

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ
МЕДИЦИНЫ И БИОТЕХНОЛОГИИ-МВА имени К.И.СКРЯБИНА»

На правах рукописи



Гребенева Юлия Сергеевна

**РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ,
ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЦВЕТ И БЛЕСК ШКУРОК НОРКИ**

Специальность 05.19.01 - «Материаловедение производств текстильной и легкой
промышленности»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор А.И. Сапожникова

Москва - 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1 Современные тенденции в области изучения оптических свойств волосяного покрова меха	11
1.1.1 Физика цвета и характеристика его показателей.....	11
1.1.2 Технические средства для измерения цвета	26
1.1.3 Понятие о блеске и его характеристика.....	30
1.1.4 Технические средства и методы измерения блеска.....	32
1.2 Цвет как товарное свойство меха	35
1.3 Блеск как товарное свойство меха.....	39
1.4 Характеристика шкурок норки как объекта пушного звероводства и сырья легкой промышленности	42
Заключение по первой главе	45
ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	47
Заключение по второй главе	55
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ШКУРОК НОРКИ	56
Заключение по третьей главе	62
ГЛАВА 4 УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БЛЕСКА ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ПУШНО-МЕХОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	63
Заключение по четвертой главе	72
ГЛАВА 5 ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЦВЕТА И БЛЕСКА МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.	73
5.1 Разработка статистической модели системы инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия	73
Заключение по разделу 5.1	81
5.2 Количественные показатели блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов и выбор статистической модели, характеризующей	

общую природу взаимосвязи между показателями блеска и геометрическими параметрами волоса	83
Заключение по разделу 5.2	85
5.3 Влияние цветовых характеристик на показатели блеска волосяного покрова шкурок норки.....	86
Заключение по разделу 5.3	91
Заключение по пятой главе	92
ГЛАВА 6 ЦИФРОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦВЕТОВЫХ ТИПОВ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ШКУРОК НОРКИ С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ.....	93
Заключение по шестой главе.....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА	118
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС	118
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	118
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	122
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ А	143
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ В	149
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	155
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	161

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Натуральный мех - дорогостоящий швейный материал, обладающий сложной фактурой. Изучение его свойств необходимо при дизайне, проектировании и производстве гарантированно качественных изделий с высокими эстетическими показателями. Естественная окраска и блеск волосяного покрова относятся к числу важнейших товарных свойств пушно-мехового сырья и полуфабриката. Эти показатели учитываются при сортировке и оказывают большое влияние на конечную стоимость товара. Однако, на сегодняшний день оптические свойства пушно-мехового сырья и полуфабриката до сих пор оценивают субъективно, чаще всего визуально, исходя из накопленного опыта работы, интуитивного знания материала, что затрудняет внедрение новых методов раскроя и изготовления меховых изделий. Оптические свойства меха - до сих пор детально не изученная с помощью современных инструментальных средств исследования область материаловедения.

В связи с вышеизложенным, исследования, направленные на разработку количественных методов определения цвета и блеска волосяного покрова меховых шкурок, в частности, шкурок норки, следует считать актуальными и своевременными.

Исследования, посвященные изучению цвета волосяного покрова пушно-мехового сырья и полуфабриката, представлены в работах Комаровой Л.Г. (1971), Цереветинова Б.Ф. (1977), Беседина А.Н. (1982), Бураковской Э.А. (1983), Давлетова З.Х., Линейцевой Э.Г. (1992), Койтовой Ж.Ю. (1998, 2004, 2013), Рассединой С.П. (2002), Мараковой Т.И. (2010), Борисовой Е.Н. (2013), Возной А.В. с соавт. (2014), Сапожниковой А.И. (2014-2021), Реусовой Т.В. (2014-2021), Квашук А.Н. (2015), Кожиной А.И. с соавт. (2016-2018), Гребеневой Ю.С. (2018-2021). Блеск меховых изделий изучали Кузнецов Б.А. (1952), Мешков К.В. (1953), Хлудеев К.Д. (1964), Цереветинов Б.Ф. (1977), Беседин А.Н. (1982), Теплов В.И. и Панасенко В.А. (2004), Ташенов Б.Д. с соавт. (2010), Стегачева С.П. (2014), Новиков М.В. с соавт. (2018), Гусева М.А. (2018), Андреева Е. Г. (2018), Сапожникова А.И., Гребенева Ю.С., Реусова Т.В. (2018-2021).

Объект исследования - шкурки норки клеточного разведения монохромных цветовых типов.

Предмет исследования - изучение оптических свойств волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов и выявление взаимосвязей между ними.

Цель исследования - теоретическое обоснование и разработка цифровой экспертной системы оценки параметров, характеризующих цвет и блеск волосяного покрова шкурок норки.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Изучить теоретические вопросы, касающиеся оптических свойств пушно-мехового сырья, в частности, цвета и блеска волосяного покрова шкурок норки.

2. Отобрать и отсортировать, согласно ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия» шкурки норки, относящиеся к монохромным цветовым типам, для создания экспериментальной базы данных по оценке цвета и блеска волосяного покрова.

3. Провести инструментальную оценку волосяного покрова шкурок норки по координатам цвета в цветовом пространстве CIE Lab.

4. Разработать прибор для количественной оценки показателей блеска волосяного покрова пушно-мехового сырья.

5. Провести инструментальную оценку блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов.

6. Определить взаимосвязь между оптическими характеристиками волосяного покрова шкурок норки с помощью методов многомерного статистического анализа.

7. Осуществить цифровую идентификацию цветовых типов шкурок норки с учетом показателей их оптических свойств и сравнить полученные результаты с данными органолептической оценки.

8. На основе сформированной базы данных по оптическим характеристикам волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов,

разработать статистические модели, позволяющие эффективно относить новые образцы к определенному цветотипу по координатам цвета и степени блеска шкурок.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- научно обоснована и доказана возможность цифровой характеристики показателей цвета и блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов с помощью инструментальных методов;
- научно обоснован методологический подход, позволяющий количественно оценивать блеск волосяного покрова пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей, и исключить зависимость отраженного поверхностью меха светового потока от ориентации плоскости источника и приемника относительно направления роста волос и от степени светлоты поверхности меха;
- разработана и обоснована статистическая модель системы инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия, позволяющая оценивать правильность отнесения отобранных визуальным экспертным способом шкурок норки к определенным цветовым типам.
- установлены линейные функциональные зависимости между степенями блеска различной интенсивности и геометрическими параметрами волосяного покрова шкурок норки разных цветовых типов.
- выявлена взаимозависимость между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами волосяного покрова шкурок норки определенных цветовых типов, уточнена теснота взаимосвязи между анализируемыми параметрами и построена регрессионная модель, описываемая соответствующими уравнениями.
- разработан алгоритм определения принадлежности шкурок к определенному цветотипу по координатам цвета волосяного покрова шкурок и степени их блеска с помощью системы классификационных функций, повышающий эффективность интерпретации результатов классификации до 96%,

что может быть использовано как альтернатива или дополнение к классической экспертной оценке.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что она вносит существенный вклад в цифровизацию методов, используемых в материаловедении производств текстильной и легкой промышленности. На основе системного подхода к сформированной базе данных, создана база знаний, включающая концепцию многофакторной статистической модели, позволяющей с помощью количественной идентификации координат цвета и степени блеска волосяного покрова шкурок норки эффективно относить новые образцы к определенному цветовому типу, что открывает путь к созданию цифровой системы, дополняющей и подтверждающей органолептическую экспертную оценку, а также сможет существенно расширить дизайнерские возможности при составлении наборов для пошива готовых меховых или швейных изделий.

Практическая значимость работы:

- предложена методика инструментальной количественной оценки основных цветовых характеристик волосяного покрова шкурок норки в цветовом пространстве CIE Lab, которая позволяет уйти от субъективности оценки цвета при визуальной сортировке, однозначно определить цвет каждой шкурки, четко выделить шкурки, практически не отличающиеся друг от друга по цветовосприятию внутри каждого цветового типа, что очень важно при подборе шкурок на изделие;
- разработано и запатентовано «Устройство для измерения блеска волосяного покрова пушно-меховых материалов» (патент RU №2 758 354 C1) и предложена методика, при помощи которой можно количественно оценивать блеск волосяного покрова пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей;
- установлена достоверная разница между количественными границами показателей цвета в системе CIE Lab и показано соответствие их визуальной шкале тонов волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов;

- статистически доказано наличие количественных границ между тремя степенями блеска и соответствующих им визуальных диапазонов степеней блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов;
- разработана методика проведения многомерного статистического анализа для количественной оценки оптических свойств волосяного покрова пушного сырья и цифровой идентификации отдельных его видов на примере шкурок норки различных цветовых типов, которую можно использовать при проведении экспертиз, а также при подготовке сырья к продаже на торгах во время пушно-меховых аукционов.
- результаты исследований прошли апробацию на предприятии ООО «Русская меховая компания», что подтверждают акты внедрения;
- теоретические и практические результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения имени С.А. Каспарьянца ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скрябина при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по дисциплине «Товароведение и экспертиза пушного сырья» (направление подготовки 38.03.07 «Товароведение»), а именно, результаты исследований по инструментальной оценке показателей цвета и блеска шкурок норки различных цветовых типов.

Основные методы исследования. Работа выполнена на современном методическом уровне с использованием принятых в материаловедении методов исследования. Помимо стандартных, общепринятых методик в работе представлены методы, модифицированные и разработанные автором. Статистическая обработка результатов исследований проведена с помощью приложений Microsoft Office Excel 2010 для Windows и программы STATISTICA 10 с использованием методов кластерного, дискриминантного и корреляционно - регрессионного анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. обоснование целесообразности количественной характеристики показателей цвета и блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов с помощью инструментальных методов;
2. соответствие цифровых интервалов показателей цвета в системе CIE Lab и визуальной шкалы тонов волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов;
3. наличие количественных границ и соответствующих им визуальных диапазонов трех степеней блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов;
4. набор статистических моделей, связывающих комплекс использованных показателей цвета и блеска с цветовым типом волосяного покрова шкурок норки;
5. цифровая экспертная система, дающая возможность с помощью цифровой идентификации эффективно относить новые образцы к определенному цветовому типу по координатам цвета волосяного покрова шкурок и степени их блеска.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с п. п. 5, 6, 7, 8, 10 паспорта специальности 05.19.01 «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности».

Апробация работы. Теоретические положения, выводы и практические рекомендации диссертационной работы были представлены в период с 2018 по 2021 гг. в 5 национальных, 4 межвузовских, 2 международных научно-практических конференциях; на 3 этапах Всероссийского конкурса 2020 года на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Министерства сельского хозяйства РФ, получены Диплом I степени в секции «Сельскохозяйственные науки», Диплом за оригинальность и практическую значимость работы.

Личное участие автора состоит в обосновании темы, постановке цели и задач исследования, проведении экспериментальных исследований и производственной апробации, анализе, обобщении и статистической обработке

полученных результатов, формулировании теоретических положений и выводов диссертации. Выводы и предложения, сформулированные в диссертации, обоснованы, вытекают из полученных результатов и полностью согласуются с поставленной целью и задачами работы.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 13 научных работ в научных журналах и сборниках, в том числе 5 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ; а также получен патент на изобретение RU №2 758 354 C1.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов по работе, списка литературы, трех приложений. Работа изложена на 170 страницах машинописного текста, содержит 39 рисунков, 26 таблиц. Список литературы включает 161 библиографический источник, из них 35 иностранных.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Современные тенденции в области изучения оптических свойств волосяного покрова меха

На современном этапе развития меховой индустрии вопрос о необходимости широкого использования инструментальных неразрушающих методов оценки качества меховой продукции, в том числе и оптических свойств, стоит особенно остро. Однако, несмотря на достижения современной техники, измерительные приборы, предназначенные для идентификации и количественной оценки цвета и блеска меха в процессе их сортировки, в нашей стране до сих пор не созданы и исследователям приходится предпринимать попытки адаптировать для этих целей измерительные устройства, созданные для аналогичных целей в других отраслях народного хозяйства [30, 31, 32].

Оптические свойства меха - важная, но до сих пор детально не изученная с помощью современных инструментальных средств исследования область материаловедения [23]. Отсутствие количественных методов определения оптических свойств, статистически значимых моделей, описывающих их взаимосвязь с другими свойствами, определяющими качество и дизайн меховых изделий, существенно тормозит цифровую трансформацию меховой отрасли [41].

Оптические свойства, а именно цвет и блеск, волосяного покрова относятся к числу важнейших товарных характеристик пушно-мехового сырья и полуфабриката, в значительной степени определяющих их ценность [35]. Эти показатели учитываются при сортировке и имеют большое влияние на конечную стоимость товара [36, 37, 38, 69, 124].

Практическое применение системы количественной оценки показателей, характеризующих оптические свойства, поможет существенно расширить дизайнерские возможности при составлении наборов для пошива готовых изделий.

1.1.1 Физика цвета и характеристика его показателей

Светом (световым излучением) называют лучистую энергию, которая воздействует на глаз, вызывая ощущение цвета разноокрашенных и

разноосвещенных предметов. Свет распространяется по прямым линиям - лучам, а всевозможные световые излучения принято подразделять на сложные и простые - монохроматические. От длины волны монохроматического излучения, измеряющейся в нанометрах (нм), зависит качественная характеристика цвета: цветовой тон и насыщенность, а от энергии колебания - количественная сторона зрительного восприятия цвета - его светлота. Это означает, что два излучения сложного состава, состоящие из одних и тех же монохроматических излучений с равными амплитудами, будут иметь одинаковый цвет [120].

Видимая (различимая человеческим глазом) часть спектра состоит из волн в диапазоне 380-720 нм и является лишь малой частью огромного спектра электромагнитных волн, «окружающих» человека (рис. 1.1).

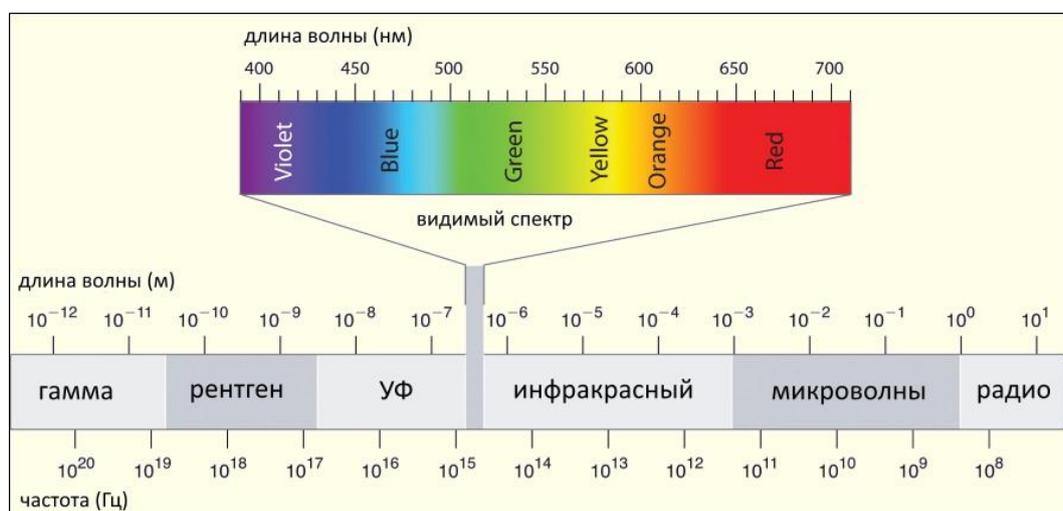


Рисунок 1.1 - Видимый спектр электромагнитных колебаний

Видимый спектр состоит из соответствующих трех зон: синий, зеленый, красный. В таблице 1.1 представлены спектральные цвета монохроматических излучений с различной длиной волны. Излучения, которые при прохождении через преломляющую среду отклоняются от первоначального направления в наибольшей мере, являются длинноволновыми и имеют красный цвет, коротковолновые - синий цвет [120].

