19-3,45); Si (1,22-39,4); V (0,46-1,47); As (0,14-0,38); Al (104-387); Sr (4,94-14,24); Pb (0,15-0,83); Sn (0,013-0,083); Cd (0,019-0,092); Hg (0,0018-0,017).

По рекомендациям Скальной М.Г. (2003) в границах 25-75 перцентилей: Ca (1837-2269); K (992-1727); Mg (379-502); Na (296-410); P (190-269); Co (0,16-0,23); Cr (1,70-2,67); Cu (5,41-6,25); Fe (304-425); I (0,29-0,44); Mn (8,49-12,48); Se (0,70-1,01); Zn (100,0-115,0); B (2,09-2,92); Li (0,43-0,61); Ni (1,41-2,10); Si (12,51-24,24); V (0,62-0,80); As (0,24-0,31); Al (155,0-204,0); Sr (7,04-9,99); Pb (0,26-0,43); Sn (0,027-0,051); Cd (0,025-0,044); Hg (0,006-0,009).

Апробация предлагаемых референтных интервалов проведена на группе коз оренбургской породы (n=100, возраст – 3 г.), которых на основании их пуховой продуктивности центильным методом разделили на 3 группы. Установлено снижение отклонений от предлагаемых референтных интервалов по мере увеличения их продуктивности (рис. 1-3).

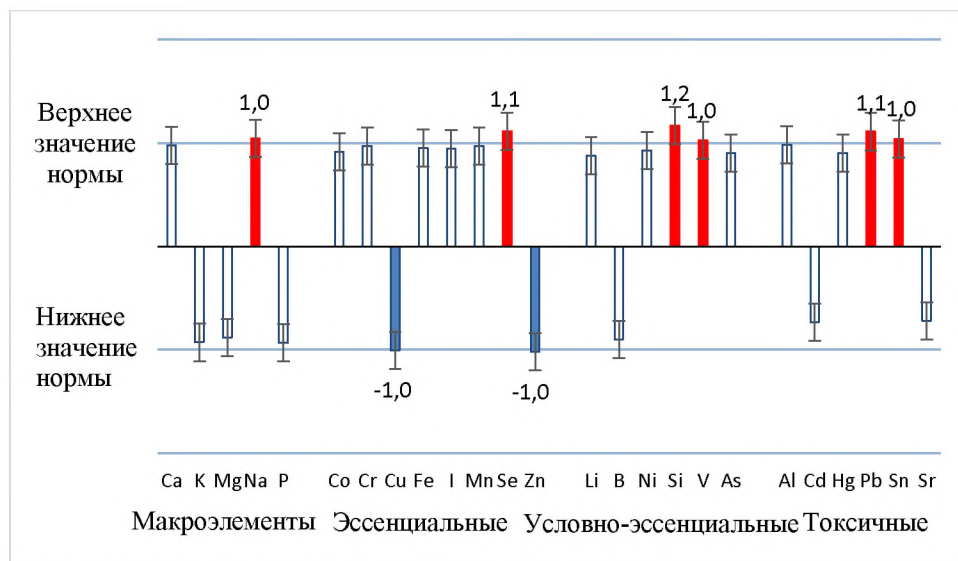


Рисунок 1. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коз оренбургской породы I группы (начес пуха – 122 ± 29,7 г)

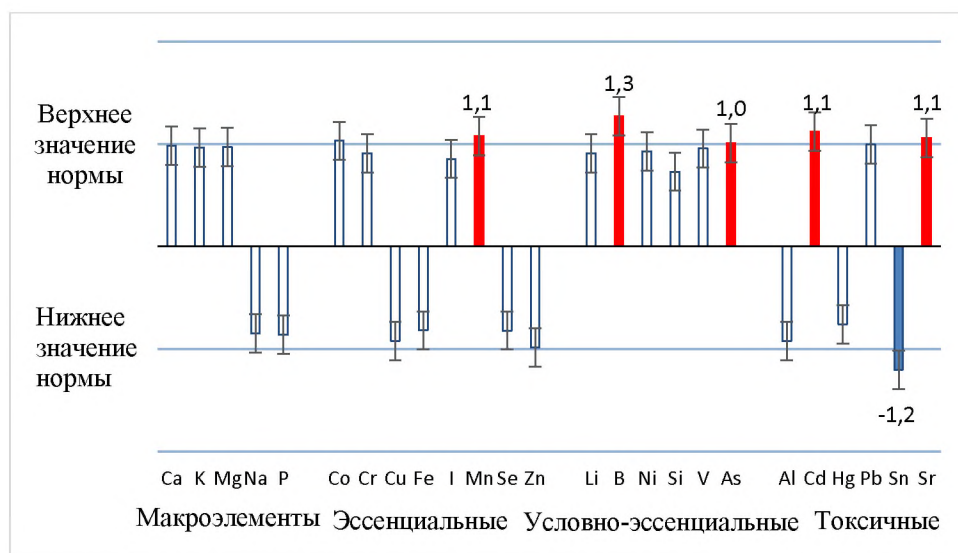


Рисунок 2. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коз оренбургской породы II группы (начес пуха – $198 \pm 33,3$ г)

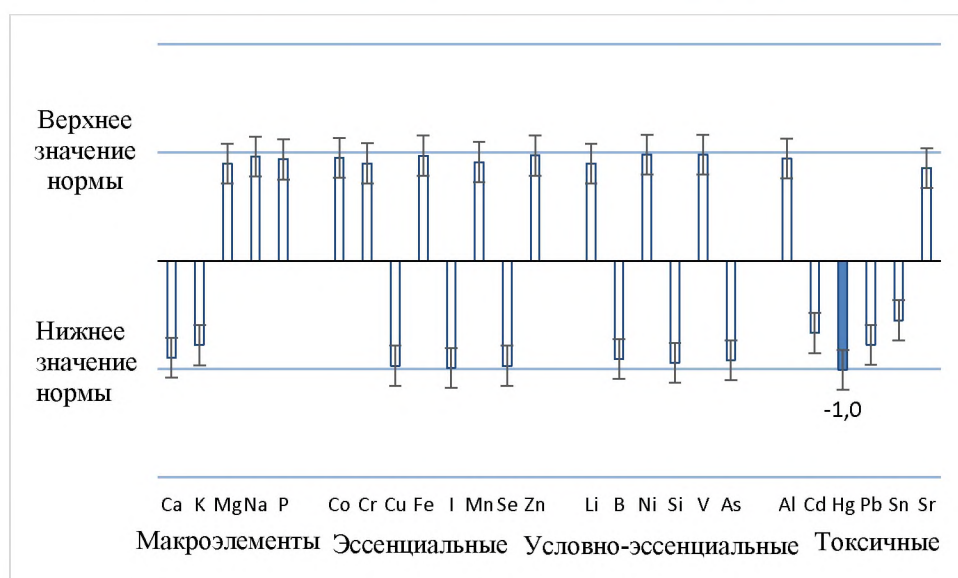


Рисунок 3. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коз оренбургской породы III группы (начес пуха – $314 \pm 44,5$ г)

3.4. Региональные особенности элементного статуса коров мясного направления продуктивности с оценкой коров различной молочности

В ходе исследований установлено, что для мясных коров, разводимых в Оренбургской области, были характерны более высокие уровни концентраций 25^{го} и 75^{го} перцентилей по K, Na, Se, Zn, Li, только для 25^{го} – по Si, 75^{го} – по Mg, P, при сниженной концентрации 25^{го} и 75^{го} – по Mn, B, 25^{го} – по Cu, 75^{го} – по Cr и Fe относительно среднероссийских значений. Сравнение фактических значений российских и региональных перцентилей по «расстоянию» между 25-75 перцентильным интервалом, показало расширение границ интервала в региональных нормах по целому ряду химических элементов: K, Mg, P, Cu, I, Li.

Оценка региональных референтных интервалов концентраций химических элементов в шерсти крупного рогатого скота мясного направления продуктивности проведена на коровах с различной молочностью: I группа (вес теленка в 205 дней, пол – бычки) – $183,2 \pm 2,04$ кг и II группа – $229,7 \pm 2,14$ кг. Для выявления особенностей в

накоплении химических элементов в шерсти коров различной молочности нами было проведено групповое сравнение с физиологической нормой (рис. 4,5).

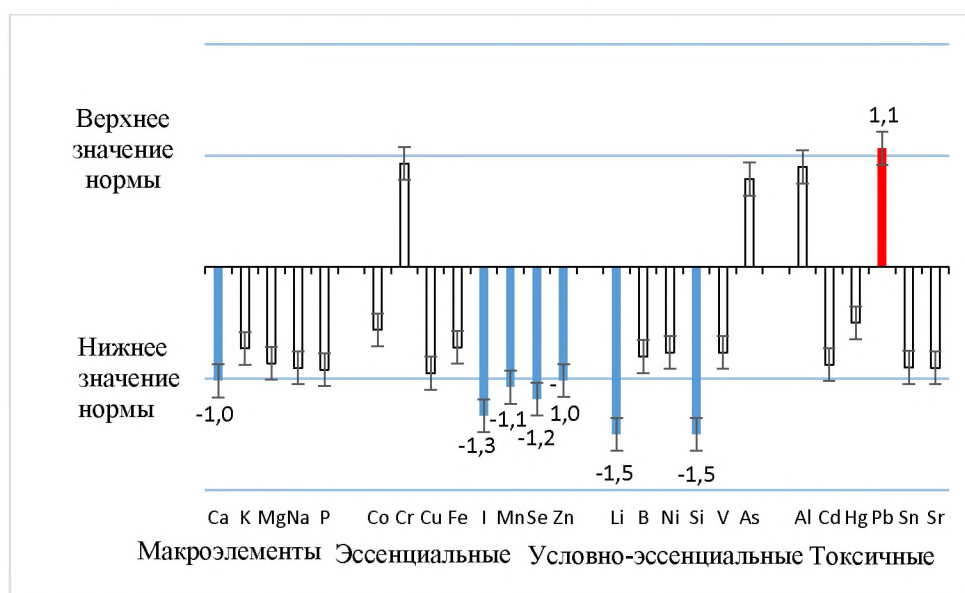


Рисунок 4. Кратность отклонений концентраций химических элементов у коров I группы

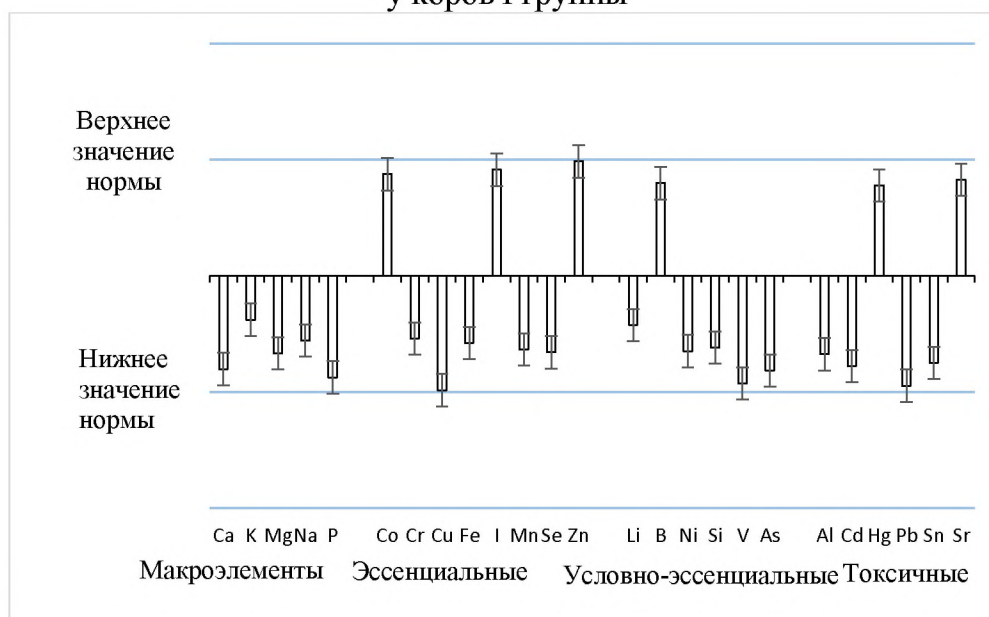


Рисунок 5. Кратность отклонений концентраций химических элементов у коров II группы

3.5. Адаптационные качества и элементный статус герефордской породы канадской селекции в условиях Южно-Уральской биогеохимической провинции

Оценка адаптационных качеств основного стада импортного герефордского скота: 399 голов, из них 374 телки и 25 бычков живой массой 280-300 кг, возрастом 14-15 месяцев, завезенных из провинции Канады Квебек, проводилась с июля 2009 по февраль 2014 года.

При первом осеменении телок герефордской породы импортной селекции выявились проблемы с воспроизводительными качествами – 29 голов (7,8 %) не осеменались, у 70 % осемененных животных отмечались тяжелые роды с

дальнейшими осложнениями в виде выпадений маток, послеродовых эндометритов, разрывов вульвы. В последующем у коров роды проходили легко.

По мере адаптации животных к новой биогеохимической провинции в их организме происходят существенные изменения в биохимических показателях крови. Так, в течение оценочного года в крови маточного стада увеличилось содержание общего белка на 1,64 % ($P \leq 0,01$), альбуминов – на 22,3 % ($P \leq 0,001$), АсАТ – на 99,46 % ($P \leq 0,001$), витамина А – на 106,3 % ($P \leq 0,001$), каротина – на 36,2 % ($P \leq 0,001$), при снижении общего содержания глобулинов – на 12,4 % ($P \leq 0,001$) и его фракций: α -глобулинов – на 18,7 % ($P \leq 0,001$), γ -глобулинов – на 10,8 % ($P \leq 0,001$).