Таблица 1.1 - Спектральные цвета монохроматических излучений с различной длиной волны

Окраска излучения	Длина волны, нм	Спектральная зона
Фиолетовая	380-400	Синяя
Сине-фиолетовая	400-440	Синяя
Синяя	440-480	Синяя
Голубая	480-490	Синяя
Зеленая	490-550	Зеленая
Желто-зеленая	550-560	Зеленая
Желтая	560-570	Зеленая
Оранжевая	570-600	Красная
Красная	600-730	Красная

Из многих теорий цветового зрения наиболее распространена трехцветная, согласно которой все многообразие видимых человеком цветов обусловлено возникновением в сетчатке глаза нервных возбуждений трех типов. Сетчатка человеческого глаза покрыта светочувствительными клетками - палочками и колбочками, которые преобразуют свет в сигналы, передающиеся в мозг. Все возникающие в глазу возбуждения - это результат изменения мощности попадающих на сетчатку синих, зеленых и красных излучений. Каждое из трех возбуждений может изменяться только количественно, как почернения на фотопленке, снятой через синий, зеленый или красный светофильтр [120].

Кроме колбочкового аппарата, в регистрации информации принимает участие еще один светочувствительный элемент - палочки. Они реагируют на крайне малые количества лучистой энергии и ответственны за способность человека видеть при лунном свете и в темноте. Чувствительность палочек максимальна при длине волны падающего света 510 нм (зеленый участок видимого света) [118]. Палочки обеспечивают только ахроматическое, или нейтральное в цветовом отношении, восприятие белого, серого и черного цветов. Другими словами, колбочковый аппарат регистрирует излучения различных длин волн, а палочковый фиксирует различную их амплитуду. Последние исследования доказывают, что пигменты палочек и трех типов колбочек обладают

перекрывающимися спектрами поглощения в различных областях. Светочувствительные элементы располагаются по сетчатке неравномерно: в одних частях сетчатки преобладают палочки, в других - колбочки. В центре сетчатки расположено так называемое желтое пятно, плотно покрытое только одними колбочками. Чем дальше от центра, тем колбочек меньше, но появляются палочки. За пределами желтого пятна колбочки почти отсутствуют, на краях сетчатки уменьшается и количество палочек [120].

Когда человек смотрит внимательно на какой-либо предмет, глаз сам поворачивается так, чтобы изображение этого предмета падало на желтое пятно - место наиболее отчетливого и цветового зрения. Именно по этой причине наиболее резко и с наибольшими цветовыми контрастами человек видит детали, на которые внимательно смотрит. Чем дальше предметы от внимательно рассматриваемых деталей, тем менее резкими и более бесцветными видит их человек [119].

Следует отметить еще одно свойство человеческого глаза - его непрерывное движение. Эти колебания очень быстрые, краткие и потому незаметные. Но они играют очень важную роль в зрительном восприятии: благодаря этим колебаниям на одни и те же места сетчатки попадают изображения расположенных рядом мелких деталей. При этом глаз суммирует кратковременные изменения излучений, падающих на одни и те же участки сетчатки. Поэтому человек, например, не различает в цветной репродукции цвета мелких разноокрашенных растровых элементов, а видит единый «суммарный» цвет [120].

Восприятие цвета зависит от спектральных характеристик его источника и изменения излучения в зависимости от коэффициента отражения предмета. Полученный в результате отражения от предмета световой поток попадает в глаз и вызывает соответствующие сигналы. Таким образом, воспринимаемый цвет зависит от спектрального распределения энергии источника света, коэффициента отражения предмета и спектральной чувствительности глаза.

Цвет - это свойство излучения, общее для всех спектральных составов видимых излучений, визуально не различимых в колориметрических условиях

наблюдения. У разных излучений есть свойство (одно из многих других), по которому они могут быть уравнены визуально. Это свойство называют цветом [1].

Цвет - качественная субъективная характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемая на основании возникающего физиологического зрительного ощущения и зависящая от ряда физических, физиологических и психологических факторов [118].

Цвет - это ощущение, которое получает человек при попадании ему в глаз световых лучей. Одни и те же световые воздействия могут вызвать разные ощущения у разных людей и для каждого из них цвет будет разным. Отсюда следует, что споры о том, каков цвет на самом деле, бессмысленны, поскольку для каждого наблюдателя истинный цвет - тот, который видит он сам [156].

Другими словами, цвет - это ощущение, возникающее в мозге человека, и в этом виде его нельзя измерить. Однако можно измерить те физические параметры, которые вызывают это ощущение [119]. Воспринимаемый нами цвет получается в результате воздействия трех факторов: источника света, образца цвета и наблюдателя. Объективная оценка цвета возможна путем применения цифровых технологий, исключая человеческий фактор.

Восприятие цвета определяется индивидуальностью человека и зависит от спектральных характеристик его источника и изменения излучения в зависимости от коэффициента отражения предмета. Полученный в результате отражения от предмета световой поток попадает в глаз и вызывает соответствующие сигналы. Таким образом, воспринимаемый цвет зависит от спектрального распределения энергии источника света, коэффициента отражения предмета и спектральной чувствительности глаза.

Для точного определения цвета необходимо использовать логическую схему, которая позволит однозначно выразить взаимосвязь между цветами. Такой логической схемой является цветовая система [72]. Цель данной системы - определение числа атрибутов, которые следует принимать во внимание. Цвет - это трехмерная величина и для полной спецификации цвета нужна цветовая система, которая задается координатами, являющимися характеристиками цвета [107].

Каждый цвет характеризуется несколькими количественно измеряемыми физическими характеристиками:

Яркость - степень близости цвета к чёрному. Например, при уменьшении яркости коричневый цвет постепенно приближается к чёрному.

Светлота - степень близости цвета к белому. При максимальном увеличении светлоты любой цвет становится белым. Другое понятие светлоты относится не к конкретному цвету, а к оттенку спектра, тону. Цвета, имеющие различные тона при прочих равных характеристиках, воспринимаются нами с разной светлотой. Жёлтый тон сам по себе - самый светлый, а синий или сине-фиолетовый - самый тёмный.

Насыщенность - это степень отличия хроматического цвета (хроматические цвета - это те цвета и их оттенки, которые мы различаем в спектре: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый) от равного ему по светлоте ахроматического (ахроматические цвета - черный, белый и все оттенки серого), «глубина» цвета. При уменьшении насыщенности каждый хроматический цвет приближается к серому.

Цветовой тон (оттенок) - характеристика цвета, отвечающая за его положение в спектре: любой хроматический цвет может быть отнесён к какому-либо определённому спектральному цвету. Оттенки, имеющие одно и то же положение в спектре (но различающиеся, например, насыщенностью и яркостью), принадлежат к одному и тому же тону (рис. 1.2, 1.3) [119, 120].

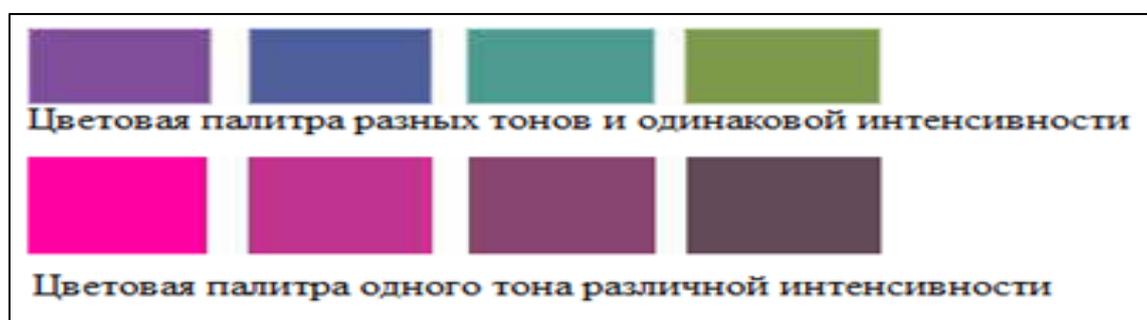


Рисунок 1.2 - Влияние насыщенности на восприятие цвета [86]



Рисунок 1.3 - Шкала тонов, разделенная на темный, средний и светлый тона [110]

Для инструментального определения цвета используют различные цветовые модели.

Цветовая модель - это некоторая абстрактная вещь, в которой цвет представляется в виде совокупности чисел [72, 27]. Существует большое количество таких моделей, каждая из них была разработана для определённых целей, и каждая такая модель имеет свои особенности и недостатки.

В 1931 году Международная комиссия по освещению Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) [159] предложила цветовое пространство XYZ, которое было рассчитано таким образом, что вмещать весь видимый человеческим глазом спектр. В качестве базовых была выбрана система красного, зеленого и синего цветов, что соответствует человеческому восприятию цвета, а свободный пересчет одних координат в другие позволял производить различного рода измерения и сравнения [46].

Недостатком нового пространства была его неравноконтрастность. Понимая это, ученые продолжали исследования, и в 1960 году МакАдам внес некоторые дополнения и изменения в цветовое пространство, назвав его новый вариант UVW (или CIE-60). Затем, в 1964 году по предложению Г. Выщецкого было введено пространство $U^*V^*W^*$ (CIE-64), и наконец, в 1976 году были устранены все разногласия и разработана модель Lab (CIE-76), базирующаяся все на том же XYZ, но являющаяся равноконтрастной. В настоящее время цветовое пространство CIE Lab является международным стандартом (рис. 1.4) [72].

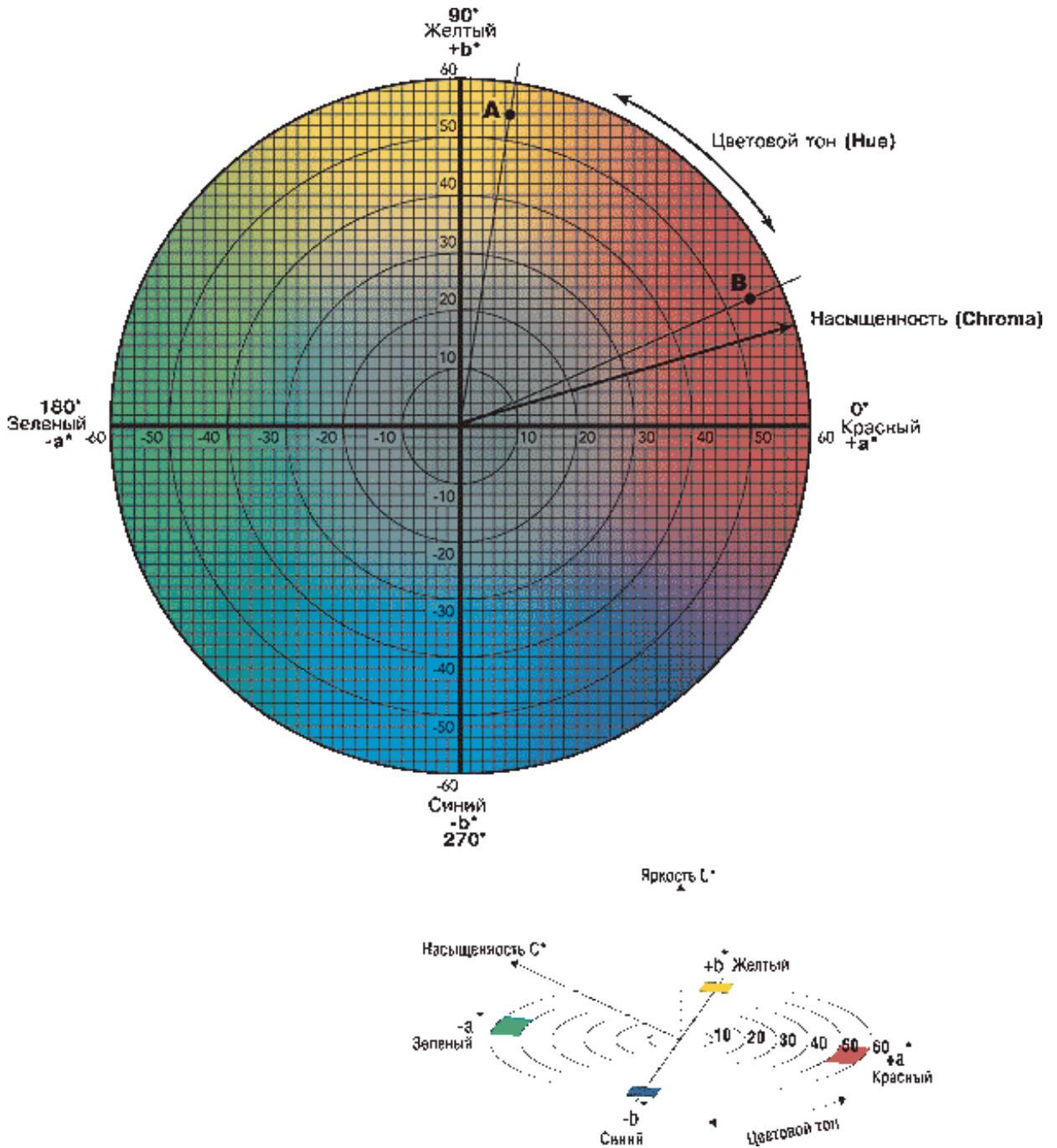


Рисунок 1.4 - Цветовое пространство CIE Lab

Самой известной цветовой моделью является RGB (Red, Green, Blue) - аддитивная цветовая модель, как правило, описывающая способ синтеза цвета для цветовоспроизведения. Она представлена на рис. 1.5 [118].

Данная модель называется аддитивной, так как для указания любого из цветов, используется добавление одного из цветовых каналов к черному, что прекрасно видно на рис. 1.6.

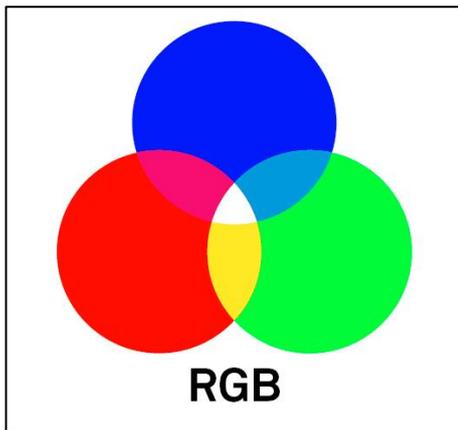


Рисунок 1.5 - RGB-цветовая модель

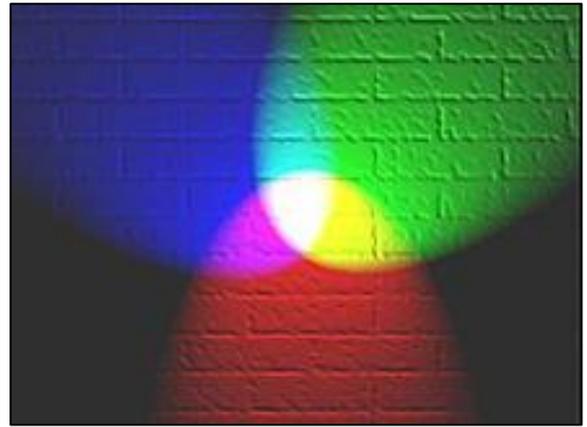


Рисунок 1.6 - Принцип получения цвета в модели RGB

Данная цветовая модель используется для вывода изображения на экраны электронных устройств: телевизоры, ноутбуки, мониторы и т. д. [21].

В российской традиции иногда обозначается как КЗС. Выбор основных цветов обусловлен особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза. Цветовая модель RGB нашла широкое применение в технике. Аддитивной она называется потому, что цвета получаются путём добавления (англ. addition) к черному. Иначе говоря, если цвет экрана, освещённого цветным прожектором, обозначается в RGB как - r_1, g_1, b_1 , а цвет того же экрана, освещенного другим прожектором - r_2, g_2, b_2 , то при освещении двумя прожекторами цвет экрана будет обозначаться как $r_1+r_2, g_1+g_2, b_1+b_2$. Изображение в данной цветовой модели состоит из трёх каналов. При смешении основных цветов (основными цветами считаются красный, зелёный и синий) - например, синего (B) и красного (R), получаем пурпурный (M-magenta), при смешении зеленого (G) и красного (R) - жёлтый (Y-yellow), при смешении зеленого (G) и синего (B) - циановый (C-cyan). При смешении всех трёх цветовых компонентов получаем белый цвет (W) (рис. 1.7) [105].

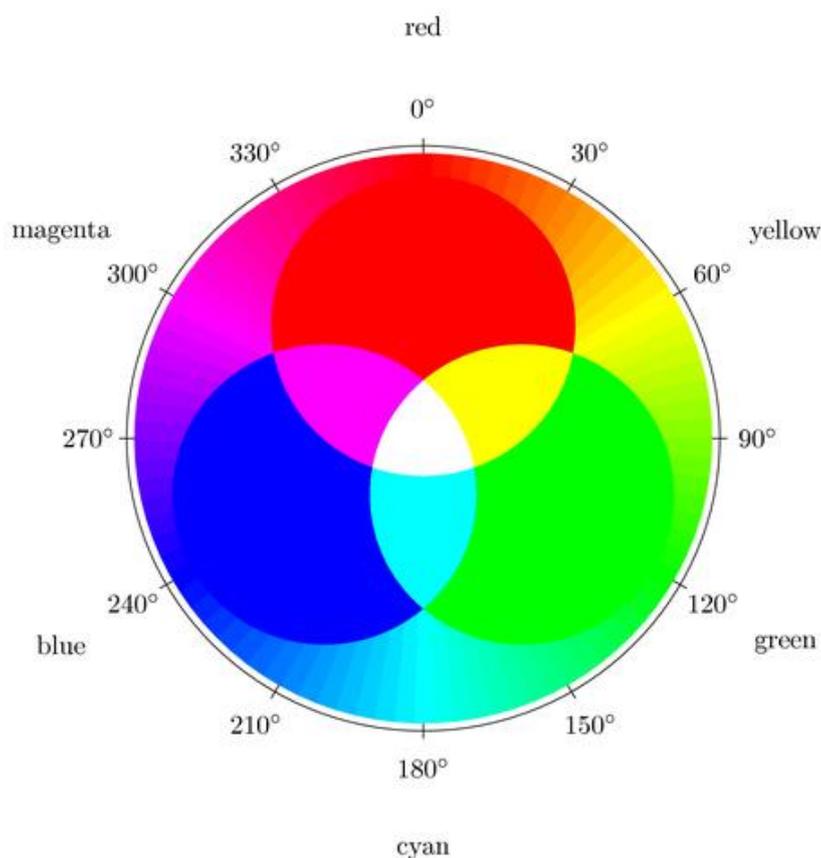


Рисунок 1.7 - Сущность получения цветов путем смешивания красного, синего и зеленого

В телевизорах и мониторах применяются три электронные пушки (светодиода, светофильтра) для красного, зелёного и синего каналов. Цветовая модель RGB имеет по многим тонам цвета более широкий цветовой охват (может представить более насыщенные цвета), чем типичный охват цветов CMYK, поэтому иногда изображения, замечательно выглядящие в RGB, значительно тускнеют и гаснут в CMYK [105].

Субтрактивная модель CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Keycolor) используется для получения твёрдых копий (печати) изображений, и в некотором роде является антиподом цветового RGB-куба. Если в RGB модели базовые цвета - это цвета источников света, то модель CMYK - это модель поглощения цветов (рис. 1.8) [90]. Схема CMYK обладает сравнительно с RGB меньшим цветовым охватом. Каждое из чисел, определяющее цвет в CMYK, представляет собой процент краски данного цвета, составляющей цветовую комбинацию. Данную модель можно также представить в виде куба (рис. 1.9) [125, 129].

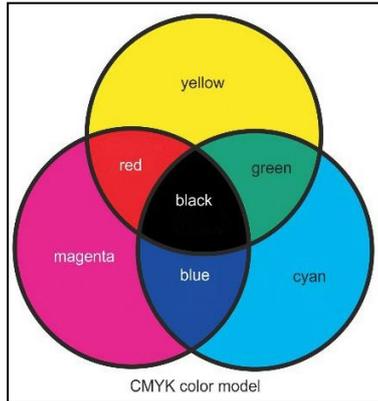


Рисунок 1.8 - Цветовая модель CMYK

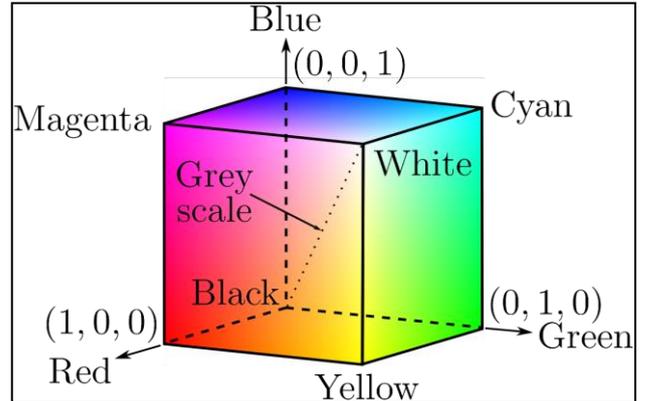


Рисунок 1.9 - Цветовой куб модели CMYK

Система HSL, HLS или HSI - цветовая модель, описывающая значение цвета в трех координатах: тон, насыщенность, светлота; название происходит от аббревиатуры английских слов: hue, saturation, lightness (рис.1.10). Основным преимуществом данной цветовой модели перед другими считается то, что она более интуитивно понятна: вначале подбираются нужные цвета, а затем настраиваются, в ней проще создавать свои палитры, сначала выбрав тон, осветлять/затемнять его, уменьшать насыщенность [125].

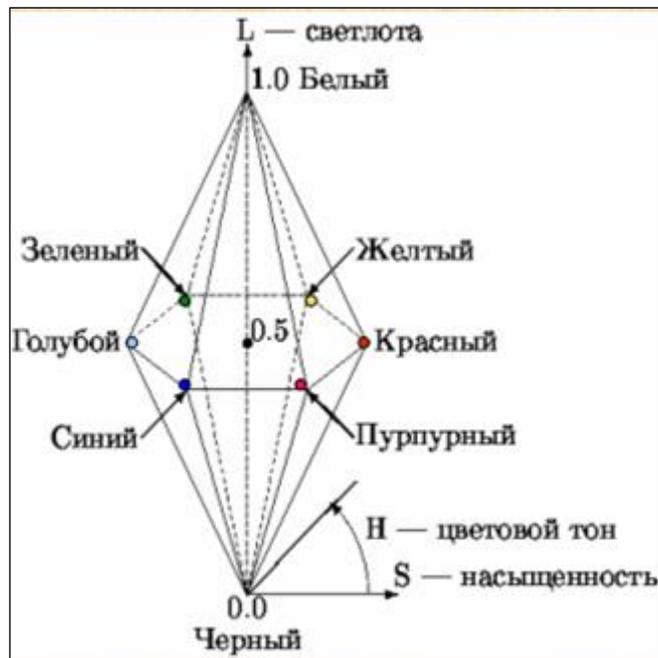


Рисунок 1.10 - Цветовая модель HSL

Оттенок Hue измеряется в углах поворота цвета (в градусах) по цветовому кругу, образуемой радугой. Начало отсчитывается от самого красного цвета (0 градусов, или 360 градусов). По этому кругу, например, желтый цвет будет иметь оттенок 60 градусов, зеленый - 120 градусов, а пурпурный - 300 градусов. Насыщенность («Saturation») и светлота («Lightness») может измеряться в процентах (от 0% до 100%) или в степенях (от 0 до 255). Цвет любого тона со светлотой 0% будет черным, с насыщенностью 0% и светлотой 100% будет белым, а цвет со светлотой и насыщенностью 100% будет равен чистому тону. Остальные цвета имеют промежуточные значения светлоты и насыщенности. Уменьшая насыщенность цвета примерно до 0%, и не трогая яркость, мы получим самый простой способ приведения картинки к черно-белому изображению [27, 125].

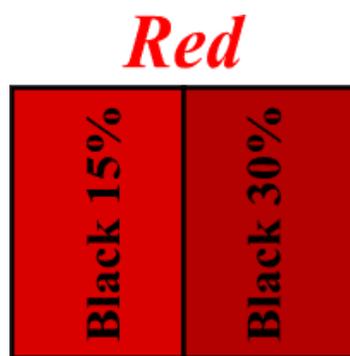


Рисунок 1.11 - Результаты скрининга

Изменение яркости лежит в основе **скрининга**, заключающегося в варьировании доли черного цвета в составе чистого тона. Например, красный цвет, содержащий 15% черного, выглядит в два раза более ярким, чем тот же красный, но уже с 30% черного цвета (рис.1.11). Яркость отсчитывается от 0 (черный цвет) и имеет переменную верхнюю границу, в зависимости от оттенка.

Тон (hue) - одна из трёх основных характеристик цвета наряду с насыщенностью и светлотой. Тон определяется характером распределения излучения в спектре видимого света, причём, главным образом, положением пика излучения, а не его интенсивностью и характером распределения излучения в других областях спектра. Именно тон определяет название цвета, например

«красный», «синий», «зелёный» [27, 129].

Насыщенность (saturation) - это интенсивность определённого тона, то есть степень визуального отличия хроматического цвета от равного по светлоте ахроматического (серого) цвета. Насыщенный цвет можно назвать сочным, глубоким, менее насыщенный - приглушённым, приближённым к серому. Полностью ненасыщенный цвет будет оттенком серого. Насыщенность (saturation) - одна из трёх координат в цветовых пространствах HSL и HSV. Насыщенность (цветовая насыщенность, chroma) в цветовых пространствах CIE 1976 $L^*a^*b^*$ и $L^*u^*v^*$ является неформализованной величиной, используемой в представлении CIE L^*C^*h (lightness (светлота), хрома (chroma, насыщенность), hue (тон)).

В физическом плане насыщенность цвета определяется характером распределения излучения в спектре видимого света. Наиболее насыщенный цвет образуется при существовании пика излучения на одной длине волны, в то время как более равномерное по спектру излучение будет восприниматься как менее насыщенный цвет. В субтрактивной модели формирования цвета, например при смешении красок на бумаге, снижение насыщенности будет наблюдаться при добавлении белых, серых, чёрных красок, а также при добавлении краски дополнительного цвета.

Светлота (lightness) - одна из основных характеристик цвета наряду с насыщенностью и тоном. Это субъективная яркость участка изображения, отнесённая к субъективной яркости поверхности, воспринимаемой человеком как белая. Важно отметить именно относительность восприятия. Если посмотреть на лист с изображением на бумаге при свете лампы и при ярком солнечном свете, количество отражённого света от участка изображения (яркость) будет различаться, однако относительно самого светлого участка поверхности - незапечатанной белой бумаги, воспринимаемая светлота будет одной и той же. [27].

Цветовая модель CIE Lab создана с целью преодоления существенных недостатков моделей RGB и CMYK. В настоящее время цветовое пространство CIE Lab является международным стандартом. Основное преимущество пространства -

независимость как от устройств воспроизведения цвета на мониторах, так и от устройств ввода и вывода информации. Это, несомненно, является важным фактором, так как даёт возможность оценивать цветовые различия не только единичных цветов, но и цветов произвольной яркости. С помощью стандартов CIE Lab могут быть описаны все цвета, которые воспринимает человеческий глаз [125].

В цветовом пространстве CIE Lab (рис. 1.12) значение светлоты отделено от значения хроматической составляющей цвета (тон, насыщенность). Светлота задана координатой L^* (изменяется от 0 до 100, то есть от самого темного до самого светлого), хроматическая составляющая - двумя декартовыми координатами a^* и b^* . Первая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до пурпурного, вторая - от синего до желтого (-255 до +255) [40]. Данные колориметрические значения используются для визуальной оценки положения цвета в пространстве, светлоты и насыщенности цвета, так и для численного сравнения различных цветов и определения цветоразличия.