Изучение минерального состава в сыворотке крови показало, что за 9 месяцев наблюдений снизилось содержание Ca на 69,6 % ($P \leq 0,001$), Se – на 70,8 % ($P \leq 0,001$), Cu – на 25,1% ($P \leq 0,05$), Co – на 74,8 % ($P \leq 0,001$), Zn – на 62,1 % ($P \leq 0,001$), при повышении Fe – на 53,4 % ($P \leq 0,05$), Mn – на 94,7 % ($P \leq 0,001$). Сравнение с физиологической нормой содержания элементов в сыворотке крови показало, что если в начале эксперимента из 8 изучаемых химических элементов 7 выходили за пределы нормы, то к завершению их количество снизилось до 5.

Оценка изменений, происходящих в элементном статусе в процессе адаптации, проведена на импортных коровах герефордской породы, полученных в марте-апреле 2008 года на территории провинции Квебек (Канада), привезённых в 2009 году в Оренбургскую область, и их потомках первого (ноябрь-декабрь 2010 года рождения) и второго (ноябрь-декабрь 2013 года рождения) поколений, полученных в условиях данного хозяйства. Сравнение результатов химического состава шерсти с референтными интервалами рассчитанными для Оренбургской области выявила отличия импортных животных от разводимых в данной биогеохимической провинции (рис. 6-8).

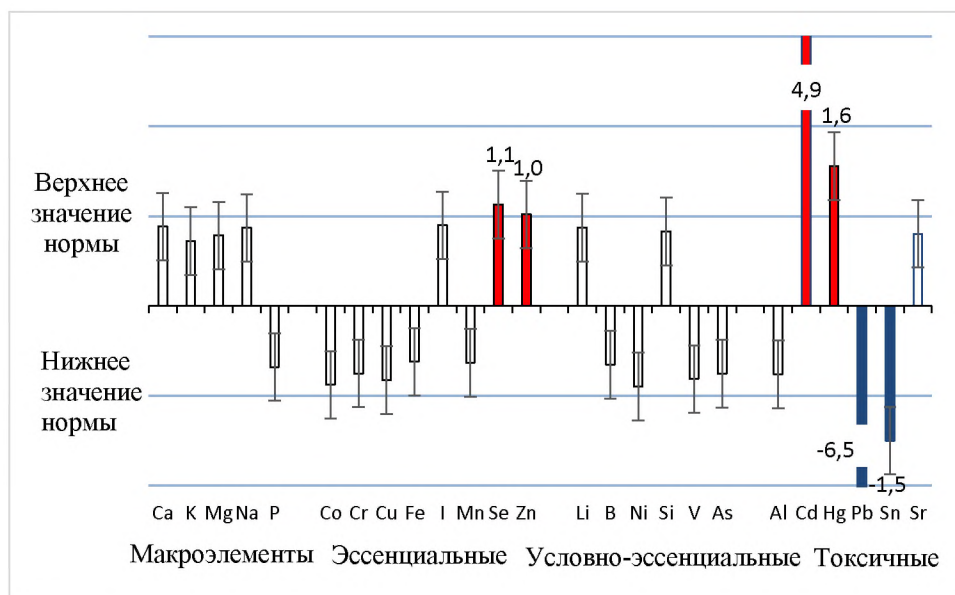


Рисунок 6. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коров герефордской породы, завезенных из Канады

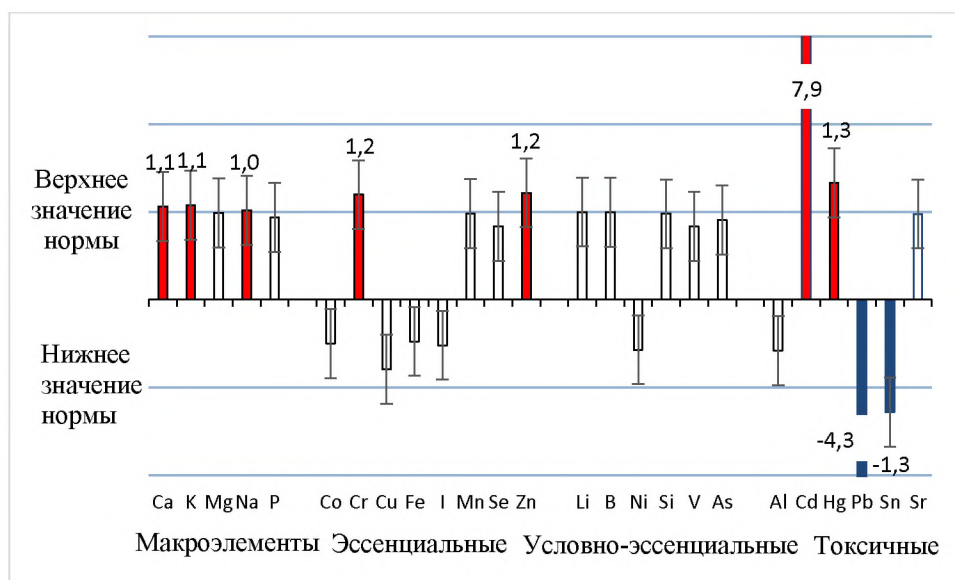


Рисунок 7. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коров герефордской породы I поколения

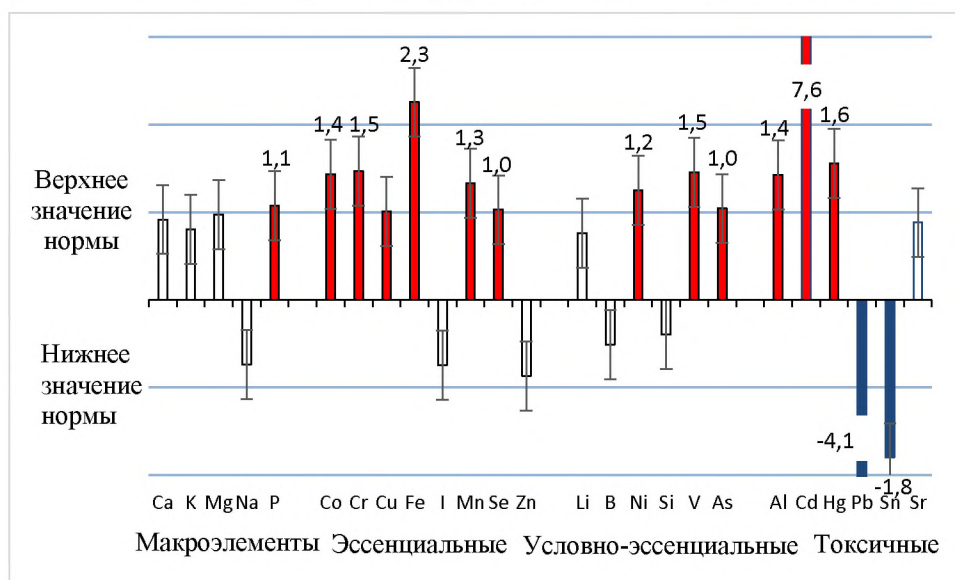


Рисунок 8. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коров герефордской породы II поколения

Элементный статус животных, завезенных из Канады, отличался по обменному пулу 6 элементов у I поколения по – 9, у II по – 15 из 25 изучаемых. Объяснить полученные данные можно тем, что волос отбирался от коров 3-8 лет в одно и то же время, находящихся на одних рационах кормления, разница в том, что 8-летние коровы уже 6 лет находились в условиях Южно-Уральской биогеохимической провинции и не имели проблем с воспроизводством, тогда как животные I и II поколений получены уже на территории данной провинции с использованием быков, ввезённых из Канады и в большей степени испытывающие адаптационный стресс. Подтверждением этого стали результаты оценки воспроизводительных качеств данных животных, которые показали, что 100,0 % импортированных коров были плодотворно осеменены, тогда, как у потомков I и II поколений этот процент составлял 90,0 и 89,5 %. Процент коров, осемененных от первой случки у импортированных животных составлял 75,0 %, что выше чем у потомков I и II поколений на 5,0 и 12,0 % соответственно. Благодаря этому на завезенных животных удалось сэкономить и количество использованных доз спермы для плодотворного

осеменения на 8 и 10 единиц. Лучшая осеменяемость позволила повысить выход телят по сравнению потомками I и II поколений на 5,0 и 10,0 % соответственно.

3.6. Особенности элементного статуса телок герефордской породы импортной селекции различной продуктивности

Интенсивность роста телок с максимальной продуктивностью (801-900 г) позволила достичь им живой массы к 8-месячному возрасту 229,3 кг, что выше, чем у сверстниц с низкой (600-700 г) и средней (701-800 г) соответственно на 24,6 ($P \leq 0,001$) и 11,8 % ($P \leq 0,001$) (табл. 7).

Таблица 7. Динамика живой массы подопытных телок, кг

Возраст, мес.	Группа		
	I (600-700)	II (701-800)	III (801-900)
При рождении	28,6±0,29	29,1±0,39	28,8±0,47
8	183,5±3,19	205,1±3,43***	229,3±3,11***
12	267,9±3,51	302,7±3,67***	338,4±3,43***
15	335,0±4,01	376,0±4,09***	416,6±3,87***
18	399,3±4,36	449,0±4,59***	492,4±3,19***
Среднесуточный прирост, г			
0-8	637±9,48	724±10,32***	825±10,11***
8-18	715±9,48	808±10,32***	871±10,11***

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$, *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению с I группой

Оценка элементного статуса телок в 14-месячном возрасте с различной продуктивностью до 8-месячного возраста по отношению к границам физиологической нормы выявила снижение отклонений от нормы по мере увеличения их продуктивности (рис. 9-11). Причем если у телок I группы обнаружен дефицит по 5 важным элементам: Ca, Mg, I, Se, Zn, у II группы – только по 2: Mg, Zn, то у III их не было.

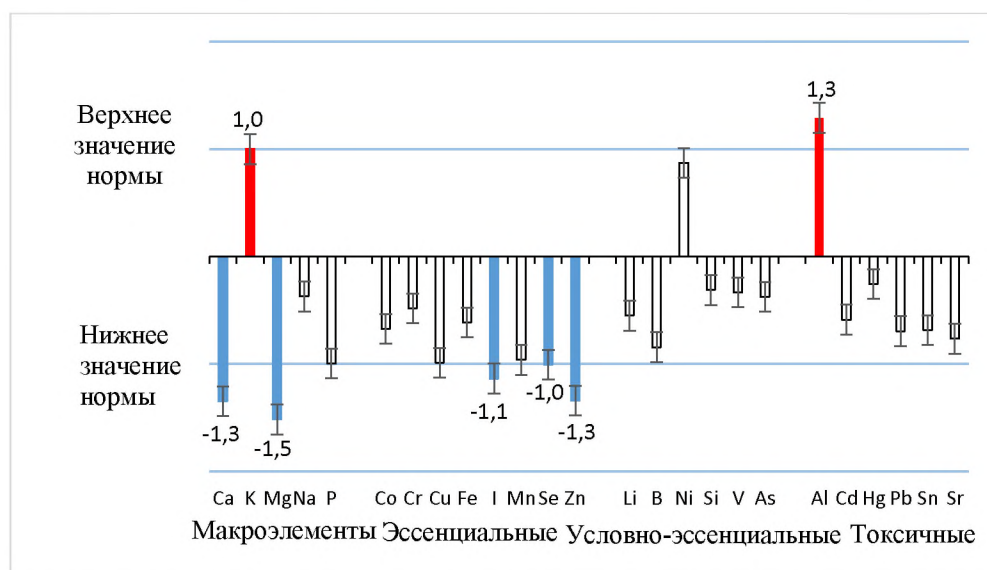


Рисунок 9. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти телок герефордской породы I группы (продуктивность до 8-месячного возраста 600-700 г) в 14-месячном возрасте

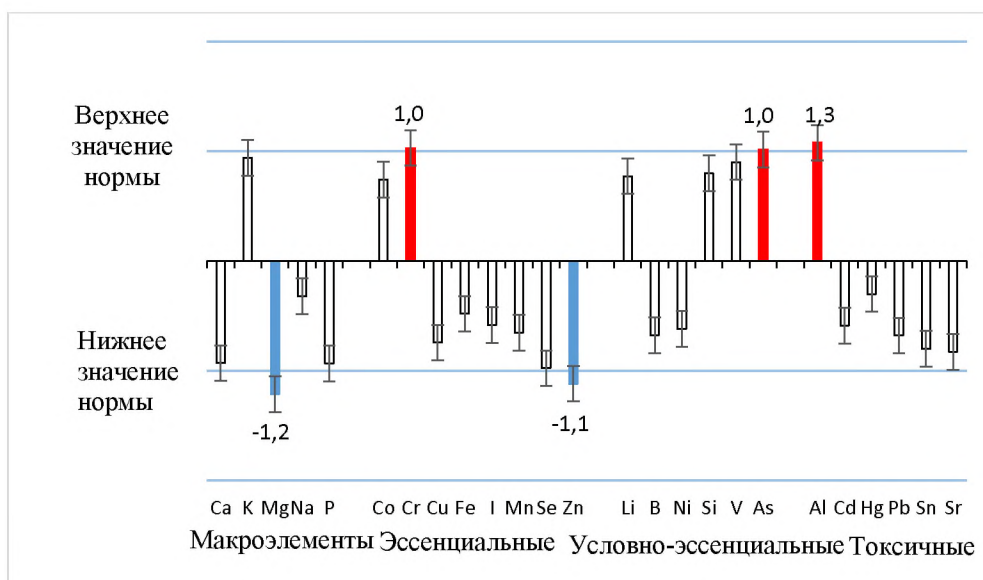


Рисунок 10. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти телок герефордской породы II группы (продуктивность до 8-месячного возраста 701-800 г) в 14-месячном возрасте