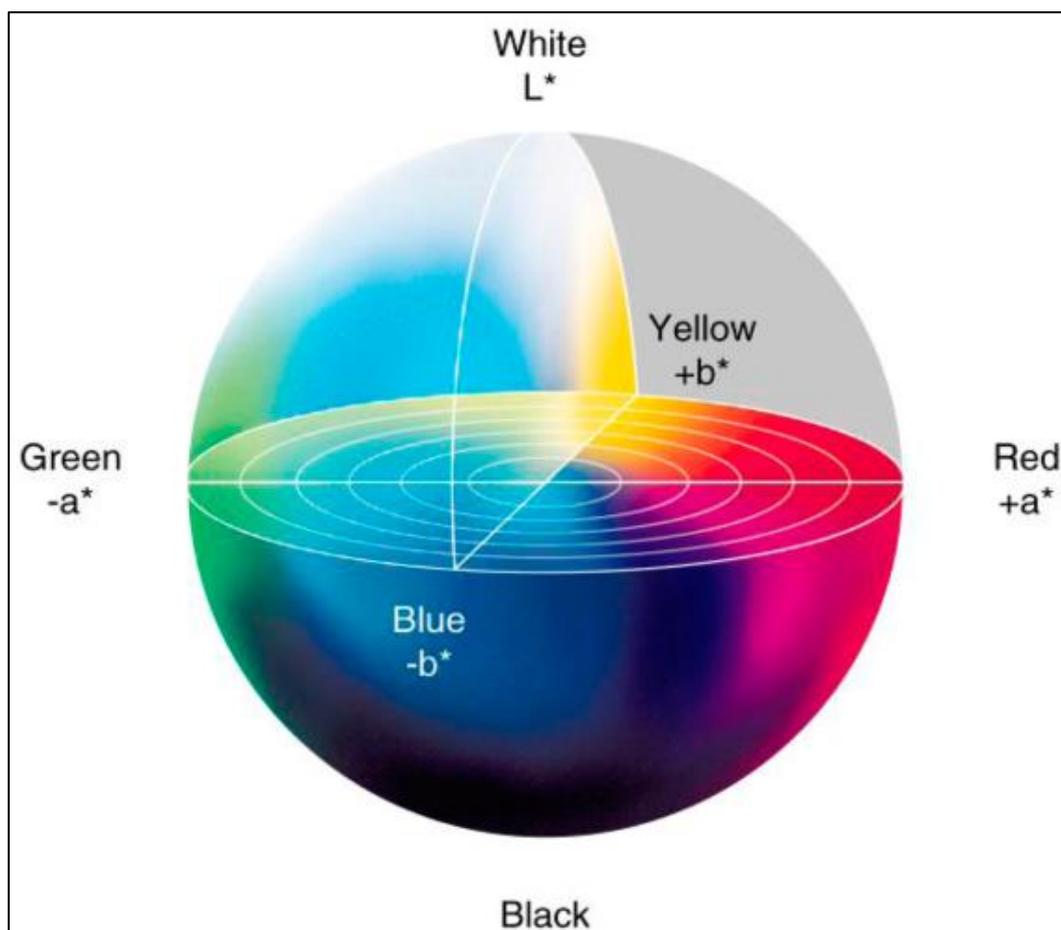


Рисунок 1.12 - Цветовое пространство CIE Lab

В отличие от других цветовых пространств (RGB, CMYK), цветовое пространство CIE Lab однозначно определяет цвет. Вследствие особенностей математической модели, цветовое пространство CIE Lab обеспечивает высокую точность даже при измерении очень слабо насыщенных цветов и используется для всех типов образцов в большинстве отраслей промышленности [121].

Использование единого цветового пространства упрощает оценку и сравнение цветов, позволяет стандартизировать параметры продукции. Так как цветовые пространства являются математическими моделями, результаты измерений могут быть преобразованы в координаты другого пространства, что позволяет выбрать модель, наиболее точно отражающую результат измерений [121].

Предложено много эмпирических формул для подсчёта числа цветовых различий (порогов цветоразличения) между разными цветами. Формула цветового отличия (англ. Colordifference), также формула цветового различия, цветоразность или цветовое расстояние (расстояние между цветами) - математическое представление, позволяющее численно выразить различие между двумя цветами в колориметрии. Распространённые определения цветового различия обычно используют формулу вычисления расстояния в евклидовом пространстве, однако стоит заметить, что при этом не любое цветовое пространство является евклидовым со строгой математической точки зрения [35].

Международный комитет CIE (фр. Commission International edel'Eclairage) [159] задаёт определение цветовой разницы через метрику ΔE_{ab}^* (также ΔE^* , dE^* , dE , или англ. Delta E). Буква «E» обозначает нем. Empfindung – рус. Ощущение.

Используя координаты (L_1^*, a_1^*, b_1^*) и (L_2^*, a_2^*, b_2^*) в цветовом пространстве $L^* a^* b^*$:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (1)$$

$\Delta E_{ab}^* \approx 2,3$, что примерно соответствует минимально различимому для человеческого глаза отличию между цветами [134, 158].

Цветовой тон и насыщенность дают качественную характеристику цвета, а светлота - количественную. Такое разделение показателей цвета на две категории обусловлено тем, что светлота взаимосвязана с общим количеством света, отражаемого тем или иным предметом, или с его освещенностью. Цветовой тон, напротив, используется для описания различий в окраске предметов. Именно по этой причине цвета, различающиеся только по светлоте, названы ахроматическими, а цвета различного цветового тона или насыщенности - хроматическими [119]. Согласно теории цвета, все цвета разделяют на ахроматические (черный, белый и многочисленные градации серого) и хроматические (те, что обладают цветовым тоном). Хроматические цвета различают по трем показателям: цветовому тону, насыщенности и светлоте [50].

Именно модель CIE Lab является наиболее подходящей для использования в колориметрии пушно-меховых товаров.

1.1.2 Технические средства для измерения цвета

На сегодняшний день существует большое количество техники для определения цвета: сканер (рис. 1.13), компаратор (рис. 1.14), денситометр (рис. 1.15), спектрофотометр (рис. 1.16) и др.



Рисунок 1.13 - Сканер



Рисунок 1.14 - Компаратор



Рисунок 1.15 - Денситометр

Для измерений и контроля качества цвета наиболее адаптированы портативные сферические спектрофотометры X-Rite серии SP (рис. 11), позволяющие производить замеры на местах, экономя время и снижая трудоемкость [102].



Рисунок 1.16 - Спектрофотометр X-Rite SP62 (Производитель: X-Rite Incorporated, Гранд-Рапидс, штат Мичиган, США) [130]

Спектрофотометр X-Rite SP62 использует технологию DRS, которая позволяет производить правильные и точные измерения. Спектрофотометр работает в цветовой системе CIE Lab - это цветовой режим, не зависящий от устройств, которые используются программным обеспечением для управления цветом. Прибор оснащен простыми в использовании кнопками и высококонтрастным дисплеем. Для определения влияния отраженного компонента SP62 автоматически предоставляет данные с включенным или исключенным зеркальным компонентом. Процедура калибровки состоит из считывания белого и черного эталонов. Калибровочный эталон состоит из керамического диска для калибровки по-белому и «ловушки» для калибровки по-черному [127].

Сортировка цветов основана на измерениях атрибутов цветового пространства. Эти величины представляют собой трехмерный куб в пространстве (рис. 1.17), состоящий из 9 блоков по каждой оси, в центре блок - эталон 555. Этот блок представляет цвет-эталон. Величины L^* , a^* , b^* определяют размер блока-эталона. Меньшее значение величины вводится для более жестких пределов допуска. Значения величин варьируются от 0,01 до 9,99. Сортировка определяется рядом 555 отмеченных используемых и отображаемых оттенков. В ряд можно выставлять от 1 до 9 компонентов в каждом из трех измерений [102].

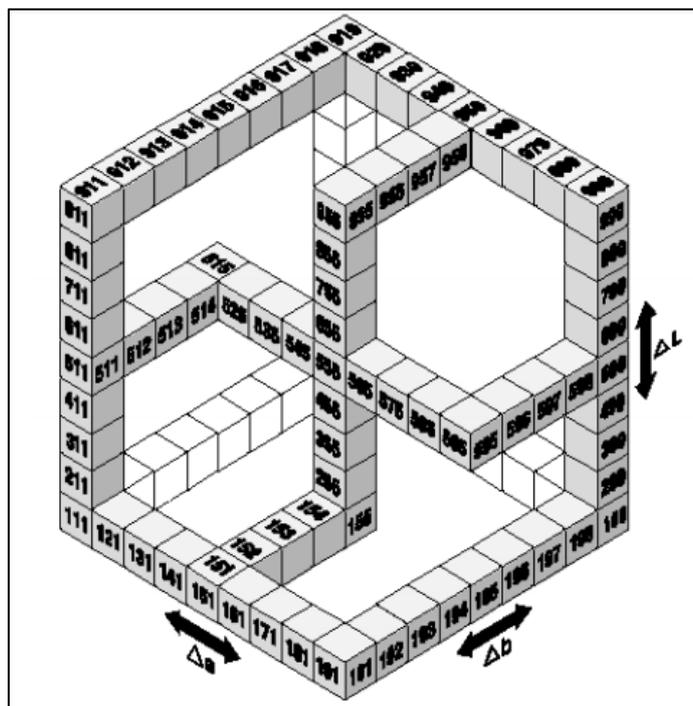


Рисунок 1.17 - Трехмерный куб в пространстве

Современные сферические спектрофотометры имеют сложную техническую конструкцию (рис. 1.18). Источник света и монохроматор помещены в сферу из не пропускающего свет материала, имеющего 100% отражения (зеркала высокого качества), с отверстием в нижней части. Образец должен быть помещен под отверстие. Далее источник выбранного света с известным спектральным составом подается на образец.

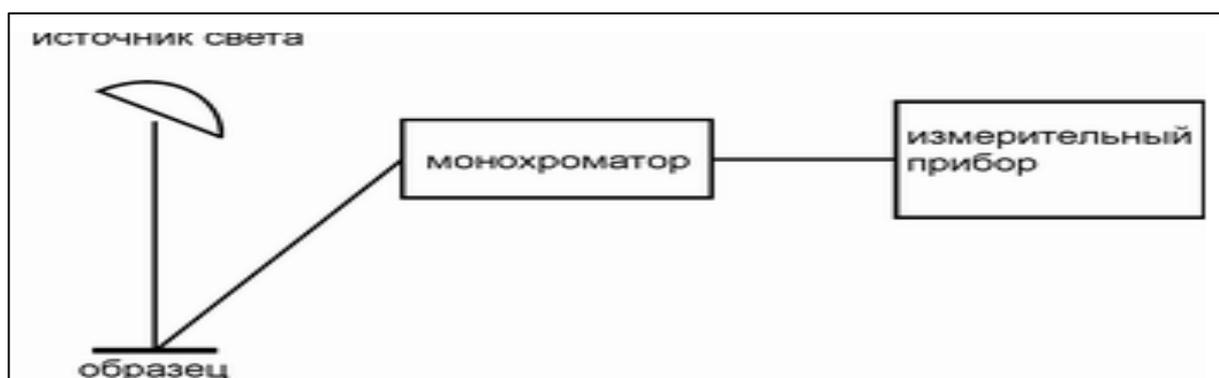


Рисунок 1.18 - Схема строения спектрофотометра

Часть спектра поглощается объектом, а оставшая часть отражается в произвольном направлении. Благодаря шаровидной структуре, лучи, многократно отражаясь (при этом не теряя спектральный состав), двигаясь со скоростью 299792 км/с, попадают на датчик монохроматора, который преобразует сложный состав (несколько отраженных лучей с разными цветовыми характеристиками) цвета в простой - представленный усредненным спектральным составом [127].

После этого луч подается в измерительный прибор, который рассчитывает координаты цвета в цветовом пространстве CIE Lab и выдает их на экран прибора или ПК [102].

Обобщая данные по цвету, следует отметить, что цвет является крайне важным параметром как при сортировке сырья, так и при подборе шкурок для пошива готового изделия. Однако, на сегодняшний день оценка цвета в материаловедении зачастую проводится визуально, что приводит к возникновению неточностей.

Наличие высокотехнологичных приборов и технических средств делает возможным поиск методических подходов к инструментальной оценке цвета

пушно-мехового сырья и полуфабриката, что позволит значительно улучшить как процесс сортировки и подбора шкурок, так и оценки качества готового изделия.

1.1.3 Понятие о блеске и его характеристика

Блеск - это свойство поверхности, отражающей свет, показывающей соотношение между интенсивностями света, зеркально отражённого от поверхности, и диффузного света [4].

Громадное большинство видимых нами тел не являются источниками света и видимы только при условии, что на них падает свет от какого-либо источника [136, 137, 138, 139]. Видеть их можно только тогда, когда в глаз попадают лучи света. Из этого следует вывод, что освещенные тела отражают свет блеск [86, 103].

Когда свет падает на какое-нибудь тело, то, во-первых, часть падающего света отражается от поверхности тела. Такое явление называется отражением света (рис. 1.19) [142, 145].

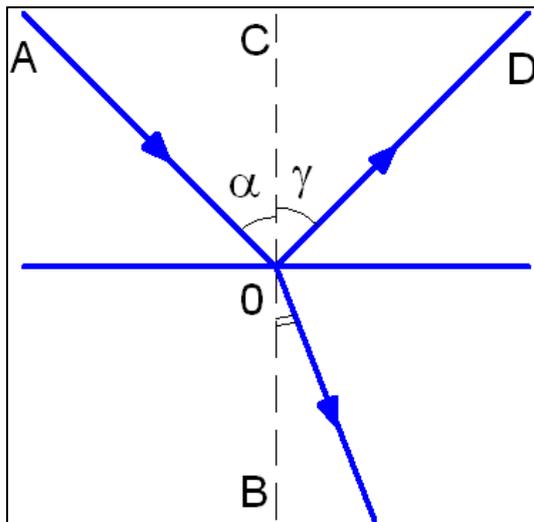


Рисунок 1.19 - Отражение и преломление луча света: луч АО носит название падающий луч, а луч OD - отраженный луч

Во-вторых, часть света проникает в тело и может распространяться в нём дальше, изменив первоначальное направление и в дальнейшем распространяясь в теле по другому вектору. Это явление называется преломлением света [147, 149, 154].

Если сложить преломленные и отраженные световые потоки, то их сумма будет равна величине полного светового потока, падающего на тело. В процессе распространения света внутри тела интенсивность света постепенно падает вследствие поглощения его средой [149, 154].

Относительная величина отраженного и преломленного света определяется рядом факторов: веществом тела, состоянием его поверхности, составом самого света, углом падения и др. [2].

Существует 2 закона отражения света:

- Падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.
- Угол отражения равен углу падения [18].

Различные предметы могут зеркально или диффузно отражать свет.

При *диффузном* отражении отражённые от предмета лучи распространяются во все стороны [158], вследствие чего предмет виден со всех сторон. К примеру, диффузно отражает свет обычный лист бумаги (рис. 1.20).

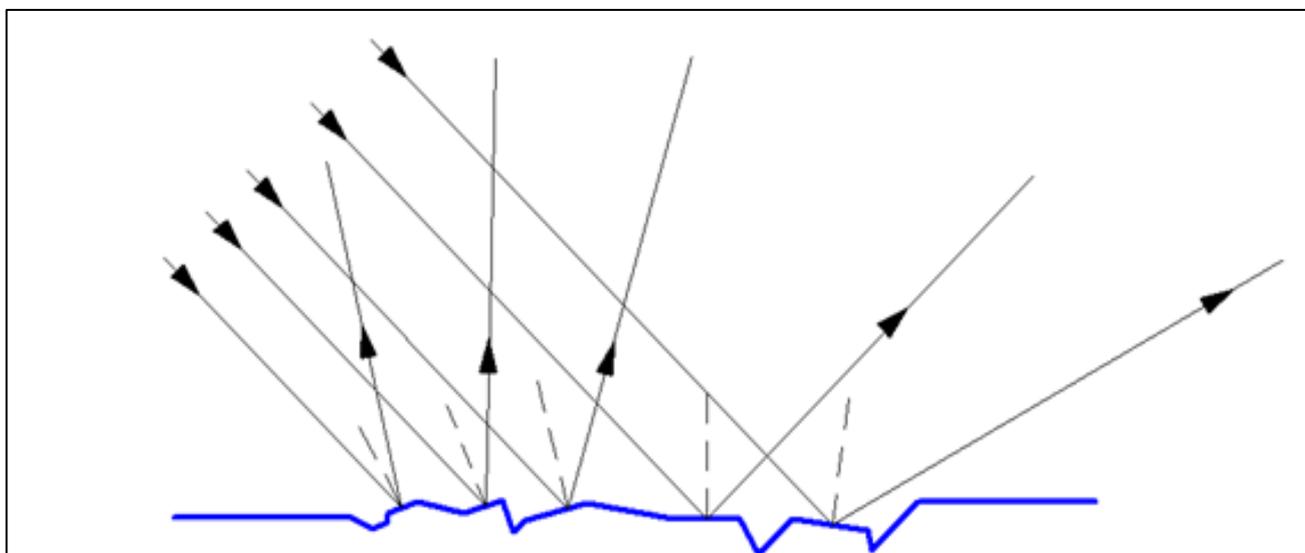


Рисунок 1.20 - Диффузное отражение света от неровной поверхности

Зеркальное отражение света - это когда падающие на гладкую поверхность под определённым углом лучи света отражаются преимущественно в одном направлении (рис.1.21). Отражающая поверхность в этом случае называется - зеркальная поверхность [75, 76, 77, 78]. Зеркальные поверхности можно считать

оптически гладкими, если размеры неровностей и неоднородностей на них не превышают длины световой волны (меньше 1 мкм) [98].