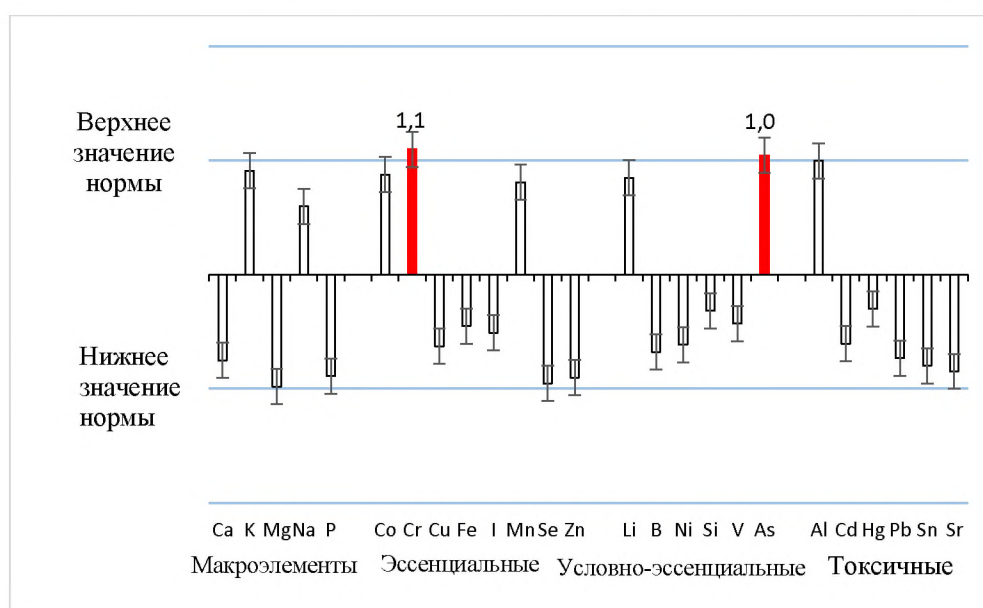


Рисунок 11. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти телок герефордской породы III группы (продуктивность до 8-месячного возраста 801-900 г) в 14-месячном возрасте

Изучение клинических показателей: температуры тела, частоты дыхания и сердечных сокращений и определенные на их основании коэффициенты адаптации, термоустойчивости и индекс теплоустойчивости в самый жаркий месяц (июль) в течение дня у животных с различной продуктивностью не выявило достоверных межгрупповых различий. Определение естественной резистентности телок на основе показателей бета-лизиновой, бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови показало, что наиболее устойчивыми к воздействию факторов внешней среды и лучшими адаптационными качествами обладали телки, показывающие более высокую продуктивность. В частности, телки III группы превосходили сверстниц из I и II по содержанию в крови БАСК на 0,4 и 0,18 %; 3,1 и 2,2 %, лизоцима – на 10,0 и

5,5 %; 19,8 и 13,2%, при меньшем содержании бета-лизинов – на 0,48 и 0,27 %; 3,32 и 0,92 % соответственно в 8 и 15 месяцев, повышение которых свидетельствует о внутренней нестабильности организма.

3.7. Изучение элементного статуса, продуктивных качеств бычков мясного направления продуктивности в зависимости от полиморфизма гена GDF5

Выявление SNP (T586C) в гене GDF5 позволило установить частоту встречаемости генотипов по этому генетическому маркеру. Частота встречаемости аллелей ТТ в выборке составила 48,9 %, ТС – 46,7 и СС – 4,4 % (χ^2 тест равен 4,94 при частоте аллелей Т=0,72; С=0,28). Межгрупповой сравнительный анализ элементного статуса показал, что у бычков с генотипом СС относительно животных с генотипами ТТ и ТС отмечалось повышенное содержание Са на 38,4 (P≤0,001) и 35,8 % (P≤0,05), К – на 169,1 (P≤0,001) и 113,1 % (P≤0,001), Na – на 112,9 (P≤0,001) и 92,2 % (P≤0,001), I – на 39,0 (P≤0,001) и 30,4 % (P≤0,001), Se – на 21,1 (P≤0,001) и 18,8 % (P≤0,001), В – на 35,2 (P≤0,001) и 35,4 % (P≤0,001), Li – на 69,4 (P≤0,001) и 56,1 % (P≤0,001), сниженное по As – на 37,5 (P≤0,001) и 2,3 %, Al – на 61,2 (P≤0,001) и 50,8 % (P≤0,001), Pb – на 52,3 (P≤0,001) и 39,0 % (P≤0,001) соответственно.

Анализ элементных профилей показал, что мутации гена с ТТ к СС при невысокой их частоте встречаемости сопряжены с увеличением обменных пулов эссенциальных элементов, при снижении уровня токсичных, что хорошо видно по сумме количества веществ, выраженной в молях (табл. 8).

Таблица 8. Количество химических элементов в шерсти бычков, ммоль/кг

Элементы	Генотип		
	ТТ	ТС	СС
Эссенциальные	13,72±1,53	12,49±1,07	16,21±1,24**
Токсичные	23,38±0,91	18,48±0,74	9,26±0,88***

Примечание: * – при P≤0,05; ** – при P≤0,01, *** – при P≤0,001 по сравнению с ТТ

Бычки с генотипом СС превосходили сверстников с генотипами ТТ и ТС по концентрации суммы эссенциальных микроэлементов в шерсти на 18,1 (P≤0,01) и 29,8 % (P≤0,001), но уступали по Σ токсичных на 60,4 (P≤0,001) и 49,9 % (P≤0,001). Корреляционный анализ показал, что полиморфизм в гене GDF5 достоверно коррелирует со среднесуточным приростом (r=0,89), макроэлементами: Са (r=0,47), К (r= 0,68), Na (r=0,68), эссенциальными: Se (r=0,76), I (r=0,61), токсичными: Al (r=-0,98), Pb (r=-0,88).

Бычки с генотипом СС, начиная с 3-месячного возраста, заметно отличались от сверстников с генотипами ТТ и ТС по живой массе. Так, в возрасте 3 месяцев их превосходство составляло 8,4 (P≤0,01) и 7,2 % (P≤0,05), в 8 месяцев – 9,4 % (P≤0,001) и 8,2 % (P≤0,001), в 12 месяцев – 7,9 % (P≤0,001) и 6,7 (P≤0,001) % и в 18 месяцев – 7,7 (P≤0,001) и 5,2 (P≤0,01) % соответственно (табл. 9).

Линейный рост. Бычки с генотипом СС превосходили сверстников с генотипами ТТ и ТС как по высотным промерам – высоте в холке соответственно на 2,0 (P≤0,05) и 1,5 %, в крестце – на 1,9 (P≤0,05) и 1,4 %, косой длине туловища – на 2,4 (P≤0,01) и 2,0 % (P≤0,01), так и широтным промерам – ширине груди за лопатками – на 3,1 (P≤0,01) и 1,8 %, ширине в маклаках – на 2,7 (P≤0,05) и 2,3 %, в

тазобедренных сочленениях – на 4,2 ($P \leq 0,001$) и 3,4 ($P \leq 0,01$) %, глубине груди – на 1,9 ($P \leq 0,01$) и 1,3 %, обхвату груди за лопатками – на 1,5 ($P \leq 0,01$) и 0,8 % полуобхвату зада – на 3,5 ($P < 0,001$) и 2,0 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Таблица 9. Динамика живой массы подопытных бычков, кг

Возраст, мес.	Генотип		
	ТТ	ТС	СС
При рождении	25,6±2,29	26,5±1,82	26,5±1,32
3	93,4±7,82	94,2±7,40	101,2±6,35**
8	211,8±13,90	214,1±13,48	231,6±11,19***
12	314,7±16,15	318,1±15,53	339,4±14,87***
18	469,6±24,71	480,6±22,77	505,6±24,09***

Примечание: * – при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$, *** – при $P \leq 0,001$ по сравнению с ТТ

Гематологические исследования. В сыворотке крови бычков с генотипом СС содержалось больше общего белка на 5,2 %, холестерина – на 15,5 %, трансфераз: АЛТ – на 6,9 % и γ -ГТ – на 20,2 % по сравнению с генотипом ТТ. Бычки с генотипом ТС по большинству показателей имели промежуточное значение по сравнению со сверстниками с генотипами СС, ТТ и не имели достоверных различий ни с одной из групп. Результаты морфологических показателей крови не выявили существенных различий между бычками разных генотипов по исследуемым признакам. Исключением явились только показатели MID и MPV, концентрация которых была выше у бычков с генотипом ТТ на 3,05 и 5,63 % ($P \leq 0,05$); 1,6 и 10,17 % ($P \leq 0,05$) по сравнению со сверстниками ТС и СС соответственно.

Изучение перекисного окисления липидов по содержанию малонового диальдегида показало его снижение у бычков с генотипом СС по сравнению со сверстниками ТТ и ТС на 35,9 ($P \leq 0,01$) и 4,6 % соответственно.

3.8. Изучение элементного статуса на основании концентраций в шерсти и мясе, мясной продуктивности, качества мяса, экономической эффективности бычков мясного направления продуктивности в зависимости от полиморфизма гена bGH

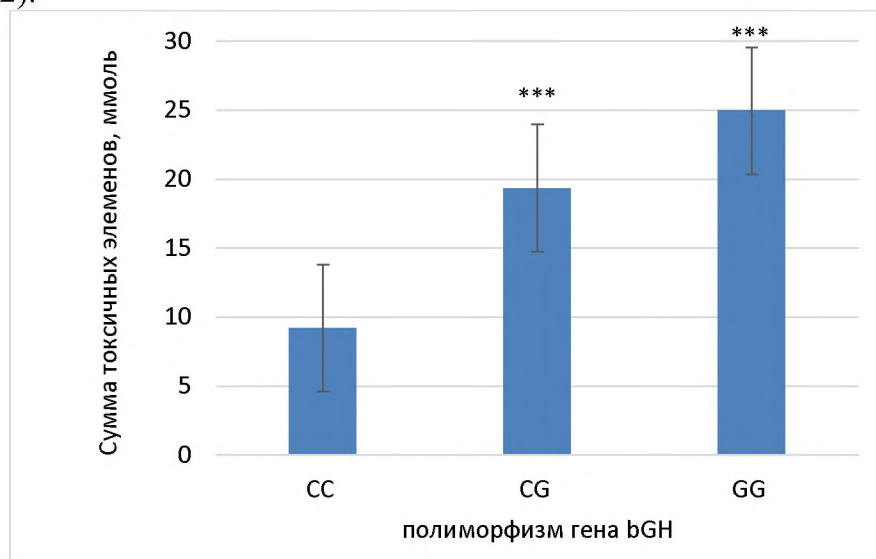
Выявление SNP (rs135322669) в гене bGH показало три генотипа «мутации C>G». Частота встречаемости аллелей СС в выборке составила 62,0 %, CG – 26,0 и GG – 12,0 % ($\chi^2_{\text{эм}} = 39.924$, χ^2 тест равен 5,99 ($P \leq 0,05$), при частоте аллелей C=0,75; G=0,25).

Сравнительная оценка химического состава шерсти бычков калмыцкой породы выявила значительную разницу в концентрациях элементов в зависимости от полиморфизма в гене bGH. Так, в шерсти животных с генотипом СС больше содержалось Ca, K, Na, Co, Cr, Cu, J, Se, B, Si, Li, V по сравнению с генотипом CG и Ca, K, Na, J, Se, B, Li в сравнении с генотипом GG, многие из которых являются активаторами тканевых обменных процессов, питания, регуляции роста и дифференцировки клеток (Lückhoff A and Busse R, 1990; Beard JL, 2001; Sexson JL, 2010; Bresciani E et al., 2019).

Полиморфизм гена с СС к GG сопровождался накоплением токсичных элементов: Al, Pb, Hg. Причем различия по отдельным элементам превышали 100 %.

Для бычков с гомозиготным генотипом GG были характерны повышенные концентрации Al – на 175,2 % ($P \leq 0,001$), Pb – на 105,7 % ($P \leq 0,001$), Hg – на 80,6 % ($P \leq 0,01$), As – на 61,4 % ($P \leq 0,001$), Cu – на 11,7 % ($P \leq 0,05$), при сниженной концентрации Se – на 15,0 % ($P \leq 0,001$), Ca – на 22,0 % ($P \leq 0,001$), B – на 25,0 % ($P \leq 0,001$), I – на 25,4 % ($P \leq 0,001$), Fe – на 31,1 % ($P \leq 0,001$) Li – на 38,2 % ($P \leq 0,001$), Na – на 52,3 % ($P \leq 0,001$), K – на 60,8 % ($P \leq 0,001$) по сравнению сверстниками с генотипом CC.

Для оценки суммарной токсичной нагрузки организма бычков в зависимости от полиморфизма гена гормона роста для каждой из групп были рассчитаны значения концентраций Σ_{tox} как суммы ммоль элементов: Al, Cd, Pb, Sn, Hg, Sr в шерсти с холки (рис. 12).



Примечание: *** – $P \leq 0,001$ по сравнению с генотипом CC

Рисунок 12. Сумма токсичных элементов (Σ_{tox})

в шерсти бычков разных генотипов, ммоль/кг

Бычки с генотипом CC отличались большей интенсивностью роста, меньше накапливали токсичных веществ в шерсти с холки, так, Σ_{tox} у них была ниже на 52,4 ($P \leq 0,001$) и 63,1 % ($P \leq 0,001$) в сравнении со сверстниками с генотипами CG и GG соответственно. Подтверждением этому является и проведенный корреляционный анализ, который выявил достоверную связь между полиморфизмом гена и Σ_{tox} в шерсти на уровне $r=0,92$.