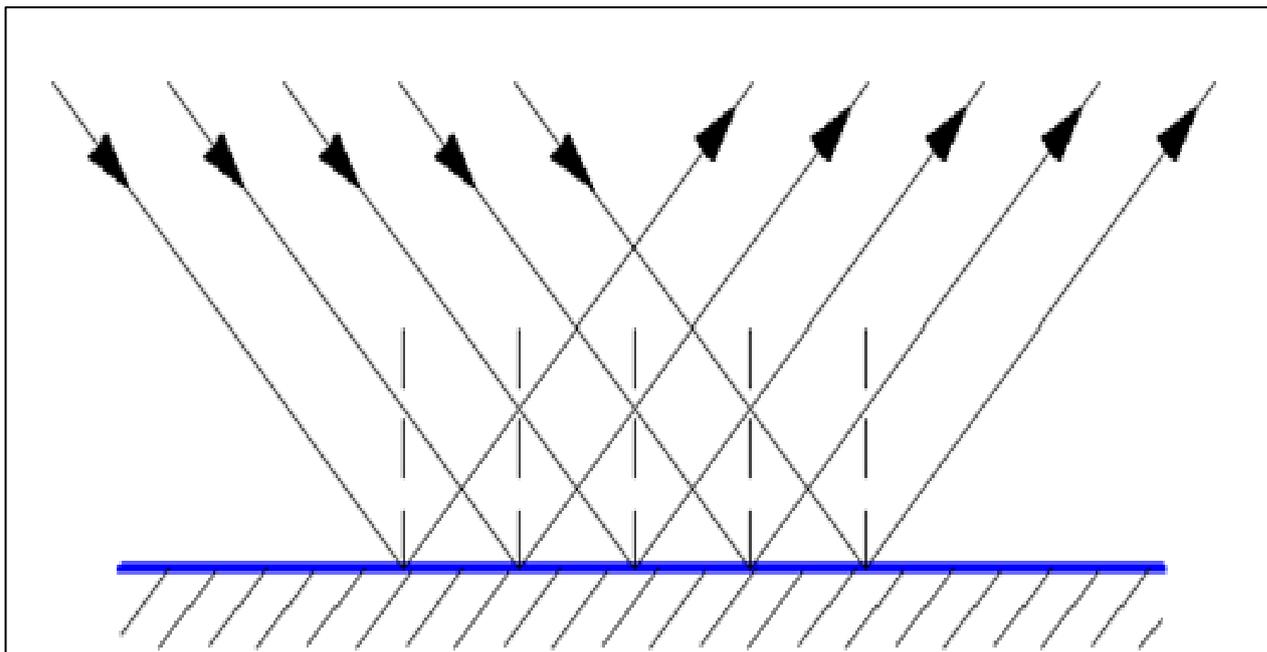


Рисунок 1.21 - Отражение света от зеркальной поверхности

Таким образом, свет отражается от разных поверхностей по-разному. Точный угол отражения напрямую зависит от структуры поверхности.

1.1.4 Технические средства и методы измерения блеска

На сегодняшний день для контроля качества и оценки светоотражения различных поверхностей, в основном, в отраслях, связанных с производством металлоизделий, лакокрасочной продукции, пластмасс, бумаги, стекла, горных пород, тканей, древесины, ювелирных изделий, разработаны соответствующие приборы (блескомеры) и эталоны [2, 28, 98]. На российском рынке представлено большое количество блескомеров различных моделей отечественного и зарубежного производства (рис. 1.22, 1.23, 1.24, 1.25).



Рисунок 1.22 - Блескомер TQC DuoGloss (Производитель: TQC, Нидерланды)



Рисунок 1.23 - Блескомер Elcometer 407L (Производитель: Elcometer, Британия)

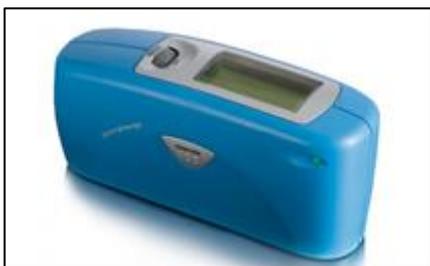


Рисунок 1.24 - Блескомер Konica Minolta UNI GLOSS 60 PLUS (Konica Minolta, Япония)



Рисунок 1.25 - Блескомер БФ5М (Производитель: АНО НТП "ТЕРМОКОНТ", Россия)

В сущности, все эти приборы работают по одному принципу, отличия заключаются в технических характеристиках, в основном связанных с удобством использования, точностью и углом измерения. Чаще всего они используются для определения степени блеска лакокрасочных покрытий. Измерение блеска позволяет оценить однородность и равномерность лакокрасочного покрытия, контролировать износ и ухудшение состояния покрытия, оптимизировать производственные процессы [17, 18].

С помощью блескомера также можно измерять блеск изделий из пластика, искусственной и натуральной кожи, печатной продукции, полированного камня и др. [70, 71]. Принцип работы любого блескомера (рис. 1.26) заключается в следующем: на измеряемую поверхность, под заранее установленным углом, направляют пучок света, а затем при помощи фотоэлемента измеряют количество отраженного от неё света. Показатель блеска представляют, как значение коэффициента отражения поверхности по отношению к эталону из черного увиолевого стекла. При этом величину блеска черного полированного стекла

принимают за 100 единиц (GU - Gloss Units - международное обозначение) [2]. Многие блескомеры комплектуют таким стеклом для калибровки, на нем нанесена величина блеска, например - 93,5%.

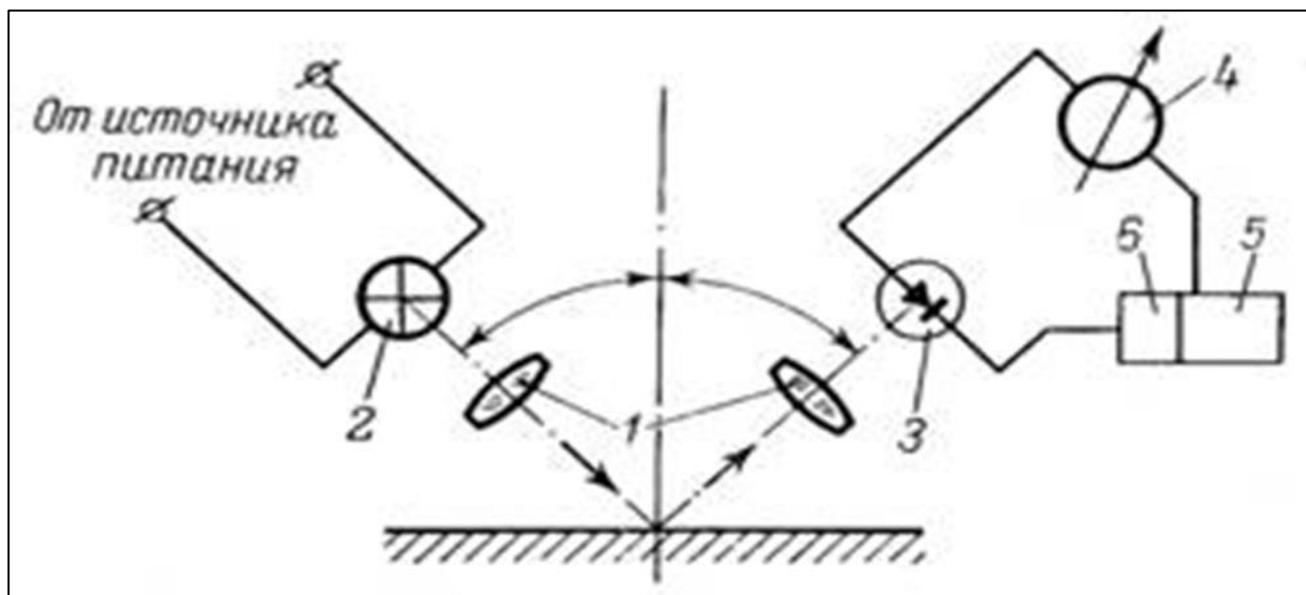


Рисунок 1.26 - Схема строения блескомера: 1 - оптическая система; 2 - осветитель; 3 - фотоприемник; 4 - измеритель; 5 - усилитель; 6 - приспособление для настройки электрической схемы [2]

При должной доработке блескомеров, их применение могло бы стать возможным и на пушно-меховом производстве. Для этого крайне важна разработка методических подходов к инструментальной оценке блеска пушно-мехового сырья и полуфабриката. В настоящее время при оценке качества меховых товаров практически не используют методы количественной оценки блеска, несмотря на то, что это свойство очень важно для формирования эстетического восприятия изделия [30, 31, 32, 33, 34, 36]. Возникшая ситуация связана с отсутствием методологической и инструментальной базы для проведения такого рода измерений [92]. Внедрение количественной оценки блеска позволило бы не только улучшить процесс сортировки и подбора шкурок на готовое изделие, но также и контролировать их качество на всех этапах производства [37, 38, 39, 71].

В практике экспертизы меха степень блеска определяют органолептически. Ранее отечественными учеными было предложено несколько классификаций меха с учетом такого свойства как блеск [61, 62, 108, 13, 14, 15, 16, 122, 123, 117]. Однако,

в них не было четко разграничено понятие «степень блеска». Тип блеска, как известно, зависит от направления распространения отраженных поверхностью световых лучей. Степень блеска обусловлена количеством зеркально отраженного поверхностью света в общем отраженном потоке. Так, Б. А. Кузнецов пишет: «В практике сортировки пушно-меховых товаров различают следующие три типа блеска волосяного покрова шкурок: шелковистый, металлический, стекловидный» [61, 62]. В. И. Теплов и В. А. Панасенко отмечают: «При органолептической оценке характеризуют блеск волоса как сильный, средний, слабый. В стандартах на пушно-меховое сырье для характеристики блеска волосяного покрова применяются термины «шелковистый, блестящий, глянцевитый, стекловидный, матовый» [79]. По мнению А.Н. Беседина: «В практике экспертизы меховых товаров степень блеска определяют органолептически, используя следующие градации волосяного покрова: сильноблестящий, блестящий, малоблестящий, матовый» [13, 14, 15, 16]. Б. Ф. Церевитинов указывает, что: «На практике различают следующие градации блеска волосяного покрова: сильный, но в то же время мягкий, не резкий, средний, слабый, матовый» [122]. Согласно классификации по К. Д. Хлудееву блеск меха можно характеризовать как: шелковистый блеск - блеск сильный, но мягкий, нерезкий, подобный блеску шелкового волокна (наиболее ценный тип блеска меха); металлический блеск - напоминающий блеск стали; стекловидный блеск - очень сильный, резкий, грубый, образующий на поверхности волосяного покрова яркие блики; матовый [116, 117].

1.2 Цвет как товарное свойство меха

Окраска волосяного покрова является одним из важнейших качеств пушно-мехового полуфабриката, нередко в значительной степени определяющим их ценность. Например, полуфабрикат наиболее темного соболя оценивается на мировом пушном рынке в 8-10 раз выше, чем однокряжный и односортный с ней полуфабрикат светлого соболя [43].

Естественная окраска волосяного покрова животных определяется содержанием в стержнях волос черного или желто-рыжего пигментов, или их сочетаниями, находящимися в зернистом или диффузном состоянии [65].

От распределения, концентрации и комбинации этих двух пигментов в тканях кожи и волоса образуются разнообразные окраски отдельных видов млекопитающих. При развитии только черного пигмента, зверь бывает окрашен в черный или серый цвет (в зависимости от количества пигмента). Если в покровах развивается только один желто-рыжий пигмент, то окраска зверя принимает желтые или рыжие оттенки. Наличие в волосе желто-рыжего и черного пигмента обуславливает темно-бурую, бурую, коричневую, каштановую или песочно-желтую окраску разной насыщенности. При отсутствии какого-либо пигмента волосяной покров зверя принимает белый или кремовый оттенок [53, 54, 55].

Зачастую окраска волосяного покрова зверей зависит не только от количества и распределения пигмента, но и от других факторов. Проникновение в стержни белых волос жира вызывает появление желтого оттенка окраски меха. Старение кератина волосяных стержней может вызвать побурение чёрного меха (например, у серебристо-черных лисиц) [26]. Иногда структура чешуйчатого слоя волоса обуславливает наличие металлическо-синего оттенка [56].

В окраске волосяного покрова пушного-мехового сырья различают основной цвет и дополнительные оттенки, повышающие или снижающие ценность шкурок [59].

Только у очень немногих пушных зверей все или почти все тело покрыто одноцветным волосяным покровом, у большинства же видов окраска меха на разных участках шкурок бывает различной [90]. Обычно брюшко зверя окрашено светлее, чем хребет, но у некоторых видов (например, у барсука, хомяка), оно наоборот темнее. На шкурках некоторых зверей выступает рисунок из пятен (например, у леопарда, барса и др.) или полос (например, у тигра, бурундука и др.) [21, 22, 24].

У отдельных видов пушных зверей темноокрашенные стержни остевых волос имеют белую зону, придающую серебристый тон окраске волосяного покрова. У соболя наблюдают примесь седых (депигментированных) волос [43].

Общий цвет окраски меха любого участка шкурки представляет собой смешение различных расцветок волос разных категорий и даже отдельных частей их стержней [90, 91, 92]. Пуховые волосы, обычно, более светлые, чем остевые и направляющие [45]. Остевые волосы нередко имеют зональную окраску [63, 64].

Окраска волосяного покрова у одного и того же вида зверей может изменяться в зависимости от возраста, времени года, района обитания, индивидуальных особенностей, условий содержания клеточных зверей [123].

Естественная окраска волосяного покрова шкурок и изделий из них подвергается изменениям в процессе хранения или носки. К примеру, под воздействием солнечных лучей происходит выцветание волосяного покрова, а у светлоокрашенных шкурок - пожелтение [106, 160].

При оценке товарных свойств шкурок требования предъявляются к цвету, наиболее присущему данному виду. Например, у норки (стандартной) лучшего качества должны быть - более темными и т. п. [48, 51].

Селекционируемый тип по тону (интенсивности) окраски определяется обычно специалистами хозяйства. Известно, что общая окраска волосяного покрова складывается из цвета кроющих волос и цвета вершин пуха [126]. Оценка ее отражает общее впечатление об окраске зверя. У всех видов зверей окраска оценивается по выраженности типичного для данной группы цвета и чистоте окраски, то есть по отсутствию нежелательных оттенков. Оценка окраски и блеска волосяного покрова норок при бонитировке проводится по 5-бальной системе [47]. Окраска волосяного покрова зверей клеточного содержания является одним из основных признаков, учитываемых при отборе племенных зверей [11].

При бонитировке норок (кроме черных и белых) прежде всего определяют тон окраски: темный, средний или светлый. У цветных норок тот или иной тон не имеет преимуществ, но в каждом хозяйстве ведут селекцию на получение однородных по тону зверей. Экземпляры с окраской, не соответствующей

принятому тону, выбраковывают. Основное внимание при оценке окраски обращают на ее чистоту - отсутствие нежелательных оттенков (за них со стоимости шкурки делается скидка, как за дефект) [47].

Окраска волосяного покрова играет большую роль не только при бонитировке, но и при оценке ценности шкурки, а также при подборе шкурок для изделия уже на производстве. меховые изделия, изготовленные из плохо подобранных шкурок, чей цвет волосяного покрова не сочетается друг с другом, имеют некрасивый внешний вид [106].

Натуральный мех является самым ценным и дорогостоящим из материалов, используемых в швейном производстве. Внешний вид меховых изделий определяется, главным образом, естественной окраской волосяного покрова, а также формой и цветом топографических участков [85, 126].

В международном пушном бизнесе более 95% невыделанной пушнины реализуется через аукционы. Финский пушной аукцион проходит 4 – 5 раз в году: в декабре, январе, марте, июне и сентябре и славится качеством и разнообразием предлагаемых товаров. Светло-коричневая норка «сканглоу» и черная «сканблэк», серая «сапфир» и белая норка являются основным меховым сырьем, за которым приезжают на Finnish Fur Sales производители меховых изделий. Финский пушной аукцион единственный из всех применяет автоматизированную линию VideometerLine по определению цвета шкурок норки. Новая система сортировки, применяемая на аукционе и предназначенная для шкурок норки и лисы, считается лучшей в данной области [49]. Машина измеряет контраст между остевым и пуховым волосом, оттенки определяются посредством IT-технологий, причем для различных цветовых категорий норки разработаны различные компьютерные программы. Сортировка пушно-меховых товаров заключается в подразделении их по размерам, сортам, группам пороков, цветам и кряжам (если это характерно для пушно-мехового полуфабриката). Существуют две основные модели систем сортировки: российская и западная. Система сортировки «Союзпушнины», единственного в России пушного аукциона, серьезно отличается от систем аукционов Копенгагена, Хельсинки, Торонто и Сиэтла. Разница заключается в

глубине и технической стороне процесса. Такой основной показатель сортировки, как размер, определяется Российскими специалистами от междуглазья до основания хвоста, а все остальные измеряют от носа. В Европе сортировка идет «от одной шкурки», то есть лоты формируются из одинакового товара, привезенного из разных хозяйств. В России сортировка «от бунта» зверохозяйства. Системы сортировки Копенгагена и Хельсинки отличаются лишь оборудованием, производящим сортировку [49].

На сегодняшний день для сортировки и набора меховых шкурок на изделие используется органолептический метод оценки качества пушно-мехового сырья и полуфабриката [3]. Данный метод является доступным, но крайне субъективным из-за наличия человеческого фактора. Еще в 1952 году Б.А. Кузнецов предположил, что в дальнейшем, возможно, для этой цели удастся использовать фотоэлементы, весьма точно улавливающие различия в интенсивности окраски предметов [61].

1.3 Блеск как товарное свойство меха

Блеск как товарное свойство проявляется в отражении падающих лучей света от поверхности волосяного покрова меховой шкурки [71].

Сила блеска волосяного покрова и его характер определяются прежде всего его макроскопическим строением и зависит от расположения волос относительно друг друга, от ровности и гладкости направляющих и остевых волос меха и в меньшей степени пуховых [13, 14, 15, 61, 62, 103].

Степень блеска волосяного покрова выше, чем плотнее застил волосяного покрова, чем меньше угол залегания, чем ближе прилегание волос к кожной ткани, чем толще и длиннее волосы, так как тем больше площадь, отражающая падающий свет [122].

Также блеск зависит от степени дифференциации волосяного покрова по категориям, то есть от количественного соотношения типов волос - остевые и направляющие волосы увеличивают блеск, пуховые волосы делают волосяной покров более матовым [123].

Степень извитости волос так же влияет на степень блеска, чем более извитый (волнистый), тем волос хуже отражает свет [154], и наоборот, гладкая поверхность волос сильнее отражает падающие лучи света и поэтому мех кажется более блестящим [71, 155].

Архитектоника волос млекопитающих определяется их микроскопическим строением. Как известно, стержень волос состоит из трех слоев: кутикулы (наружного чешуйчатого слоя), коркового слоя и сердцевины [126]. Прямое влияние на блеск волоса имеет строение чешуйчатого слоя. У пуховых и некоторых промежуточных волос чешуйки имеют форму неправильных колец, охватывающих волос [116, 117]. Нижний край каждой такой чешуйки входит в верхнюю часть нижерасположенной чешуйки. Края чешуек неровные, зубчатые (рис. 1.27, 1). Благодаря такому строению пуховые волосы обладают способностью цепляться одно за другое и свойлачиваться. У направляющих и остевых волос чешуйки некольцевидного типа, они разной формы и величины, окружают поверхность волоса подобно рыбьей чешуе (рис 1.27, 2). Чешуйчатый слой вибрисса мостовидного типа - чешуйки не налегают друг на друга, а соприкасаются краями (рис. 1.27, 3) [74, 108].

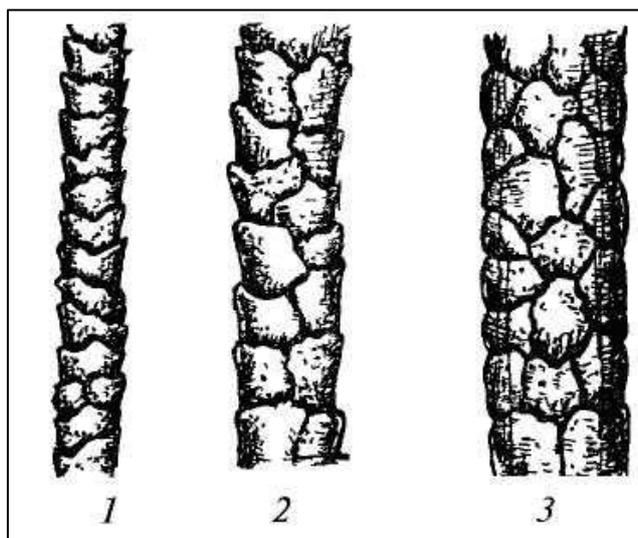


Рисунок 1.27 - Строение чешуйчатого слоя волоса (кутикулы): 1 - чешуйки кутикулы пухового волоса; 2 - форма чешуек кутикулы на разных участках остевого волоса; 3 - чешуйки кутикулы вибрисс

Если чешуйчатый слой пуховых, а часто и переходных волокон кольцевидный, то блеск волоса более слабый, так как падающие лучи света рассеиваются. Если же чешуйчатый слой, например, ости, имеет не кольцевидный характер, то чешуйки, плотно облегающие окружность волокна, хорошо отражают падающие на них лучи света, и поэтому блеск остевых волокон сильнее выражен. На блеск влияют также свойства коркового слоя, его пигментация, степень развития сердцевины [45, 149].

Степень блеска зависит от окраски волосяного покрова, так как в зависимости от её интенсивности и насыщенности по-разному происходит преломление света [71, 35, 133]. Исследование блеска натуральных белых, светло-бежевых, светло-коричневых, средне-коричневых и темно-коричневых волос показало, что увеличение показателей блеска происходит пропорционально с увеличением пигментации волокон [136]. При этом на светлых волосах повышение блеска более заметно [148]. При естественной окраске волос светлых, бежевых, коричневых и черных оттенков цвета увеличение блеска с увеличением насыщенности цвета связано с уменьшением диффузно рассеянного света в результате поглощения света гранулами меланина [142].

Кроме того, следует учитывать состояние волосяного покрова, степень его зрелости, сезонность забоя зверьков, условий содержания и кормления, и селекционных мероприятий [11, 47, 154, 133]

Большое влияние на блеск волосяного покрова шкурок в сырье, полуфабрикаты и готовых изделиях оказывают технологические процессы и применение специальных видов физико-механической и химической обработки, в том числе, отделка, обезжиривание, облагораживание, действие щелочесодержащих реагентов, эпилирование, стрижка, чесание, тепловая сушка, крашение [122, 142, 149].

1.4 Характеристика шкурок норки как объекта пушного звероводства и сырья легкой промышленности

Норка - ведущий объект клеточного пушного звероводства. Ее маточное поголовье в общей численности пушных зверей России составляет 83% [10]. Это объясняется тем, что шкурки норки имеют широкую гамму цветовых типов от белых до черных, повсеместно используются для изготовления красивых теплых меховых изделий: головных уборов, воротников, палантинов, манто [12].

Последние годы шкурки норки применяют в качестве отделочного материала на пальто и куртки, а также различных комбинированных изделий из натуральной кожи и меха. Спрос на изделия из норки определяется большим разнообразием структуры опушения - от коротковолосых, до длинноволосых [8, 9].

Норка - типичный представитель куньих, относится к роду куницы. Данный род представлен такими известными животными, как соболь, куница, горноста, хорь, ласка, барсук, скунс. В природе она ведет полуводный образ жизни [73].

Норка имеет вытянутое в длину туловище. Длина туловища отличается у самцов и самок: самцы могут иметь длину туловища от 35 см до 50 см, когда самки - 30 - 45 см от носа до корня хвоста. Масса зверьков также различна: у самцов - от 1,5 до 3 кг, у самок - 0,9 - 1,5 кг. Но могут встречаться и более крупные особи [97].

Изделия из меха норки производят либо из шкурок самцов, либо из шкурок самок. Совмещать самцов и самок при производстве изделия из меха норки нельзя [12]. В таблице 1.2 представлены основные отличительные черты меха самцов и самок норки (рис. 1.28) [3, 109].

Таблица 1.2 - Отличительные черты меха норки с учётом пола животного

Отличительные особенности меха норки	
Самцы	Самки
Ость длинная, подпушь густая, мездра плотная и грубая, шкурка тяжёлая	Ость короткая, мездра мягкая, шкурка лёгкая
Площадь меховой пластины: от 8 до 14 дм ²	Площадь меховой пластины: от 5 до 10 дм ²
Используют мех при производстве шапок, воротников, коротких меховых изделий для женщин и мужчин	Используют мех при производстве длинных женских меховых изделий, меховых изделий со свободным кроем



Рисунок 1.28 - Шкурки норки самец/самка [66]

Существует два основных вида норок - европейская и американская. В Европе, на Кавказе, в Западной Сибири обитает европейская норка. Северной Америке (от Аляски до Ньюфаундленда) обитает американская норка. В отличие от европейской норки, американская норка обладает более красивым и уравненным опушением, по этой причине в звероводческих хозяйствах разводят исключительно этот вид норок. Американская норка крупнее европейской, имеет более темную окраску и лучший по качеству мех. Мех американской норки ценится выше, чем европейской. Характерным признаком отличия американской от европейской норки - белое пятно на нижней губе, а у европейской она находится как на нижней, так и на верхней губе [73].

Существует более 270 цветовых форм норки с известным генотипом по окраске. Окраска волосяного покрова связана с действием большого количества генов. Например, стандартная окраска норки определяется 14 доминантными и 7 рецессивными генами [44, 73, 88].

Норок, имеющих окраску, сходную с окраской дикого типа, часто называют стандартными. На данный момент стандартных норок подразделяют на 2 внутрипородных типа: черных и темно-коричневых. К темно-коричневым относят зверей коричневого цвета с вариациями от светло-коричневого до темно-коричневого, почти черного. Общий тон окраске придают кроющие волосы и верхняя часть подпуши. Большинство стандартных норок имеет наиболее интенсивно окрашенными голову, спину, ноги и хвост по сравнению с окраской на боках и череве. Подпушь должна иметь темно-серый или серый цвет без признаков

буризы на верхушках волос. Бурые окончания волос придают шкурке рыжий оттенок, за что снижается ее качество. Так же нежелательно у норок наличие седых (непигментированных) волос. Глаза у стандартных норок темно-коричневые или черные, носовое зеркало темно-коричневое. Темно-коричневые норки отличаются от черных более длинными и менее уравненными по длине остевыми волосами. Разница в длине ости черных и темно-коричневых норок достигает 3 - 4 мм, вследствие чего шкурки последних имеют более пышный вид. Черные норки, разводимые в различных хозяйствах, несколько различаются в зависимости от их происхождения (американские, финские, норвежские, шведские, голландские и т. п.). Они имеют относительно короткие (16-20 мм) выровненные кроющие волосы, вследствие чего волосяной покров кажется бархатистым. Наиболее уравненным по длине волосом отличаются норки, завезенные из американских хозяйств (дарк). Окраска меха черных норок должна быть почти черная или черная, но у худших экземпляров может быть темно-коричневая [44, 73].

Кроме стандартных норок с черным волосяным покровом, имеются 27 мутантных форм: 19 рецессивных и 8 доминантных, позволяющих получать новые комбинации типа окрасок за счет комбинации мутантов. К рецессивным коричневым норкам относят особей с окраской пастель (от светло-коричневой до глубоко коричневой с шоколадным оттенком), имперпастель (коричневая, более темная), соклот (более темная, чем пастель, используется для получения комбинационных форм). В группе рецессивных голубых норок включены 5 мутаций: серебристо-голубые, стальные голубые, кобальтовые, имперские платиновые, алеутские. К рецессивным белым норкам относятся белый хедлунд, гены которого имеют плейотропное действие, влияя на некоторые физиологические показатели животных, а также норка альбинос [73].

В настоящее время шкурки норки клеточного разведения по цветовому типу делятся на: черные, темно-коричневые, сканбраун, коричневые (дикий тип), пастель, топаз, лавандовые, паломино, жемчужные, хоуп, белые, серебристо-голубые, алеутские, голубой ирис, сапфир, фиолет, крестовки, пестрые, седые [3].

Шкуркам норки благодаря их высоким товарным качествам и разнообразному ассортименту принадлежит ведущее место на мировом пушном рынке [60].

Улучшение качества и повышение конкурентоспособности пушно-меховых изделий, обновление их ассортимента обеспечиваются как путем разработки и внедрения новых моделей изделий, совершенствования их конструкций и использования современной техники и технологии изготовления, а также за счет применения новых материалов [8, 87, 96].

Выбор оптимальных материалов для производства пушно-меховых товаров и их рациональное использование в производстве возможны только на основе знаний строения и свойств пушно-мехового сырья и полуфабрикатов, а также методов оценки их качества [9, 67, 89].

Заключение по первой главе

Обобщая данные, представленные в аналитическом обзоре литературы, следует отметить, что вопрос о необходимости широкого использования инструментальных неразрушающих методов оценки качества меховой продукции, в том числе и оптических свойств, стоит особенно остро. Отсутствие количественных методов определения оптических свойств, статистически значимых моделей, описывающих их взаимосвязь с другими свойствами, определяющими качество и дизайн меховых изделий, существенно тормозит цифровую трансформацию меховой отрасли.