Бычки с генотипом CC, начиная с 6-месячного возраста, заметно превосходили сверстников с генотипами CG и GG по живой массе, в возрасте 6 месяцев их превосходство составляло 5,0 ($P \leq 0,05$) и 7,0 % ($P \leq 0,01$), в 8 месяцев – 5,7 ($P \leq 0,05$) и 7,4 % ($P \leq 0,01$), в 12 месяцев – 4,5 ($P \leq 0,05$) и 8,4 % ($P \leq 0,001$), в 14 месяцев – 5,0 ($P \leq 0,01$) и 9,0 % ($P \leq 0,001$) и в 18 месяцев – 4,1 ($P \leq 0,05$) и 7,8 % ($P \leq 0,001$), по абсолютному приросту за период опыта – на 4,4 и 8,3 % ($P \leq 0,001$) и среднесуточному приросту – на 4,4 ($P \leq 0,001$) и 8,3 % ($P \leq 0,001$) соответственно (табл. 10).

Линейный рост. Особенности формирования экстерьера бычков изучались в зависимости от полиморфизма в гене bGH. Бычки с генотипом GG уступали сверстникам с генотипом CC как по высотным промерам – высоте в холке соответственно на 2,3 % ($P \leq 0,01$), в крестце – на 2,0 % ($P \leq 0,01$), так и широтным промерам – ширине груди – на 4,7 % ($P \leq 0,001$), ширине в крестце – на 5,3 %

($P \leq 0,001$), глубине груди – на 3,1 % ($P \leq 0,001$), генотипу CG только по ширине груди – на 2,3 % ($P \leq 0,05$).

На основании взятых промеров нами были рассчитаны индексы телосложения опытных бычков. Бычки генотипом CC превосходили сверстников по индексам: грудному на 0,8 и 1,7 % ($P \leq 0,05$), мясности – 0,8 и 1,2 % ($P \leq 0,05$), но уступали по длинноногости – на 0,5 и 1,6 % ($P \leq 0,05$), массивности – на 0,4 и 0,9 % ($P \leq 0,05$) и комплексному – на 0,5 и 1,3 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с генотипами CG и GG соответственно.

Таблица 10. Изменение живой массы бычков разных генотипов по гену bGH, кг

Возраст, мес.	Генотип		
	CC (n=62)	CG (n=26)	GG (n=12)
При рождении	26,8±2,01	26,7±1,63	26,3±1,67
3	96,2±7,05	93,4±5,65	92,1±4,96
8	225,7±13,17	213,6±12,43 ^a	210,2±11,97 ^b
12	336,6±16,31	332,1±15,96 ^a	310,4±15,72 ^{bc}
18	506,4±23,12	486,3±22,23 ^a	469,7±21,96 ^{bc}
Абсолютный прирост, кг	480,1±16,9	460,0±15,1 ^a	443,4±14,4 ^{bc}
Среднесуточный прирост, г	889,1±74,52	851,9±70,60 ^a	821,1±67,16 ^{bc}

Примечание: ^a – CG по отношению CC, $P \leq 0,05$; ^b – GG по отношению CC, $P \leq 0,05$;

^c – GG по отношению CG, $P \leq 0,05$

Гематологические исследования. По мере мутации в гене bGH от С к G происходит снижение концентрации общего белка и альбуминов. Так, в крови бычков с генотипом CC больше содержалось общего белка на 4,4 ($P \leq 0,01$) и 10,9 % ($P \leq 0,001$), альбуминов – на 10,0 ($P \leq 0,01$) и 12,6 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с генотипами CG и GG соответственно, что согласуется с лучшей интенсивностью их роста в этот период и объясняется тем, что чем выше интенсивность обменных процессов в организме, тем больше растущему организму необходимо белка. При этом, по мере увеличения содержания общего белка и его альбуминовой фракции у бычков с генотипом CC наблюдалось снижение конечных продуктов белкового распада: мочевины на 5,3 и 11,6 % ($P \leq 0,01$), креатинина – на 14,0 ($P \leq 0,05$) и 11,9 % ($P \leq 0,05$), мочевой кислоты – на 7,8 и 11,6 % ($P \leq 0,05$) по сравнению с генотипами CG и GG соответственно. Подтверждением большего уровня обмена веществ в организме бычков с генотипом CC является и высокий уровень триглицеридов в их крови, которые как известно, являются основным источником энергии для клеток. Так, по этому показателю их превосходство составило 86,1 ($P \leq 0,05$) и 111,7 % ($P \leq 0,01$) соответственно в сравнении с CG и GG.

СОД и каталаза являются ферментами детоксикации и мощными антиоксидантами в клетке. В нашем исследовании по этим показателям отмечается превосходство бычков с генотипом CC над сверстниками CG и GG соответственно на 3,4 и 18,0 % ($P \leq 0,01$) и 0,34 и 47,9 % ($P \leq 0,01$). По малоновому диальдегиду бычки с генотипом GG превосходили сверстников с генотипами CC и CG на 51,5 ($P \leq 0,001$) и 13,6 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Мясная продуктивность в зависимости от полиморфизма гена bGH.

Результаты контрольного убоя подопытных бычков показали существенные различия между сравниваемыми группами (табл. 11).

Таблица 11. Результаты контрольного убоя бычков различных генотипов по гену bGH

Показатель	Генотип		
	CC	CG	GG
Предубойная живая масса, кг	490,6±2,84	470,9±2,64 ^a	455,2±2,72 ^{bc}
Масса парной туши, кг	272,0±2,17	259,2±2,06 ^a	248,4±2,09 ^{bc}
Выход туши, %	55,44±0,18	55,04±0,21	54,58±0,19 ^b
Масса внутреннего жира, кг	15,3±0,19	14,4±0,16 ^a	13,1±0,14 ^{bc}
Выход внутреннего жира, %	3,11±0,11	3,05±0,08	2,88±0,06
Убойная масса, кг	287,2±1,98	273,5±1,76 ^a	261,6±1,53 ^{bc}
Убойный выход, %	58,55±0,31	58,09±0,26	57,46±0,22 ^b

Примечание: ^a – CG по отношению CC, $P \leq 0,05$; ^b – GG по отношению CC, $P \leq 0,05$;
^c – GG по отношению CG, $P \leq 0,05$

Бычки калмыцкой породы с генотипом CC, превосходили сверстников CG и GG по массе парной туши соответственно на 4,9 ($P \leq 0,05$) и 9,5 % ($P \leq 0,01$), выходу туши – на 0,40 и 0,86 % ($P \leq 0,05$), массе внутреннего жира – на 6,2 ($P \leq 0,05$) и 16,4 % ($P \leq 0,001$), убойной массе – на 5,0 ($P \leq 0,01$) и 9,8 % ($P \leq 0,001$), убойному выходу – на 0,46 и 1,09 % ($P \leq 0,05$).

Для выявления влияния полиморфизма гена bGH на выход мякоти, костей и сухожилий был изучен морфологический состав туш (табл. 12).

Таблица 12. Морфологический состав туш подопытных бычков

Показатель	Генотип		
	CC	CG	GG
Масса охлажденной туши, кг	268,3±1,91	255,6±1,94 ^a	244,9±1,83 ^{bc}
Масса мякоти, кг	213,8±1,65	202,9±1,58 ^a	191,5±1,43 ^{bc}
Выход мякоти, %	79,7	79,4	78,2
Масса костей, кг	45,10±0,64	43,22±0,59	42,16±0,42 ^b
Выход костей, %	16,81	16,91	17,21
Масса сухожилий и связок, кг	8,72±0,11	8,59±0,08	8,50±0,09
Выход сухожилий и связок, %	3,25	3,36	3,47
Индекс мясности	4,74	4,70	4,54
Выход мякоти на 100 кг живой массы, кг	43,58	43,09	42,08

Примечание: ^a – CG по отношению CC, $P \leq 0,05$; ^b – GG по отношению CC, $P \leq 0,05$;
^c – GG по отношению CG, $P \leq 0,05$

Межгрупповой анализ морфологического состава туш показал превосходство генотипа CC над сверстниками CG и GG по гену гормона роста: по массе охлажденной туши – соответственно на 4,97 ($P \leq 0,01$) и 9,53 % ($P \leq 0,001$), массе мякоти – на 5,37 ($P \leq 0,01$) и 11,63 % ($P \leq 0,001$), выходу мякоти – на 0,3 и 0,5 %, массе сухожилий и связок – на 1,5 и 2,58 %, выходу мякоти на 100 кг живой массы – на 1,1 и 3,6 %.

Изучение химического состава мяса, полученного от животных разных полиморфных генотипов, по гену bGH позволило дать оценку его качества (табл. 13).

Таблица 13. Химический состав и энергетическая ценность мякоти туш бычков разных полиморфных генотипов по гену гормона роста, %

Показатель	Генотип		
	CC	CG	GG
Сухое вещество	32,36±0,24	32,24±0,21	31,83±0,15
Белок	18,42±0,12	18,54±0,13	18,82±0,11 ^б
Жир	12,97±0,21	12,74±0,18	12,05±0,14 ^{бс}
Зола	0,97±0,02	0,96±0,01	0,96±0,02
Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	8,21	8,14	7,92

Примечание: ^а – CG по отношению CC, $P \leq 0,05$; ^б – GG по отношению CC, $P \leq 0,05$;

^с – GG по отношению CG, $P \leq 0,05$

В средней пробе мяса-фарша, полученного от бычков с генотипом CC, было выше содержание жира на 0,23 и 0,92 % ($P \leq 0,05$), при меньшем содержании белка на 0,12 и 0,4 % ($P \leq 0,05$) по сравнению со сверстниками с генотипами CG и GG соответственно. Соотношение жира к белку в мясо-фарше полученного от бычков калмыцкой породы с генотипом CC было 0,7:1, в то время как с генотипом CG – 0,69:1 и GG – 0,64:1.

Известно, что мясо является важным источником микроэлементов и вносит большой вклад в ежедневное поступление микроэлементов с пищей человеку. Проведенное исследование по выявлению особенностей накопления химических элементов в длиннейшем мускуле спины в зависимости от полиморфизма гена bGH показало имеющиеся межгрупповые различия (рис. 13).

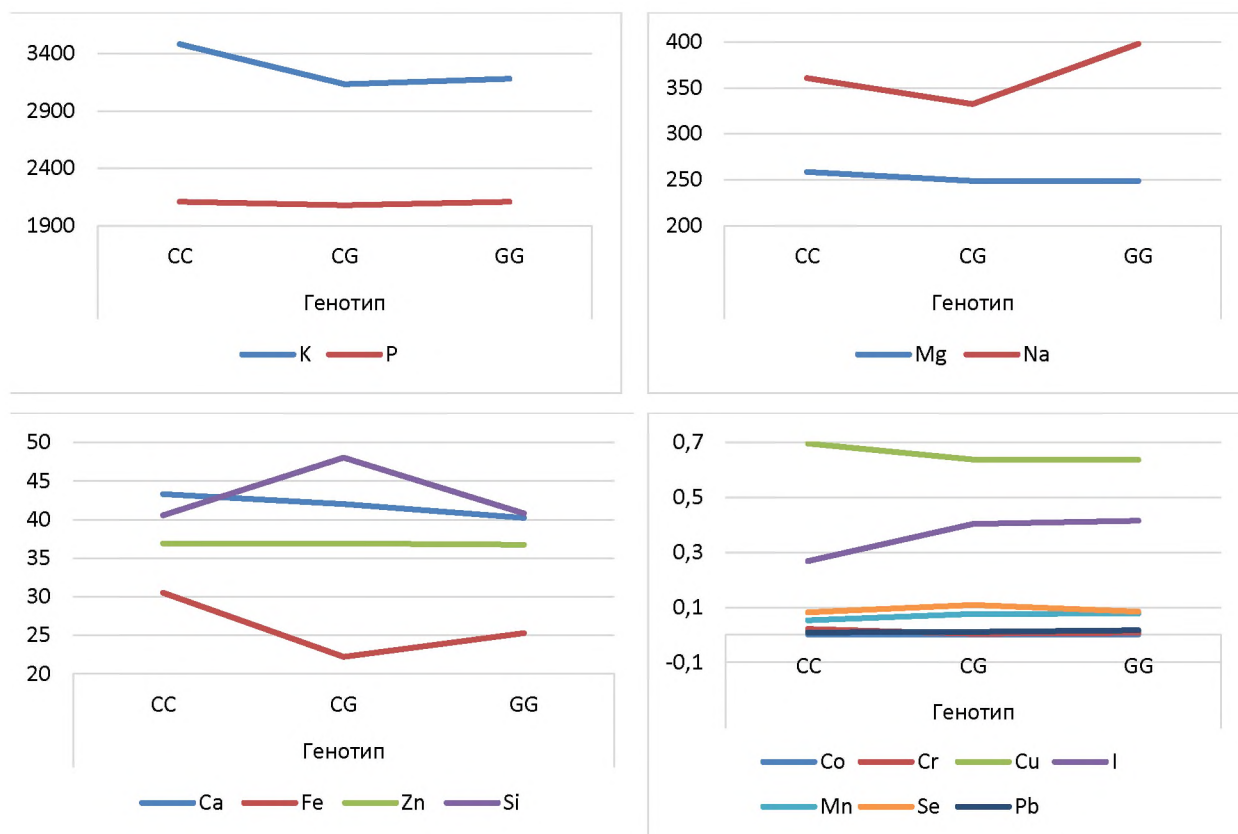


Рисунок 13. Концентрация химических элементов в длиннейшей мышце спины бычков разных генотипов, мг/кг

В длиннейшей мышце спины бычков с генотипом СС больше содержалось К на 11,1 (P≤0,001) и 9,5 % (P≤0,001), Mg – на 3,95 % (P≤0,05), Cr – на 511,8 (P≤0,001) и 193,0 % (P≤0,001), Fe – на 37,4 (P≤0,05) и 20,7 %, Li – на 125,4 (P≤0,001) и 111,7 % (P≤0,001), Ni – на 285,6 (P≤0,05) и 179,8 % (P≤0,05), As – на 53,2 (P≤0,001) и 60,1 % (P≤0,001), Sr – на 43,7 (P≤0,01) и 11,2 % (P≤0,01), при меньшей концентрации Mn – на 29,9 (P≤0,001) и 31,0 % (P≤0,001), Pb – на 25,9 (P≤0,05) и 51,0 % (P≤0,001) по сравнению с генотипами CG и GG соответственно. Проведенный анализ показал сильные корреляционные связи между полиморфизмом гена и содержанием в мышечной ткани Pb (r=0,93), Sr и Cr (r=0,88), Sr и Mn (r=-0,87), Sr и K (r=0,85), As и Cr (r=0,89), Al и I (r=0,87).

Отбор животных с генотипом СС по гену гормона роста позволяет получить дополнительную прибыль размером 3456-6372 рублей и повысить уровень рентабельности производства продукции животноводства на 5,6-10,4 % по сравнению с животными-носителями генотипов CG и GG (табл. 14).

Таблица 14. Экономическая эффективность использования полиморфных животных по гену bGH

Показатели	Генотип		
	СС (n=62)	CG (n=26)	GG (n=12)
Абсолютный прирост живой массы за период опыта, кг	480,1±16,9	460,0±15,1	443,4±14,4
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	12763,6	13321,3	13820,0
Производственные затраты, руб./гол.	61278	61278	61278
Реализационная стоимость туши, руб.	73440	69984	67068
Прибыль (+), убыток(-) от реализации мяса, руб.	12162	8706	5790
Рентабельность производства, %	19,8	14,2	9,4

Таким образом, для увеличения продуктивных качеств бычков целесообразно проводить отбор по полиморфизму гена гормона роста с предпочтением гомозиготных групп животных по генотипу СС.

3.9. Разработка способов отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти

С целью оценки и прогнозирования продуктивных качеств молодняка мясных пород крупного рогатого скота разработаны способы отбора животных по результатам определения уровня содержания химических элементов в шерсти.

На основе анализа среднесуточных приростов бычков калмыцкой породы (n=60) и химического состава шерсти разработан способ прогнозирования продуктивности по соотношению металлов-антагонистов в шерсти. Проведенный корреляционный анализ выявил наличие достоверных связей между среднесуточным приростом живой массы тела и эссенциальными микроэлементами: Se (r=0,76) и I (r=0,61) и токсичными: Al (r=-0,98), Pb (r=-0,88). На основании этих данных нами, была предложена формула для расчета коэффициента токсической нагрузки у бычков в период откорма: $K=(Al+Pb)/(Se+I)$, где K – коэффициент токсичной нагрузки, ед.; Al, Pb, Se и I – количество алюминия, свинца, селена и йода в шерсти с холки, ммоль/кг.

Рассчитанный коэффициент ранговой корреляции Спирмена показал достоверную отрицательную корреляционную связь между коэффициентом токсической нагрузки и среднесуточным приростом $r=-0,96$.

Для распределения животных по группам в зависимости от коэффициента токсической нагрузки был применен центильный метод, определены границы 25 и 75 процентиля. На основании этих расчетов нами предложено: при значении коэффициента токсичной нагрузки ниже 634 ед. бычков относят к группе животных с высоким потенциалом весового роста, при значении коэффициента 634,1-1804,9 ед. бычков относят к группе со средним и при выше 1805 ед. бычков относят к группе с низким потенциалом весового роста.

Апробация заявленного способа проведена в СПК колхоз «Красногорский» Саракташского района Оренбургской области на физиологически здоровых бычках калмыцкой породы ($n=182$), у которых в 8-месячном возрасте при переводе на откормочную площадку (октябрь) отбирали образцы шерсти для исследования содержания в ней Al, Pb, I и Se. Для всех подопытных животных были рассчитаны коэффициенты токсической нагрузки по ранее приведенной формуле, на основании этого животных разделили на 3 группы: I ($n=32$) – коэффициент $K \geq 1805$ ед., II ($n=104$) – коэффициент $K=634,1-1804,9$ ед. и III ($n=46$) – коэффициент $K \leq 624$ ед. Результаты оценки продуктивных качеств бычков выявили различия по живой массе в 18-месячном возрасте между I и II группами 11 кг (2,3 %), I и III – 36 кг (7,7 %, $P \leq 0,001$), II и III – 25 кг (5,2 %, $P \leq 0,001$), по среднесуточным приростам с 8- до 18-месячного возраста: I и II группы – 43 г (5,1 %, $P \leq 0,001$), I и III – 121 г (14,4 %, $P \leq 0,001$), II и III – 78 г (5,2 %, $P \leq 0,001$).

Дальнейшим развитием этого направления стала разработка нового способа прогнозирования продуктивности животных на основе анализа уровней эссенциальных и токсических химических элементов в шерсти. На основании этих данных проведена оценка взаимосвязи суммы макроэлементов (Ca, K, Mg, Na, P), эссенциальных (Zn, Fe, Cu, Mn, I, Se, Cr, Co), токсичных (Al, As, Sr, Pb, Sn, Cd, Hg) элементов, выраженных в ммоль/кг вещества, со среднесуточными приростами бычков. Проведенный корреляционный анализ показал наличие достоверных связей между среднесуточным приростом живой массы тела и суммой ммоль токсичных микроэлементов ($r=-0,69$), по сумме ммоль макроэлементов ($r=0,34$), эссенциальных микроэлементов ($r=0,32$) достоверной взаимосвязи не обнаружено.

Учитывая вышеизложенное, нами было предложено использование суммы токсичных (Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr) элементов, выраженных в ммоль/кг вещества, в качестве критерия отбора бычков при формировании групп по продуктивности для откорма. Для расчета используется формула: $\sum_{tox} = Al + Cd + Hg + Pb + Sn + Sr$, где $\sum_{tox}$ – суммарная токсическая нагрузка организма, ммоль/кг; Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr – количество алюминия, кадмия, ртути, свинца, олова, стронция в шерсти с холки, ммоль/кг.

Группы были сформированы процентильным методом: I группа – <25 процентиля, II – $=25-75$ процентиля и III – >75 процентиля. На основании этих расчетов нами предложено: при значении коэффициента токсической нагрузки ниже 10,50 ммоль/кг, бычков относят к группе животных с высоким потенциалом весового роста, при значении коэффициента 10,51-24,00 ммоль/кг бычков относят к группе со средним и при выше 24,01 ммоль/кг бычков относят к группе с низким потенциалом весового роста.

Апробация способа проведена в СПК колхоз «Красногорский» Саракташского района Оренбургской области на физиологически здоровых бычках ($n=100$) калмыцкой породы, у которых в 8-месячном возрасте при переводе на откормочную площадку

(октябрь) отбирали образцы шерсти для исследования содержания в ней Al, Cd, Hg, Pb, Sn, Sr. На основании этого рассчитали суммарную токсическую нагрузку организма и разделили на 3 группы: I (n=20) – $\sum_{tox} \geq 24,01$ ед., II (n=52) – $\sum_{tox} = 10,51-24,00$ ед. и III (n=28) – $\sum_{tox} \leq 10,50$ ед. Разница по живой массе в 18-месячном возрасте составила между I и II группами 23,2 кг (5,0 %, $P \leq 0,01$), I и III – 39,2 кг (8,4 %, $P \leq 0,001$), II-III – 16 кг (3,3 %, $P \leq 0,05$), по среднесуточным приростам за период опыта (8-18 месяцев): I и II группы – 79 г (9,4 %, $P \leq 0,001$), I и III – 131 г (15,6 %, $P \leq 0,001$), II и III – 52 г (5,6 %, $P \leq 0,001$).

3.10. Разработка способа ранней диагностики воспроизводительной способности коров мясного направления продуктивности

Предлагаемый способ разработан на основе экспериментальных данных концентраций химических элементов в шерсти коров различного физиологического состояния: стельных 3,0-3,5 месяца (n=30) (осеменены по первому разу) и бесплодных (n=30) коров. Установлено, что из 25 изучаемых элементов по четырем, уровни концентраций химических элементов не накладываются между сравниваемыми группами. Так, у продуктивных (стельных) коров концентрация меди была на уровне 5,51-7,57 мкг/г, йода – 0,332-0,575, селена – 0,496-0,797, цинка – 116,0-146,0 мкг/г, у бесплодных: меди – 3,54-5,50 мкг/г, йода – 0,113-0,331, селена – 0,348-0,495, цинка – 90,0-115,0 мкг/г.

Апробация заявленного способа проведена на коровах герефордской породы импортной селекции (n=60), от которых на 30 суток после отела были взяты образцы шерсти по заявленным микроэлементам. По результатам исследований концентраций Cu, I, Se, Zn 49 голов были отнесены к животным с высокими воспроизводительными качествами (I группа), 11 голов – с низкими (II группа). Результаты оценки воспроизводительных качеств показали, что у коров I группы появление первой охоты сократилось на 3 суток, первое осеменение – на 4 суток, плодотворное осеменение – на 29 суток по сравнению со II группой. Все коровы I группы плодотворно осеменались, во II группе этот показатель составлял 18 %. Таким образом, заявленный способ можно применять при оценке воспроизводительных качеств, он позволяет заранее производить коррекцию выявленных элементозов коров.

3.11. Разработка способа повышения адаптационной способности импортного мясного скота, обеспечивающего повышение воспроизводительных качеств и реализацию генетического потенциала, на основе коррекции элементного статуса животных

Нами была поставлена задача – разработка и использование новой технологии коррекции элементного статуса коров для повышения их воспроизводительных качеств. Для этого от 48 коров герефордской породы с нарушениями в воспроизводительной способности (не пришли в охоту более 2 месяцев после отёла), на основании результатов исследований элементного статуса, установленного по элементному составу шерсти, были отобраны 30 голов, в шерсти которых концентрация йода и селена находилась ниже уровня 25 процентиля: меньше 0,28 и 0,58 мг/кг соответственно. Животные были разделены на 2 группы, опытным коровам на 1 и 10 сутки эксперимента парентерально вводился микроэлементный препарат, содержащий йод и селен.

При постановке животных на опыт существенных изменений между сравниваемыми группами не обнаружено, ведение микроэлементного корректирующего препарата позволило повлиять на элементный профиль коров сравниваемых групп (рис. 14).

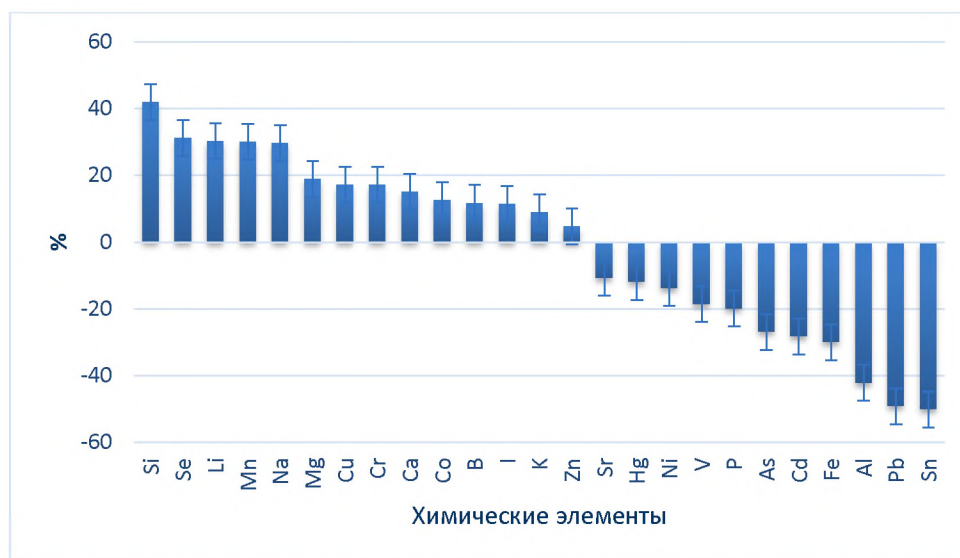


Рисунок 14. Элементный профиль коров опытной группы относительно контрольной на 28 сутки эксперимента, %

Сравнительный анализ элементного статуса коров опытной группы относительно контрольной на 28 сутки показал повышение концентрации Si на 42,0 % ($P \leq 0,001$), Se – на 31,2 ($P \leq 0,001$), Li – на 30,3 ($P \leq 0,001$), Mn – на 30,0 ($P \leq 0,01$), Na – 29,7 ($P \leq 0,01$), Mg – 18,9 ($P \leq 0,01$), Cu – 17,2 ($P \leq 0,05$) и I – 11,4 % ($P \leq 0,05$), снижение As – на 26,9 % ($P \leq 0,01$), Cd – на 28,2 ($P \leq 0,01$), Fe – на 30,0 ($P \leq 0,01$), Al – на 42,1 ($P \leq 0,001$), Pb – на 49,1 ($P \leq 0,001$) и Sn – на 50,1 % ($P \leq 0,001$).

Сравнительная оценка химического состава шерсти коров с референтными интервалами (25-75 процентиль) на фоне введения корректирующего препарата показала снижение числа элементов, выходящих за границы предлагаемых интервалов с 8 до 6 на 28 сутки. Следует отметить, что это происходило за счет снижения (ниже 25 процентиля) токсичного и условно-эссенциального звеньев.