В этой связи изучение теоретических вопросов, касающихся физики цвета и блеска, очень важно для понимания оптических свойств пушно-мехового сырья, в частности цвета и блеска шкурок норки как одного из основных объектов пушного звероводства и сырья легкой промышленности.

Создание и использование специально разработанных для меховой отрасли высокотехнологичных приборов и технических средств, а также систем количественной оценки показателей, делает возможным поиск методических подходов к инструментальной оценке цвета и блеска пушно-мехового сырья и

полуфабриката, что позволит значительно улучшить как процесс сортировки и подбора шкурок, так и оценки качества готового изделия.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены в период 2018-2021 гг. на базе кафедры товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения имени С.А. Каспарьянца ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - МВА имени К.И. Скрябина»; в ООО "Русская меховая компания" (г. Москва, улица Дмитровка Б., 11); в автономной некоммерческой организации по исследованию, разработке и внедрению научно-технических приборов «ТЕРМОКОНТ» (г. Москва, Озёрная улица, дом 42).

Объектами исследования служили: 840 образцов невыделанных шкурок самцов норки клеточного разведения следующих цветовых типов: черная, темно-коричневая, коричневая (дикого типа), пастель, топаз, лавандовая, сканбраун (браун), жемчужная, белая, серебристо-голубая, алеутская, голубой ирис, сапфир, фиолет, по 60 шкурок каждого цветового типа.

Общая схема эксперимента представлена на рис. 2.1.

Первый этап исследований заключался в отборе шкурок норки для формирования базы данных и последующих экспериментов на ООО «Русская меховая компания» путем органолептической сортировки согласно ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия» [3] с учетом окраски волосяного покрова и блеска шкурок.

На втором этапе работы была проведена инструментальная оценка общего цветового тона волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов по координатам цвета в цветовом пространстве CIE Lab.

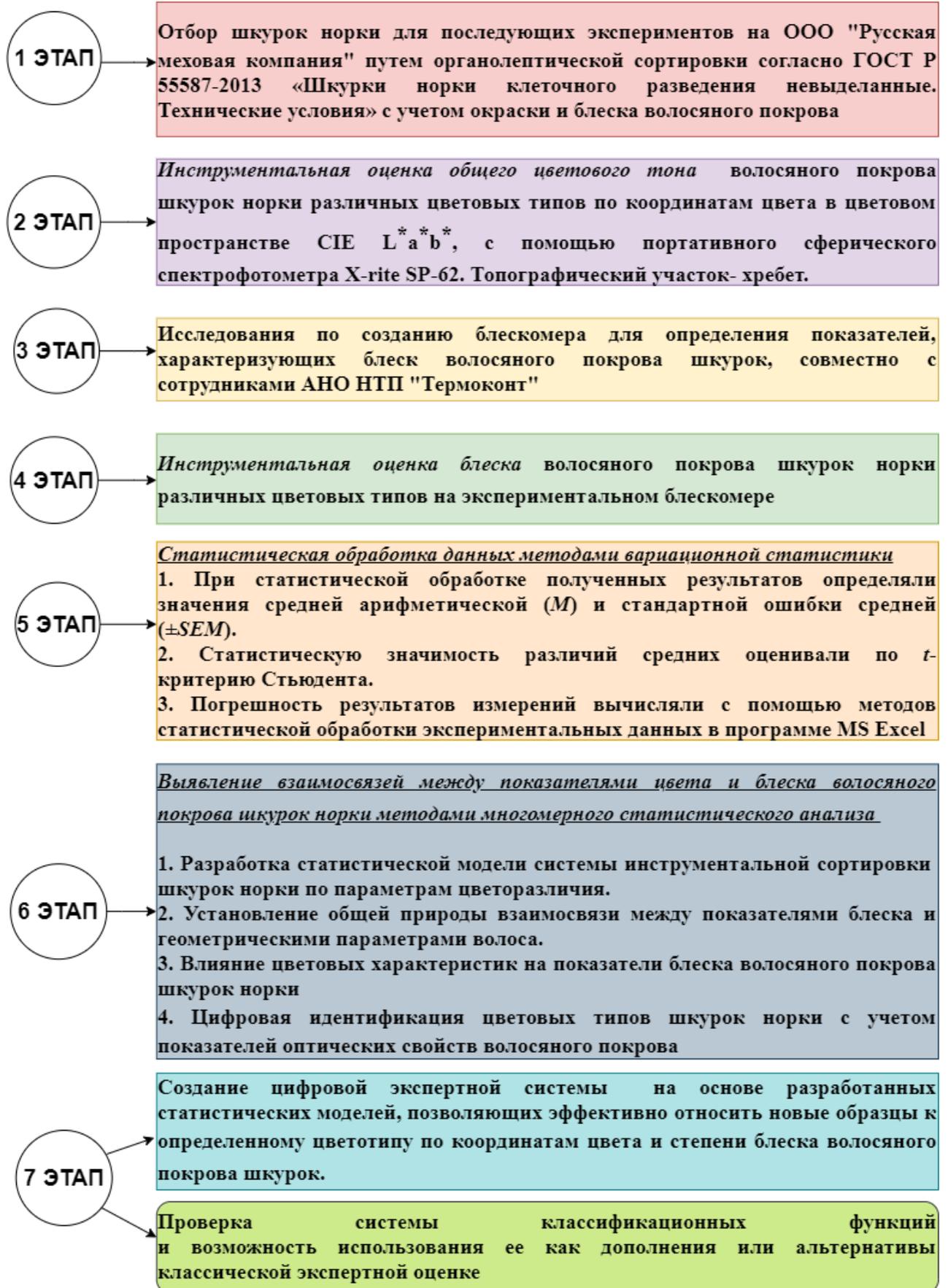


Рисунок 2.1 – Общая схема эксперимента

Количественную оценку цветовых характеристик волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов проводили на портативном сферическом спектрофотометре X-Rite SP62 (рис. 1.16, 2.2) [102]. Алгоритм определения включал следующие этапы:

- сканирование общего тона окраски волосяного покрова на топографическом участке хребет;
- получение данных о цветовых координатах волосяного покрова шкурки в цветовом пространстве CIE Lab;
- сравнение данных, характеризующих параметры общего цветового тона опытных образцов.

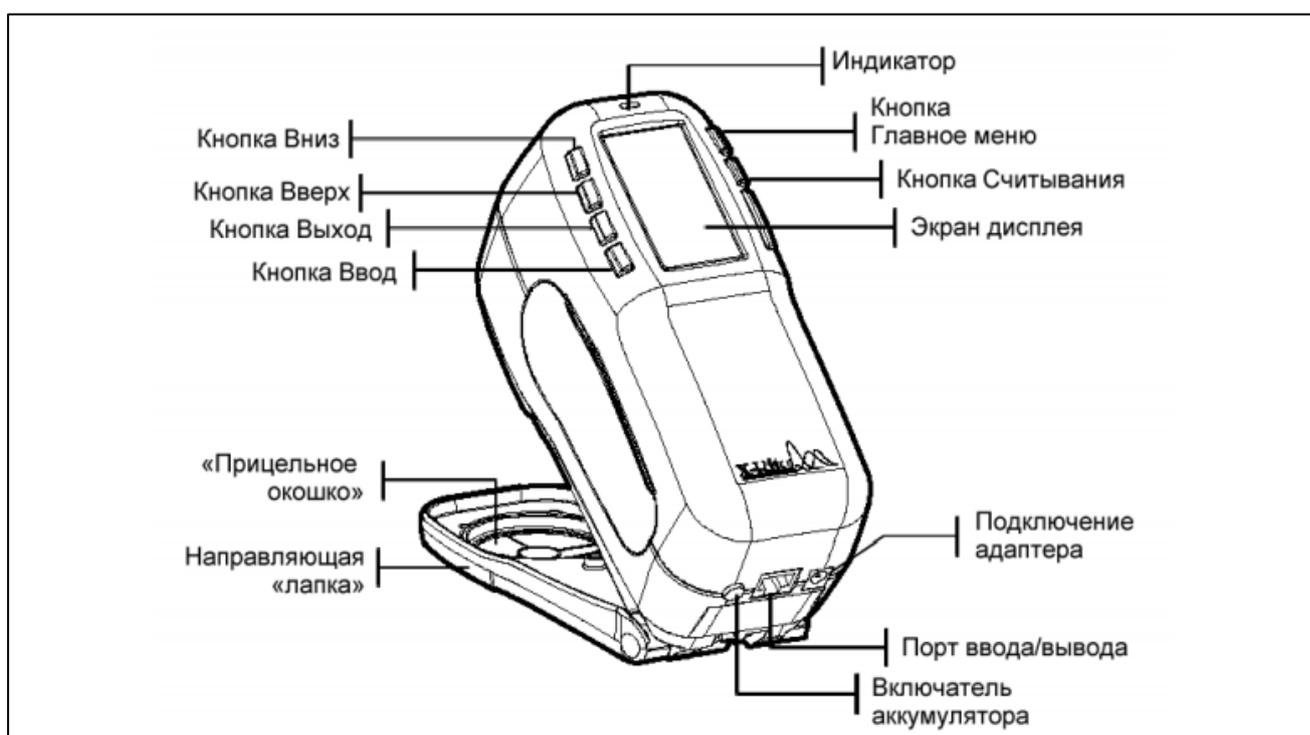


Рисунок 2.2 - Схема портативного сферического спектрофотометра X-Rite SP62

Проведение эксперимента. Измерения проводили следующим образом: после включения прибора перед началом работы проводили калибровку (считывание прибором белого и черного эталонов) с помощью специального калибровочного стенда. Для этого прибор устанавливали на стенд и на дисплее прибора выбирали пункт «Calibrate». Шкурку встряхивали, добиваясь максимально

возможного вертикального расположения волоса. На приборе выбирали пункт «Начало нового проекта», чтобы все последующие измерения были сохранены в отдельную выборку. После этого прибор помещали на волосяной покров строго вертикально, чтобы в отверстие прибора попали волосы ости и подпуши. Для точности повторяющихся измерений подошва лапки должна плотно прилегать к поверхности измеряемого образца. Сканирование происходит автоматически. Каждую шкурку встряхивали, чтобы расправить волосяной покров, и укладывали на стол. Измерения проводили на 10 точках хребтовой части шкурки в 3-х повторностях, результат усредняли [53, 55, 102].

По полученным данным цветовых характеристик проводили оценку окраски шкурки путем анализа значений.

Третий этап исследований заключался в разработке экспериментального блескомера, позволяющего количественно оценивать блеск волосяного покрова пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей, и исключая зависимость отраженного поверхностью меха светового потока от ориентации плоскости источника и приемника относительно направления роста волос и от степени светлоты поверхности меха, совместно с автономной некоммерческой организацией по исследованию, разработке и внедрению научно-технических приборов «ТЕРМОКОНТ» (директор, доктор технических наук Фрунзе Александр Вилленович).

На четвертом этапе исследований проводили инструментальную оценку блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов на экспериментальном блескомере.

Проведение эксперимента.

Схема предлагаемого устройства для измерения блеска волосяного покрова меха приведена на рис.2.3.

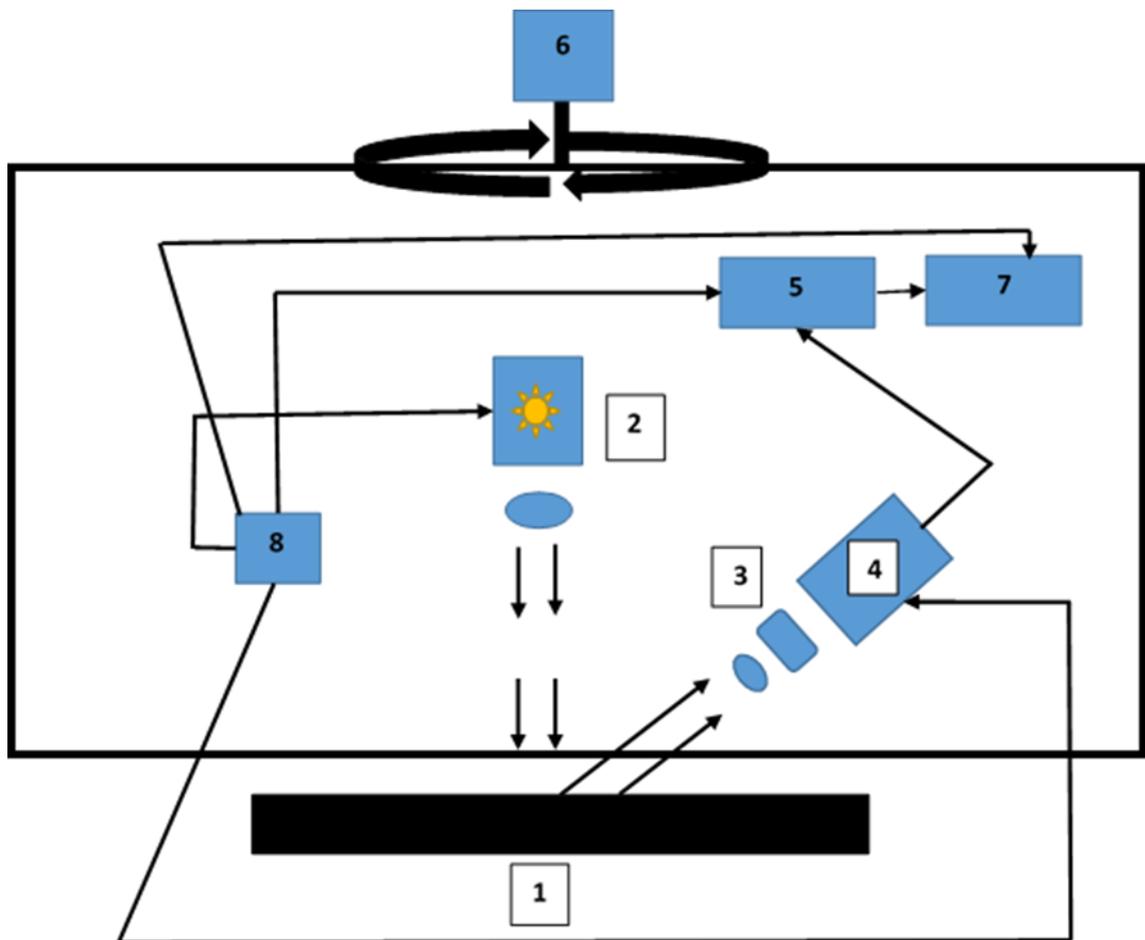


Рисунок 2.3 - Схема устройства для измерения блеска волосяного покрова меха [7]

Измеряемое меховое изделие **1** освещают источником света **2**. Отраженный от поверхности изделия **1** световой поток попадает на приемник излучения **3**, расположенный под фиксированным углом к поверхности изделия **1**. Усилитель-преобразователь **4** выходной сигнал с приемника **3** усиливает и преобразует к виду, требуемому для функционирования вычислителя **5**. Сигнал с выхода усилителя-преобразователя **4** подают на вычислитель **5**.