Примером могут служить индивидуальные данные коровы герефордской породы опытной группы (рис. 15,16).

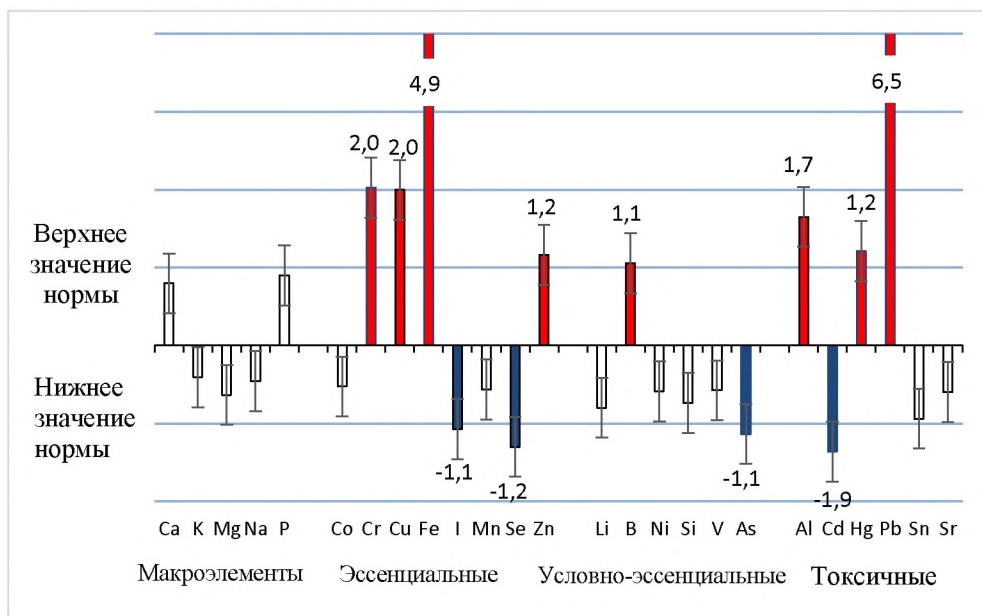


Рисунок 15. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коровы герефордской породы, индивидуальный номер 51416, возраст – 4 года, на начало эксперимента

На начало эксперимента у данной коровы не приходящей в охоту более 60 дней, отмечалась повышенная концентрация токсичных: Al, Hg, Pb при сниженном уровне эссенциальных: I, Se, как следствие было принято решение двукратной инъекции корректирующей добавки, содержащей недостающие элементы, учитывая еще и то что последний обладает антагонистическими связями с токсичными элементами.

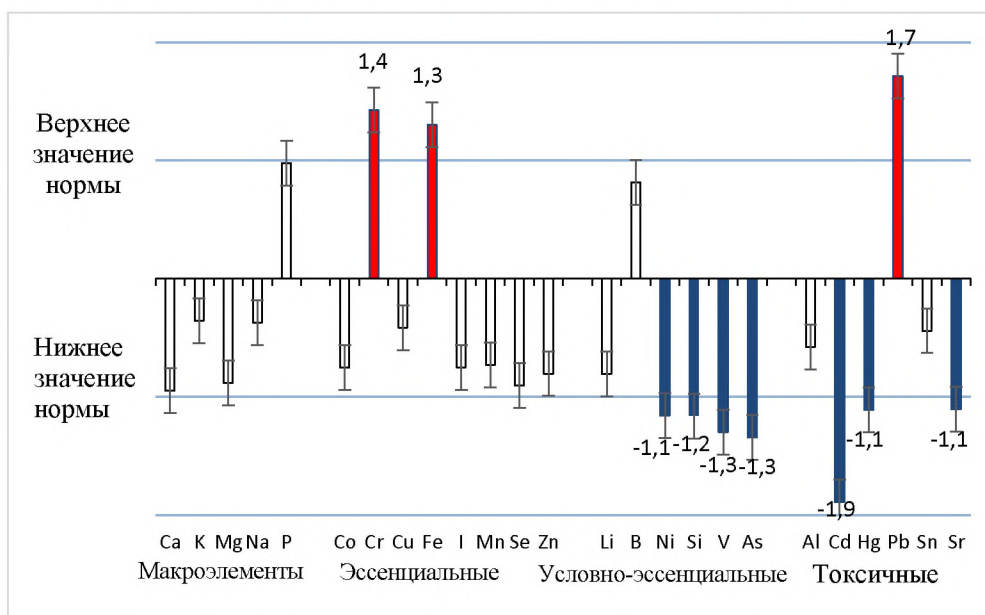


Рисунок 16. Кратность отклонений концентраций химических элементов в шерсти коровы герефордской породы, индивидуальный номер 51416, возраст – 4 года, на 28 сутки эксперимента

На 28 сутки у данной коровы повысились концентрации I и Se, уровни которых вошли в границы физиологической нормы с одновременным снижением уровня токсичных. Единственным токсичным элементом, превышающим нормы остался свинец, но его превышение снизилось почти в 5 раз по сравнению с началом эксперимента и составило 1,7 раза.

По результатам наблюдения признаков половой охоты у данной коровы установлено, что она началась на 30 сутки после начала эксперимента, это позволило плодотворно ее осеменить.

Изучение биохимических и морфологических показателей крови показало отсутствие статистически значимых различий на момент постановки на опыт между сравниваемыми группами. В дальнейшем у коров контрольной группы на 14 и 28 сутки эксперимента в связи с однотипным рационом кормления и условиями содержания гематологические показатели существенно не изменились, чего не скажешь о животных опытной группы.

В крови коров опытной группы на 28 сутки увеличилось содержание фосфора на 86,0 % ($P \leq 0,001$), триглицеридов – на 41,0 % ($P \leq 0,001$), мочевины – на 37,6 % ($P \leq 0,001$), АЛТ – на 20,0 % ($P \leq 0,01$), креатинина – 15,3 % ($P \leq 0,01$), глюкозы – на 11,2 % ($P \leq 0,01$), щелочной фосфатазы – на 10,4 % ($P \leq 0,01$), АСТ – на 10,4 % ($P \leq 0,01$), альбуминов – на 7,1 % ($P \leq 0,05$), общего белка – на 5,9 % ($P \leq 0,05$), кальция – на 5,6 % ($P \leq 0,05$), PLT – на 227,5 % ($P \leq 0,001$), HGB – на 27,5 % ($P \leq 0,001$), MCH – на 15,60 % ($P \leq 0,001$), MCHC – на 15,21 % ($P \leq 0,001$), HCT – 9,23 % ($P \leq 0,001$), RBC – на 9,11 % ($P \leq 0,01$), RDW_SD – на 8,15 % ($P \leq 0,05$), RDW_CV – на 0,85 % ($P \leq 0,05$), PCT – на 0,46 % ($P \leq 0,001$), при снижении холинэстеразы – на 9,6 % ($P \leq 0,05$), билирубина прямого –

на 16,4 % ($P \leq 0,01$), холестерина – на 39,6 % ($P \leq 0,001$), магния – на 56,2 % ($P \leq 0,01$), гамма-глутамилтрансферазы – на 80,7 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с началом эксперимента.

Оценка ферментов антиоксидантной защиты СОД и каталазы показала их увеличение в опытной группе на 28 сутки эксперимента на 25,1 ($P \leq 0,05$) и 106,1 % ($P \leq 0,01$) соответственно, в контрольной группе данные показатели не изменились. Изучение перекисного окисления липидов по малоновому диальдегиду показало его повышение как в контрольной, так и опытной группах, причем в контрольной оно было статистически значимо и составляло 126,8 ($P \leq 0,05$) и 131,0 ($P \leq 0,01$) % соответственно на 14 и 28 сутки эксперимента.

Коррекция йод-селенового статуса коров опытной группы сопровождалась повышением концентраций в сыворотке крови тироксина на 22,0 ($P \geq 0,05$) и 55,3 % ($P \leq 0,001$), трийодтиронина – на 28,8 ($P \geq 0,05$) и 87,3 ($P \geq 0,05$) %, эстрадиола – на 21,0 ($P \geq 0,05$) и 24,3 % ($P \leq 0,05$) на 14 и 28 сутки соответственно, повышение уровня последнего указывает на половую охоту коров (организм готовится к овуляции).

Оценка репродуктивных качеств коров выявила положительный эффект коррекции йод-селенового статуса, оцененного по концентрации в шерсти с холки (табл. 15).

Таблица 15. Влияние корректирующей добавки на воспроизводительные качества коров

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество коров, гол.	15	15
Пришло в охоту гол./сут:		
15	5	4
30	7	9
60	10	14
%	67	93
Не пришло	5	1
%	33	7
Осеменено коров, гол.:	9	14
в т. ч. от первой случки	6	12
Не осеменено, гол.	1	0
Абортировало, гол.	2	0
Получено телят, гол.	7	14
Выход телят, %	47	93

Коровы опытной группы лучше приходили в охоту и осеменялись. В ней отсутствовали не осемененные и абортированные коровы. По выходу телят и легкости отела опытные животные превосходили аналогов из контрольной группы.

Таблица 16. Экономическая эффективность применения способа повышения адаптационной способности коров и на основе коррекции их элементного статуса

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество коров, гол.	15	15
Расходы на содержания 1 гол., руб.	18816,7	18816,7
Производственные затраты, всего руб.	282250,5	282250,5
Стоимость анализа шерсти по элементам (I, Se), руб.	4500,0	4500,0
Стоимость препарата, руб.		390,0
Получено телят, гол.	7	14
Деловой выход телят, %	46,7	93,3
Себестоимость 1 теленка к отбивке, руб.	40964,3	20510,0
Стоимость теленка к отбивке, руб.	30000,0	30000,0
Прибыль (+), убыток (-) от реализации телят, руб.	-76750,1	+132859,5
Уровень рентабельности, %	-26,7	46,2

В связи с тем что коровы подбирались с проблемами в воспроизводстве и сниженной концентрацией I и Se, в контрольной группе убыток от их содержания составил 76,8 тыс. рублей, использование способа коррекции привело к получению дополнительной прибыли в размере 132,8 тыс. рублей и позволило получить уровень рентабельности на уровне 46,2 %.

Таким образом, на основании проведенных исследований разработан способ повышения адаптационной способности импортного мясного скота, обеспечивающий повышение воспроизводительных качеств и реализацию генетического потенциала животных, включающий оценку концентраций химических элементов в шерсти у коров. При дефицитном содержании йода ниже 0,28 мг/кг, селена – ниже 0,58 мг/кг следует производить их коррекцию двукратным внутримышечным введением по 10 мл коммерческого препарата, содержащего в 1 мл: йод – 5,5-7,5 мг, селен в органической форме – 0,07-0,09 мг. Это позволяет повысить концентрацию в шерсти йода до 0,35, селена – до 0,66 мг/кг, что соответствует физиологической норме (25-75 процентиль), улучшить морфобиохимические показатели крови, гормональный статус, повысить воспроизводительные качества.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучение изменений элементного статуса мясного скота по величине концентраций 25 химических элементов в шерсти, показало большее содержание у телок: Ca, K, Na, Mg, I, B, Si и меньшее Cu, As по сравнению с коровами. Аналогичные различия между бычками и коровами установлены по 15 химическим элементам: I, B, Na, Ca, K, Mg, Cd, Mn, Sr, V, Co, Pb, Ni, Li, P; между бычками и телками по 16 элементам: I, Mn, Co, V, Ni, Cd, Cr, P, Pb, As, Sr, Ca, Mg, K, Na, Si.

2. Референтные интервалы для коров мясных пород, мг/кг:

- в границах 2,5-97,5 процентильного интервала: калий – 352-6368; кальций – 424-4446; магний – 146-1410; натрий – 124-2988; фосфор – 119-429; железо – 13,3-627; цинк – 74,4-236; кобальт – 0,02-0,43; хром – 0,02-2,09; медь – 3,25-8,94; йод – 0,11-1,25; марганец – 3,95-65,83; селен – 0,08-1,87; бор – 0,67-13,37; литий – 0,11-4,17; никель – 0,15-2,07; кремний – 0,56-143; ванадий – 0,052-1,48; мышьяк – 0,04-0,34; алюминий – 11,25-529; стронций – 2,18-29,55; свинец – 0,08-0,79; олово – 0,004-0,098; кадмий – 0,005-0,065; ртуть – 0,0018-0,021.

- в границах 25-75 процентильного интервала: калий – 676-3093; кальций – 1597-2926; магний – 425-893; натрий – 314-1468; фосфор – 180-269; железо – 38,7-180; цинк – 101-142; кобальт – 0,06-0,18; хром – 0,13-0,44; медь – 5,01-6,64; йод – 0,26-0,61; марганец – 13,47-33,22; селен – 0,25-0,90; бор – 1,78-4,44; литий – 0,29-1,54; никель – 0,41-0,88; кремний – 8,94-28,36; ванадий – 0,14-0,54; мышьяк – 0,08-0,20; алюминий – 27,4-130,0; стронций – 9,3-17,8; свинец – 0,16-0,32; олово – 0,01-0,02; кадмий – 0,013-0,031; ртуть – 0,002-0,009.

Референтные интервалы для телок мясных пород, мг/кг:

- в границах 2,5-97,5 процентильного интервала: калий – 275-4293; кальций – 1190-4791; магний – 235-1371; натрий – 255-4514; фосфор – 126-449; железо – 21,2-460; цинк – 60,3-146; кобальт – 0,02-0,37; хром – 0,05-0,88; медь – 2,35-10,28; йод – 0,21-2,71; марганец – 8,75-100,0; селен – 0,17-1,34; бор – 1,21-17,07; литий – 0,12-1,98; никель – 0,24-1,77; кремний – 3,25-73,65; ванадий – 0,08-1,07; мышьяк – 0,04-0,28; алюминий – 5,41-505; стронций – 6,84-30,56; свинец – 0,10-0,57; олово – 0,005-0,081; кадмий – 0,01-0,088; ртуть – 0,0018-0,06.

- в границах 25-75 процентильного интервала: калий – 992-3125; кальций – 2005-3413; магний – 520-881; натрий – 477-2566; фосфор – 175-293; ; железо – 46,8-214; цинк – 96,9-123; кобальт – 0,07-0,22; хром – 0,16-0,37; медь – 4,19-6,87; йод – 0,43-1,39; марганец – 21,62-50,06; селен – 0,21-0,82; бор – 2,61-9,88; литий – 0,25-1,06; никель – 0,42-0,9; кремний – 8,47-33,97; ванадий – 0,17-0,56; мышьяк – 0,06-0,17; алюминий – 26,4-142,0; стронций – 12,94-21,69; свинец – 0,20-0,39; олово – 0,01-0,025; кадмий – 0,02-0,046; ртуть – 0,002-0,009.

Референтные интервалы для бычков мясных пород, мг/кг:

- в границах 2,5-97,5 процентильного интервала: калий – 689-6372; кальций – 847-5473; магний – 191-1272; натрий – 265-5016; фосфор – 151-513; железо – 46,4-1334; цинк – 83,7-169; кобальт – 0,02-1,02; хром – 0,10-4,53; медь – 3,52-15,25; йод – 0,21-4,71; марганец – 7,89-109,0; селен – 0,14-0,61; бор – 1,58-19,86; литий – 0,14-2,07; никель – 0,14-10,2; кремний – 0,49-97,4; ванадий – 0,09-7,03; мышьяк – 0,04-0,42; алюминий – 12,4-1429; стронций – 4,56-49,86; свинец – 0,12-1,39; олово – 0,0043-0,06; кадмий – 0,006-0,10; ртуть – 0,0018-0,06.

- в границах 25-75 процентильного интервала: калий – 1553-3691; кальций – 2002-3980; магний – 463-865; натрий – 702-2736; фосфор – 220-325; железо – 118-357; цинк – 97,9-122,5; кобальт – 0,06-0,36; хром – 0,33-0,79; медь – 5,36-10,26; йод – 0,90-1,75; марганец – 23,0-63,4; селен – 0,19-0,44; бор – 3,58-11,2; литий – 0,25-1,22; никель – 0,3-1,01; кремний – 3,3-16,8; ванадий – 0,31-1,12; мышьяк – 0,08-0,23; алюминий – 55,0-317,5; стронций – 12,5-23,8; свинец – 0,29-0,75; олово – 0,01-0,02; кадмий – 0,01-0,05; ртуть – 0,004-0,029.

Референтные интервалы для коз оренбургской породы, мг/кг:

- в границах 2,5-97,5 процентильного интервала: калий – 842-3741; кальций – 1371-3082; магний – 287-783; натрий – 186-756; фосфор – 165-345; железо – 226-643;

цинк – 85,3-137; кобальт – 0,13-0,35; хром – 1,43-3,80; медь – 4,15-7,22; йод – 0,14-0,71; марганец – 6,43-18,47; селен – 0,39-1,91; бор – 1,04-5,44; литий – 0,28-0,92; никель – 1,19-3,45; кремний – 1,22-39,4; ванадий – 0,46-1,47; мышьяк – 0,14-0,38; алюминий – 104-387; стронций – 4,94-14,24; свинец – 0,15-0,83; олово – 0,013-0,083; кадмий – 0,019-0,092; ртуть – 0,0018-0,017.

- в границах 25-75 процентильного интервала: калий – 992-1727; кальций – 1837-2269; магний – 379-502; натрий – 296-410; фосфор – 190-269; железо – 304-425; цинк – 100,0-115,0; кобальт – 0,16-0,23; хром – 1,70-2,67; медь – 5,41-6,25; йод – 0,29-0,44; марганец – 8,49-12,48; селен – 0,70-1,01; бор – 2,09-2,92; литий – 0,43-0,61; никель – 1,41-2,10; кремний – 12,51-24,24; ванадий – 0,62-0,80; мышьяк – 0,24-0,31; алюминий – 155,0-204,0; стронций – 7,04-9,99; свинец – 0,26-0,43; олово – 0,027-0,051; кадмий – 0,025-0,044; ртуть – 0,006-0,009.

3. Региональные значения процентильных интервалов концентраций химических элементов в шерсти коров мясного направления продуктивности, разводимых на территории Оренбургской области, отличаются от среднероссийских, большим уровнем 25 и 75 процентиля по K, Na, Se, Zn, Li, только 25 – по Si, 75 – по Mg, P, при сниженной концентрации 25 и 75 – по Mn, B, 25 – по Cu, 75 – по Cr и Fe. Кроме того, сравнение фактических значений российских и региональных процентилей по «расстоянию» между 25-75 процентильным интервалом, показало расширение границ интервала в региональных нормах по целому ряду химических элементов: K, Mg, P, Cu, I, Li.

Использование региональных норм при оценке молочности коров герефордской породы показало, что группа животных, от которых получены бычки живой массой $183,2 \pm 2,04$ кг в 205 дневном возрасте имели отклонения ниже 25 процентиля по концентрации Ca, I, Mn, Se, Zn, Li, Si с превышением 75 процентиля по уровню Pb. У коров с молочностью – $229,7 \pm 2,14$ кг все показатели были в границах референтных интервалов.

4. По мере адаптации импортного герефордского скота к новой биогеохимической провинции происходят существенные изменения в организме животных. Так, в течении года в крови телок увеличилось содержание общего белка на 1,64 %, альбуминов – на 22,3 %, АсАТ – на 99,5 %, при снижении общего содержания глобулинов – на 12,4 %, и его фракций: α - глобулинов – на 18,7 %, γ -глобулинов – на 10,8 %.

Элементный статус коров герефордской породы канадской селекции в период адаптации к условиям Южно-Уральской биогеохимической провинции претерпевает существенные изменения, что отразилось на повышении концентраций калия, магния, хрома, кобальта, марганца, ванадия, бора, никеля, мышьяка, свинца, при снижении селена у коров I поколения и железа, ванадия, кобальта, никеля, хрома, алюминия, марганца, мышьяка, свинца, кадмия, фосфора, магния, меди, понижении натрия, йода, цинка у коров II поколения по сравнению с импортированными особями. Сравнительный анализ результатов химического состава шерсти с референтными интервалами Оренбургской области выявил, что у коров, завезенных из Канады 6 элементов выходили за пределы физиологической нормы, тогда как у I поколения их 9, у II – 15 из 25 изучаемых, что отразилось на снижении оплодотворяемости на 10,0-10,5 %, в том числе от первой случки 5,0 -12,0 %, уменьшением выхода телят на 5,0-10,0 %.

5. Оценка элементного статуса телок в 14 месячном возрасте с различной продуктивностью по отношению к границам физиологической нормы выявила снижение отклонений от нормы по мере увеличения их продуктивности. Так, у телок с продуктивностью 600-700 г ниже 25 процентиля было 5 элементов: Ca, Mg, I, Se, Zn,

с продуктивностью – 701-800 г - 2: Mg, Zn и у животных с продуктивностью 801-900 г их не было.

6. Полиморфизм гена GDF5 сопряжен с изменением элементного статуса и продуктивных качеств бычков. Так у животных с генотипом CC отмечается повышение концентрации в шерсти Ca, K, Na, I, Se, B, Li, при снижении уровня As, Al, Pb по сравнению со сверстниками с генотипами TT и TC. Отбор животных на откорм по желательному генотипу способствует повышению живой массы к 18 месячному возрасту на 5,2-7,7 %, среднесуточного прироста – на 5,5-8,2 %.

7. Оценка химического состава шерсти бычков калмыцкой породы в зависимости от полиморфизма в гене bGH показала существенные различия между сравниваемыми генотипами. В шерсти животных с генотипом CC была выше концентрация Ca, K, Na, Co, Cr, Cu, J, Se, B, Si, Li, V по сравнению с генотипом CG и Ca, K, Na, J, Se, B, Li в сравнении с генотипом GG. Полиморфизм гена с CC к GG сопровождался накоплением токсичных элементов: Al, Pb, Hg. В длиннейшей мышце спины бычков с генотипом CC больше содержалось K, Mg, Cr, Fe, Li, Ni, As, Sr, при меньшей концентрации Mn, Pb по сравнению с генотипами CG и GG.

Формирование групп бычков для откорма по полиморфизму гена bGH позволяет повысить живую массу к 18 месячному возрасту на 4,1-7,8 %, среднесуточный прирост – на 4,4-8,3 %, массу парной туши – на 4,9-9,5 %, убойную массу – на 5,0-9,8 %, массу мякоти – на 5,4-11,6 %, прибыль на 3456-6372 рублей, уровень рентабельности на 5,6-10,4 %.

8. Реализация разработанных способов отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста через оценку уровня Ca, Zn, Cu и Mn позволяет повысить интенсивность роста в подсосный период. Использование коэффициента токсичной нагрузки и показателя суммы молей токсичных элементов в шерсти позволяет отбирать животных с высокой интенсивностью роста для формирования групп при доращивании и откорме (8-18 мес), превосходящих аналогов по среднесуточному приросту на 5,2- 15,6 %.

9. Использование способа ранней диагностики воспроизводительной способности коров мясного направления продуктивности на основе оценки уровня концентраций эссенциальных микроэлементов: Cu, I, Se, Zn в шерсти, позволяет на 30 сутки после отела выявлять животных с высокими и низкими воспроизводительными качествами.

10. Предложен способ повышения адаптационной способности импортного мясного скота, обеспечивающий повышение воспроизводительной способности и реализацию генетического потенциала животных, включающий оценку концентраций химических элементов, при дефицитном содержании йода ниже 0,28 мг/кг, селена ниже 0,58 мг/кг в шерсти у коров, следует производить их коррекцию, двукратным внутримышечным введением по 10 мл коммерческого препарата, содержащего в 1 мл: йод – 5,5-7,5 мг, селен в органической форме – 0,07-0,09 мг, это позволяет повысить концентрацию в шерсти йода до 0,35, селена до 0,66 мг/кг, что соответствует референтным интервалам (25-75 процентиля), улучшить морфо-биохимические показатели крови, гормональный статус, качественные характеристики молока и повысить воспроизводительные качества.

Применение способа оценки адаптационной способности импортного мясного скота экономически выгодно, и позволяет от групп животных с низким уровнем йода и селена в шерсти получать дополнительную прибыль в размере 8,8 тысяч рублей на одну голову, с уровнем рентабельности 46,2 %. Окупаемость затрат по оценке и

коррекции элементного статуса коров мясного направления продуктивности составляет 27 рублей на один рубль дополнительных затрат.

5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. С целью повышения продуктивных и воспроизводительных качеств мясного скота и пуховых коз оренбургской породы целесообразно определение элементного статуса на основе проведения многоэлементного анализа шерсти по 25 химическим элементам как на групповом, так и индивидуальном уровнях с интерпретацией результатов относительно границ разработанных референтных интервалов. Сравнение элементного статуса маточного поголовья мясного скота и оренбургских коз с границами референтных интервалов позволяет отбирать животных с молочностью и пуховой продуктивностью, соответствующих классу элита.

2. С целью повышения продуктивных качеств бычков при выращивании и откорме следует проводить оценку полиморфизма генов GDF5 и bGH. Это позволяет формировать группы животных с низкой концентрацией токсичных веществ в шерсти, превышающих по живой массе аналогов в 18-месячном возрасте на 4,1-7,8 %, среднесуточному приросту – 4,4-8,3 %, получать дополнительную прибыль в расчете на 1 голову – 3456-6372 рубля, повысить уровень рентабельности производства – на 5,6-10,4 %.

3. Реализация разработанных способов отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти через оценку уровня концентраций Ca, Zn, Cu, Mn позволяет отбирать животных, предрасположенных к получению среднесуточных приростов живой массы с рождения до 8-месячного возраста свыше 1000 г. Расчет коэффициентов токсичной нагрузки и суммарной токсической нагрузки организма позволяет с 8- до 18-месячного возраста повысить среднесуточные приросты на 5,1-15,6 %.

4. Внедрение способа ранней диагностики воспроизводительной способности коров мясного направления продуктивности на основе анализа уровней концентраций Cu, I, Se, Zn позволяет на 30 день после отела проводить оценку воспроизводительных качеств для корректировки выявленных элементозов коров.

5. Реализация способа повышения воспроизводительной способности коров мясных пород позволяет в дефицитных по I и Se стадах на 26 % повысить приход коров в охоту, выход телят – на 46 %.

6. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Тема диссертационного исследования перспективна к дальнейшей разработке в части:

- разработки технологии повышения воспроизводительной способности быков-производителей на основе новых подходов к индивидуальной оценке и коррекции элементного статуса;
- разработки решений по повышению продуктивных качеств пуховых коз на основе оценки и коррекции элементного статуса.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в изданиях из перечня, установленного ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации

1. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Клинические и адаптационные показатели тёлочек герефордской породы канадской селекции // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 4(92). – С. 156-157.
2. Харламов, А.В., **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Оценка адаптационной приспособленности телок герефордской породы канадской селекции в зависимости от различной интенсивности их роста // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 56-60.
3. Харламов, А.В., **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Естественная резистентность тёлочек герефордской породы импортной селекции различной интенсивности роста // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 4(92). – С. 156.
4. Мирошников, С.А. Особенности элементного состава шерсти крупного рогатого скота различных генотипов / С.А. Мирошников, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Г.К. Дускаев // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 4 (92). – С. 155.
5. Завьялов О.А. Адаптационные изменения элементного статуса герефордского скота канадской селекции к условиям Южно-Уральской биогеохимической провинции / О.А. Завьялов, **А.Н. Фролов**, А.В. Харламов, Г.К. Дускаев, М.Я. Курилкина // Вестник мясного скотоводства. – 2016. № 2 (94). – С. 7-13.
6. Фролов, А.Н. Динамика накопления химических элементов в шерсти тёлочек герефордской породы канадской селекции в зависимости от их продуктивности и возраста / **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, А.Г. Зелепухин // Вестник мясного скотоводства. – 2016. – № 3 (95). – С. 71-76.
7. Фролов, А.Н. Оценка элементного статуса организма мясных коров различного физиологического состояния / **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, И.В. Маркова // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 1 (97). – С. 44-49.
8. Фролов, А.Н. Влияние содержания химических элементов в шерсти и клинических показателей крови на репродуктивные качества мясных коров / **А.Н. Фролов**, А.В. Харламов, О.А. Завьялов, И.В. Маркова // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 80-87.
9. Мирошников, С.А. Центильные величины состава шерсти и выявление элементозов крупного рогатого скота / С.А. Мирошников, Г.К. Дускаев, О.А. Завьялов, **А.Н. Фролов**, А.В. Харламов, М.Я. Курилкина, А.С. Ушаков // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 2. – С. 59-62.
10. Харламов, А.В. Элементный статус коров мясного направления продуктивности в Оренбургской области / А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, И.В. Маркова // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. – № 1. – С. 51-58.
11. Фролов, А.Н. Оценка биохимических показателей крови коров с низкими воспроизводительными качествами после внутримышечного введения препарата, содержащего комплекс эссенциальных микроэлементов / **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, А.М. Макаева // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. – № 2. – С. 97-103.

12. Мирошников, С.А. Воспроизводительные качества коров герефордской породы канадской селекции в условиях Южно-Уральской биогеохимической провинции / С.А. Мирошников, Г.А. Морган, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, К.Н. Атландерова // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. – № 4. – С. 109-116.
13. Фролов А.Н. Влияние внутримышечного введения препарата, содержащего комплекс эссенциальных микроэлементов, на качественные показатели молока мясных коров / **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, Л.П. Леонтьева, М.Я. Курилкина // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. – № 4. – С. 102-108.
14. Харламов, А.В. Влияние коррекции элементного статуса йода и селена оцененных по их содержанию в шерсти на морфологические показатели крови мясных коров / А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, В.И. Косилов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018 – № 6(74) – С. 228-230.
15. Мирошников, С.А. Справочные интервалы концентраций эссенциальных и токсичных элементов в шерсти мясного скота / С.А. Мирошников, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, М.Я. Курилкина // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102. – № 1. – С. 31-39.
16. Харламов, А.В. Влияние полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 на морфологические и биохимические показатели крови / А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Е.А. Тяпугин // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 103. – № 3. – С. 46-57. DOI: 10.33284/2658-3135-102-3-46
17. Харламов, А.В. Влияние полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 на элементный статус бычков / А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, В.И. Косилов, Г.А. Морган // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 104. – № 4. – С. 43-53. DOI: 10.33284/2658-3135-102-4-43
18. **Фролов А.Н.** Использование новой технологии для коррекции элементного статуса коров с нарушениями воспроизводительной функции // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. – № 2. – С. 24-28. DOI: 10.33284/2658-3135-103-2-24

**Публикации в международных базах, рекомендованных ВАК
Минобрнауки (Scopus и Web of Science)**

19. Miroshnikov, S.A. The Reference Intervals of Hair Trace Element Content in Hereford Cows and Heifers (*Bos taurus*) / S.A. Miroshnikov, O.A. Zavyalov, **A.N. Frolov**, I.P. Bolodurina, V.V. Kalashnikov, A.R. Grabeklis, A.A. Tinkov, A.V. Skalny // Biol Trace Elem Res. – 2017. – 180(1). – P. 56-62. doi: 10.1007/s12011-017-0991-5.
20. Harlamov, A.V. Identification of GDF5 gene polymorphism of bull-calves of the Kalmyk breed / A.V. Harlamov, **A.N. Frolov**, O.A. Zavyalov, I.S. Miroshnikov, D.M. Muslyumova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Conference on Innovations in Agricultural and Rural development 18–19 April 2019, Kurgan, Russian Federation. – 2019. – Vol. 341. – P. 012081. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012081.
21. Miroshnikov, S.A. Experience of individual correction of elemental status of cows with reproductive disorder / S.A. Miroshnikov, A.V. Kharlamov, **A.N. Frolov**, O.A. Zavyalov // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development 18–19 April 2019, Kurgan, Russian Federation. – 2019. – Vol. 341. – P. 012080. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012080

22. Kharlamov, A.V., **Frolov, A.N.**, Zavyalov, O.A. Technology for detecting highly productive animals based on elemental status assessment. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 624. – P. 012023. doi:10.1088/1755-1315/624/1/012023

23. Miroshnikov, S.A. Influence of growth hormone gene polymorphism on the productive qualities and the level of toxic elements in the hair of Kalmyk breed calves. / S.A. Miroshnikov, A.V. Kharlamov, **A.N. Frolov**, O.A. Zavyalov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 624. –P. 012024. doi:10.1088/1755-1315/624/1/012024

Патенты РФ на изобретения

24. Способ оценки адаптационных реакций крупного рогатого скота: пат. 2508551 Рос. Федерация / С.А. Мирошников, С.В. Нотова, **А.Н. Фролов**, М.А. Кизаев, С.В. Мирошников, В.В. Ваншин // Заявл. № 2012142024/15, 02.10.2012, опубл. 27.02.2014. Бюл. № 6.

25. Способ ранней диагностики воспроизводительной способности коров мясного скота: пат. 2630986 Рос. Федерация / С.А. Мирошников, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Г.К. Дускаев, А.С. Ушаков // Заявл. № 2016143254, 02.11.2016, опубл. 15.09.2017. Бюл. № 26.

26. Способ диагностики элементозов молодняка крупного рогатого скота по элементному составу шерсти: пат. 2622719 Рос. Федерация / С.А. Мирошников, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Г.К. Дускаев, Б.Г. Рогачев, М.Я. Курилкина // Заявл. № 2015141626, 30.09.2015, опубл. 19.06.2017. Бюл. № 17.

27. Способ отбора бычков с высоким потенциалом роста по элементному составу шерсти: пат. 2668335 Рос. Федерация / **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, С.А. Мирошников, Б.Г. Рогачев, Г.К. Дускаев, И.В. Маркова, А.С. Ушаков // Заявл. № 2017132794, 19.09.2017, опубл. 28.09.2018. Бюл. № 28

28. Способ повышения воспроизводительной способности коров мясных пород: пат. 2689678 Рос. Федерация / С.А. Мирошников, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Б.Г. Рогачев, Г.К. Дускаев // Заявл. № 2018134011, 26.09.2018, опубл. 28.05.2019. Бюл. № 16.

29. Способ отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти: пат. 2722045 Рос. Федерация / А.В. Харламов, С.А. Мирошников, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Г.К. Дускаев, Б.Г. Рогачев // Заявл. № 2019135906, 07.11.2019, опубл. 26.05.2020. Бюл. № 15.

30. Способ отбора бычков с высокой интенсивностью роста по уровню токсичных элементов в шерсти: пат. 2747469 Рос. Федерация / С.А. Мирошников, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, О.А. Завьялов, Г.К. Дускаев, Ш.Г. Рахматуллин // Заявл. № 2020127479, 18.08.2020, опубл. 05.05.2021 Бюл. № 13.

Монографии и книги

31. Мирошников, С.А. Оценка элементного гомеостаза как показателя экологофизиологической адаптации человека и животных / С.А. Мирошников, С.В. Нотова, С.В. Мирошников, С.В. Лебедев, О.А. Завьялов, **А.Н. Фролов**, Оренбург: ГОУ ОГУ, 2016. Тираж 300 – 220 с. ISBN 978-5-4417-0653-7.

32. Система устойчивого развития сельского хозяйства Оренбургской области /раздел животноводство С.А. Мирошников, Г.И. Бельков, А.А. Зоров, Н.И.

Воскобулова, А.А. Неверов, А.А. Мушинский, В.Ю. Хайнацкий, Е.А. Тяпугин, О.А. Завьялов, В.А. Панин, А.В. Харламов, **А.Н. Фролов**, В.И. Колпаков, Ш.Г. Рахматуллин, М.Г. Титов, Б.С. Нуржанов, Э.М. Берлин. Оренбург: Издательство: ООО Мегапринт, Иркутск, 2019. - 335с. - ISBN978- 5-907095-99-1. - Тираж 2000 экз. - Усл. печ. л 42,88.

Публикации в других научных изданиях

33. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Гематологические показатели и естественная резистентность крови яловых и стельных коров // В сборнике: Инновационные направления и разработки для эффективного сельскохозяйственного производства. Материалы междунар. науч-практ. конф., посвящ. памяти чл.-корр. РАН В.И. Левахина: в 2 частях. – 2016. – С. 78-80.

34. **Фролов, А.Н.** Элементный статус организма, полиморфизм гена *boia-drb3* и воспроизводительная способность мясных коров / А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.В. Харламов, И.В. Маркова // В сборнике: Развитие животноводства – основа продовольственной безопасности. Материалы нац. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. Коханова А.П. – 2017. – С. 101-104.

35. Харламов, А.В., **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Влияние парентерального введения препарата микроэлементов на концентрацию гормонов в сыворотке крови коров герефордской породы // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2018. – № 4. – С. 22.

36. Завьялов, О.А. Убойные качества бычков герефордской породы импортной селекции и местной популяции в зоне Южного Урала / О.А. Завьялов, **А.Н. Фролов**, А.В. Харламов, М.Я. Курилкина // В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам междунар. науч-практ. конф., посвящ. 75-летию Курганской области. Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – 2018. – С. 158-162.

37. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Динамика изменений гормонального статуса коров при использовании корректирующей микроэлементной добавки // В сборнике: Инновационные технологии увеличения производства высококачественной продукции животноводства материалы II междунар. науч.-практ. конф. института животноводства Таджикской академии с.-х наук совместно с ФГБОУ ВО Башкирским государственным аграрным университетом. – 2018. – С. 485-489.

38. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Способ ранней оценки воспроизводительной способности коров мясного направления продуктивности // В книге: Молодёжный аграрный форум - 2018 Материалы междунар. студенческой науч. конф. – 2018. – С. 210.

39. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Особенности изменения элементного статуса импортного скота в связи с продуктивным и возрастным аспектом // В сборнике: Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Под общ. ред. И.Ф. Горлова. – 2018. – С. 80-84.

40. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Продуктивные качества герефордского скота канадской селекции в условиях южно-уральской биогеохимической провинции // В сборнике: Мясное скотоводство - приоритеты и перспективы развития. Материалы междунар. науч.-практ. конф. Под общей редакцией Мирошникова С.А. – 2018. – С. 118-122.

41. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Курилкина, М.Я. Влияние генотипа на элементный статус крупного рогатого скота // В книге: Молодёжный аграрный форум – 2018. Материалы междунар. студенческой науч. конф. – 2018. – С. 209.
42. Харламов, А.В., **Фролов, А.Н.**, Завьялов О.А. Изменение параметров тела в зависимости полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2019. – № 4. – 8с.
43. Харламов, А.В., **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Влияние коррекции обменного пула йода и селена, оцененного по химическому составу шерсти, на гормональный статус коров // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (49). – С. 111-117.
44. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Разработка способа коррекции элементного статуса молочных коров при использовании в рационе свежей барды // В сборнике: Фундаментальные основы технологического развития сельского хозяйства материалы российской науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2019. – С. 204-208.
45. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Влияние коррекции обменного пула йода и селена, оцененного по химическому составу шерсти на воспроизводительные качества коров // В сборнике: Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства Материалы VII междунар. научн.-практ. конф., проводимой совместно с Томским сельскохозяйственным институтом - филиалом ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. – 2019. – С. 100-103.
46. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Влияние коррекции элементного статуса по йоду и селену на биохимические показатели крови коров // В сборнике: Перспективные аграрные и пищевые инновации Материалы междунар. науч.-практ. конф. Под общей редакцией И.Ф. Горлова. – 2019. – С. 23-27.
47. **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А., Харламов, А.В. Изменение качественных характеристик молока герефордской породы при использовании инъекций микроэлементного препарата // В сборнике: Перспективные аграрные и пищевые инновации. Материалы Междунар. научн.-практ. конф. Под общей редакцией И.Ф. Горлова. – 2019. – С. 27-31.
48. Харламов, А.В., **Фролов, А.Н.**, Завьялов, О.А. Разработка способа отбора бычков с высоким потенциалом роста по элементному составу шерсти // В сборнике: Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства Материалы VII междунар. науч.-практ. конф., проводимой совместно с Томским сельскохозяйственным институтом - филиалом ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. – 2019. – С. 118-121.
49. **Фролов, А.Н.** Разработка способа отбора бычков мясных пород с высоким потенциалом весового роста по элементному составу шерсти // В сборнике: Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства. материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 96-102.

Фролов Алексей Николаевич

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНЫХ И
АДАПТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА
ОРГАНИЗМА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
доктора биологических наук

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов
животноводства

Подписано в печать 29.06.2021 г

Формат 60х90/16. Объём - 2,0 усл. печ. л.

Тираж 100 экз. Заказ № 14

Издательский центр ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29