При помощи устройства вращения **6** плоскость, в которой расположены осветитель **2** и приемник излучения **3**, вращается вокруг перпендикуляра к поверхности изделия **1**, проходящего через центр светового пятна, проецируемого на него осветителем **2**. Вращение осуществляется в пределах полного угла вращения 360° , при этом измерение отраженного от изделия сигнала

осуществляется с заданным шагом, например, через 5°. Результаты всех измерений сохраняются до момента обработки [7].

После завершения всех измерений в пределах угла 360°, вычислитель осуществляет обработку сохраненных результатов измерений - находит максимальное из них и минимальное, затем делит первое на второе, и отображает полученный результат на индикаторе 7. Этот результат принимается за блеск поверхности меха 1, что и составляет суть описываемого способа измерения блеска меха.

Питание всего устройства осуществляют от блока питания 8.

В качестве источника 1 может быть применен коллимированный источник белого света, в качестве приемника 3 - кремниевый фотодиод с установленным перед ним короткофокусной собирающей линзой, в качестве усилителя-преобразователя - стандартный преобразователь тока в напряжение с аналого-цифровым преобразователем на выходе, блок 5 может быть выполнен на микроконтроллере или микропроцессоре. Устройство вращения 6 можно выполнить на шаговом двигателе со своей схемой управления. Индикатор 7 выбирают таким, чтобы он был в состоянии отобразить требуемую информацию. Блок питания 8 - типовой для подобных изделий [7].

На пятом этапе проводили статистическую обработку полученных результатов.

С помощью *методов вариационной статистической обработки* экспериментальных данных в программе MS Excel 2010 определяли значения показателей цвета и блеска. Рассчитывали значения средней арифметической (\bar{x}) и стандартной ошибки средней ($\pm SEM$), статистическую значимость различий средних оценивали по t-критерию Стьюдента [4, 23, 57].

С помощью программы STATISTICA 10 осуществляли выявление взаимосвязей между показателями цвета и блеска с использованием *кластерного, корреляционно-регрессионного и дискриминантного анализа* [81, 104, 111, 112, 115].

При иерархической агломеративной классификации использовали два правила объединения: для объединения кластеров был выбран метод полной связи, а в качестве меры сходства объектов - евклидово расстояние; определение числа кластеров проводили по коэффициенту слияния методом Уорда [104].

Для оценки качества классификации и вывода классификационных функций, на основе которых принимается решение о принадлежности объектов к классам, использовали *дискриминантный метод*.

Дискриминантный анализ - изучение различия между классами по отношению к множеству переменных одновременно в координатах дискриминантных функций и расчет классификационных функций, позволяющих определить принадлежность продукции к одному из классов [111].

Проверку значимости статистических гипотез проводили по критериям: F-статистика, статистика Лямбда-Уилкса, апостериорных вероятностей, матрицы классификаций, системы классификационных функций.

Статистика Лямбда-Уилкса - это критерий, используемый при проведении исследований и показывающий, различаются ли между собой средние значения дискриминантной функции в исследуемых группах образцов. Вычисляется как отношение детерминанта матрицы внутригрупповых дисперсий к детерминанту общей ковариационной матрицы. Чем больше значение лямбда, тем более желательное присутствие этой переменной в процедуре дискриминации [112].

Критерий Фишера (F-статистика) - апостериорный статистический критерий, используемый для сравнения дисперсий нескольких вариационных рядов, то есть для определения значимых различий между групповыми средними переменными в дисперсионном анализе.

Матрица классификации - используется для оценки качества процедуры классификации, в которой суммируется информация о количестве и проценте корректно классифицированных наблюдений в каждой группе [115].

Были рассчитаны значения констант классификационных функций и их коэффициентов, соответствующие каноническим корням, что позволило составить уравнения функций классификации для шкурок норки различных цветотипов.

Для нахождения причинно-следственных связей между данными параметрами, вначале необходимо было получить общее представление о силе этих связей, то есть понимать, какие из показателей, количественно характеризующих цвет, влияют на показатели блеска сильнее, а какие слабее. Для этих целей был использован *корреляционно-регрессионный анализ*, так как корреляция позволяет установить линейные отношения между двумя переменными, а регрессия дает возможность спрогнозировать оптимальный результат оценки влияния одной показателя на другой [104]. Данные зависимости представлены в виде матричных графиков и диаграмм рассеяния.

Помимо определения показателей, характеризующих цвет и блеск шкурок норки в работе, были использованы методы определения длины остевого волоса и высоты пухового яруса волосяного покрова.

Измерение длины волос. Длина волосяного покрова бывает естественной (без выпрямления волоса) и истинной (с выпрямлением волоса). Длину волос определяют штангенциркулем с абсолютной погрешностью до 0,02 мм. В случае, если нет возможности измерить длину волоса штангенциркулем, длину измеряют при помощи миллиметровой бумаги. При двух измерениях длины волоса используют стеклянную пластинку, смазанную глицерином и накладывают на неё волос при помощи пинцета.

В нашем случае, извитость волоса не была установлена, поэтому приводили результаты измерений естественной длины остевого волоса, а она же является истинной. Естественную длину волоса измеряли линейкой с миллиметровым масштабом, в миллиметрах [3, 13].

Измерение высоты волосяного покрова и пухового яруса. Высота волосяного покрова определяется длиной их стержней. Бывает естественная высота волосяного покрова, которая зависит от длины нерасправленного (извитого или изогнутого) волоса, и которая зависит от истинной длины выпрямленного волоса [14].

Измеряли естественную высоту волосяного покрова и пухового яруса при помощи штангенциркуля, в миллиметрах.

Заключение по второй главе

Объектами исследования служили: 840 образцов невыделанных шкурок самцов норки клеточного разведения следующих цветовых типов: черная, темно-коричневая, коричневая (дикого типа), пастель, топаз, лавандовая, сканбраун (браун), жемчужная, белая, серебристо-голубая, алеутская, голубой ирис, сапфир, фиолет, по 60 шкурок каждого цветового типа.

В работе использованы методы:

- классической сортировки шкурок по ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия» с учетом окраски волосяного покрова и блеска шкурок;
- инструментальной оценки общего цветового тона волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов по координатам цвета в цветовом пространстве CIE Lab на портативном сферическом спектрофотометре X-Rite SP62;
- инструментальной оценки блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов на экспериментальном блескомере, разработанном нами совместно с автономной некоммерческой организацией по исследованию, разработке и внедрению научно-технических приборов «ТЕРМОКОНТ»;
- помимо определения показателей, характеризующих цвет и блеск шкурок норки в работе, были использованы методы определения длины остевого волоса и высоты пухового яруса волосяного покрова;
- статистической обработки экспериментальных данных методами вариационной статистики в программе MS Excel 2010;
- выявление взаимосвязей между показателями цвета и блеска осуществляли с использованием кластерного, корреляционно-регрессионного и дискриминантного анализа по программам STATISTICA 10.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ШКУРОК НОРКИ

На первом этапе исследований на ООО «Русская меховая компания» был проведен отбор шкурок норки для формирования базы данных и последующих экспериментов путем органолептической сортировки по окраске волосяного покрова согласно ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия» [3].

Параллельно с этим была изучена возможность количественной оценки основных цветовых характеристик волосяного покрова шкурок норки в цветовом пространстве CIE Lab, которое позволяет однозначно определить цвет.

При оценке меха норки как швейного материала требуется найти приемлемость (допуск) цветового различия при подборе шкурок на изделия.

При подборе шкурок на изделие очень важно, чтобы разница в цвете шкурок была неразличима для человеческого глаза. Однако, при визуальном ранжировании цвета шкурок в процессе сортировки зачастую бывает трудно добиться такого результата.

В ходе поисковых исследований была проведена визуальная сортировка шкурок норки цветовых типов лаванда (бежевая группа) и сапфир (голубая группа) по основному цветовому тону и проведена инструментальная оценка цветовых параметров волосяного покрова тех же шкурок с помощью портативного сферического спектрофотометра X-Rite SP62 (рис. 1.16, 2.2) (табл.3.1) [31, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 41].

Таблица 3.1 - Визуальная и инструментальная оценка основного тона на хребтовой части волосяного покрова шкурок норки цветовых типов лаванда и сапфир

Основной цвет и цветовой тон волосяного покрова шкурок норки лаванда и сапфир при визуальной сортировке	Числовые значения показателей цвета волосяного покрова на хребтовой части шкурки норки ($\bar{x} \pm SEM$)		
	L*	a*	b*

Основной цвет	Цветовой тон			
Лаванда				
Светло-коричневый с бледно-лиловым оттенком	Темный (n=16)	36,36±0,14	2,45±0,04	1,18±0,15
	Средний (n=18)	39,77±0,21	2,96±0,05	1,56±0,14
	Светлый (n=16)	43,24±0,14	3,33±0,06	1,99±0,18
Сапфир				
Голубой разной интенсивности	Темный (n=16)	38,45± 0,42	0,49± 0,02	1,50± 0,05
	Средний (n=18)	41,99± 0,47	0,66± 0,02	1,66± 0,06
	Светлый (n=16)	46,90± 0,60	0,80± 0,03	1,89± 0,06

Визуальная оценка цвета волосяного покрова шкурок норки при сортировке позволила разделить их по интенсивности цветового тона на три группы (темные, средние и светлые) и количественно определить числовые значения, характеризующие эти группы.

Далее с помощью формулы цветоразличия (1) были определены пороги цветовых расстояний между образцами шкурок изученных цветовых типов лаванда и сапфир, имеющих различные интенсивности цветового тона (табл.3.2).

Таблица 3.2 - Значения цветовых порогов

Цветовая разница ΔE		
Темный тон ↔ средний тон	Средний тон ↔ светлый тон	Светлый тон ↔ темный тон
Лаванда		
2,19	2,31	4,49
Сапфир		
1,74	2,38	4,1

Пороги цветоразличия между светлым и темным цветовым тоном шкурок норки подтверждают наличие существенной разницы, которая видна даже

невооруженным глазом. Пороги цветоразличия между темным и средним, а также средним и светлым тонами, свидетельствуют о том, что разница есть, но она небольшая [31, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 159].

Согласно данным литературы, при подборе шкурок норки на изделие очень важно, чтобы порог цветоразличия между шкурками был $\Delta E \leq 2,3$. Поэтому дополнительно было проведено количественное ранжирование каждого из визуально проанализированных цветовых тонов (темный, средний, светлый) с учетом их цветовых порогов (табл. 3.3).

Таблица 3.3 - Цветовые параметры хребтовой части волосяного покрова шкурок норки цветовых типов лаванда и сапфир при ранжировании интенсивности цветовых тонов в системе CIE Lab

n=6

№ подгруппы	Основной тон хребтовой части полуфабриката норки ($\bar{x} \pm SEM$)					
	L*		a*		b*	
	Лаванда	Сапфир	Лаванда	Сапфир	Лаванда	Сапфир
Темный тон						
1	36,13±0,13	37,43±0,13	2,34±0,08	0,48±0,02	1,19±0,07	1,50±0,07
2	36,36±0,06	38,45±0,06	2,35±0,07	0,49±0,07	1,18±0,03	1,55±0,08
3	36,74±0,06	38,74±0,06	2,28±0,06	0,51±0,06	1,23±0,02	1,59±0,05
Средний тон						
4	39,03±0,15	41,02±0,15	2,89±0,04	0,63±0,04	1,6±0,07	1,6±0,07
5	39,77±0,15	41,99±0,15	2,96±0,09	0,66±0,09	1,56±0,02	1,66±0,06
6	39,99±0,17	42,03±0,17	2,99±0,09	0,68±0,09	1,76±0,02	1,68±0,01
Светлый тон						
7	43,06±0,06	46,06±0,06	3,20±0,08	0,79±0,08	1,89±0,04	1,73±0,09
8	43,24±0,08	46,90±0,08	3,33±0,15	0,80±0,01	1,99±0,03	1,89±0,07
9	43,85±0,09	47,01±0,09	3,45±0,09	0,83±0,09	2,14±0,03	1,92±0,05

Инструментальная сортировка внутри каждого цветового тона позволила выделить шкурки норки, практически не отличающиеся друг от друга по цветовосприятию, что очень важно при подборе шкурок на изделие.

В таблице 3.4 представлены результаты определения порогов цветоразличия в каждой подгруппе по степени интенсивности цветового тона (темный, средний, светлый).

Таблица 3.4 - Сравнение значений цветовых порогов в подгруппах

Значения цветовых порогов, ΔE									
Цветовой тип	Темный тон			Средний тон			Светлый тон		
	1↔2	2↔3	3↔1	4↔5	5↔6	6↔4	7↔8	8↔9	9↔7
Лаванда	0,76	0,55	1,31	0,85	1,29	2,11	0,60	0,70	1,30
Сапфир	0,24	0,2	0,75	0,76	0,69	0,74	0,17	0,2	0,3

Согласно полученным данным, если подбирать шкурки норки на изделие по показателю ΔE , то тогда можно объединять шкурки цветовых тонов: для *Лаванды* - 1 и 2, 2 и 3, 4 и 5, 7 и 8, 8 и 9; для *Сапфира* - 1 и 2, 2 и 3, 5 и 6, 7 и 8, 8 и 9. Цветовая разница небольшая и поэтому шкурки норки из этих групп можно однозначно использовать для пошива изделий [31, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 41].

Полученные результаты подтвердили преимущество инструментального метода определения показателей, характеризующих цвет, по сравнению с визуальными методами, что позволило перейти к классификации шкурок норки по цветовым параметрам. Результаты количественной градации шкурок норки на цветовые типы, а также цветовые тона внутри каждого типа, представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5 - Средние, минимальные и максимальные значения цветовых характеристик волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов

$n_1=60$; $n=840$

Цветовой тип	Цветовые координаты								
	L^*			a^*			b^*		
	L^*_{min}	L^*_{cp}	L^*_{max}	a^*_{min}	a^*_{cp}	a^*_{max}	b^*_{min}	b^*_{cp}	b^*_{max}

Черная	13,13	16,27±0,15	18,03	0,29	0,70±0,03	1,19	0,17	0,56±0,03	0,96
Темно-коричневая	17,13	18,10±0,12	18,97	0,87	1,74±0,07	2,31	0,08	0,58±0,07	1,19
Сканбраун (браун)	18,99	21,43±0,19	24,69	2,29	2,62±0,02	2,96	3,12	3,59±0,03	3,99
Коричневая (дикого типа)	20,55	23,53±0,36	26,89	3,48	3,99±0,08	4,66	2,77	4,56±0,19	6,05
Пастель	24,31	28,82±0,54	44,80	3,09	3,74±0,04	4,35	4,58	5,30±0,06	6,75
Топаз	54,15	57,32±0,24	58,74	5,13	5,46±0,06	5,97	12,08	13,40±0,21	14,95
Лавандовая	36,36	39,77±0,30	43,24	2,45	2,96±0,03	3,33	1,18	1,56±0,04	1,99
Жемчужная	70,23	71,88±0,15	74,69	0,26	0,60±0,02	0,95	2,37	2,64±0,02	2,97
Серебристо-голубая	49,78	52,18±0,21	56,77	4,86	5,50±0,04	5,98	5,67	6,62±0,04	7,16
Алеутская	39,44	42,79±0,2	46,03	1,22	1,37±0,01	1,49	0,47	0,86±0,02	1,22
Голубой ирис	54,74	66,09±0,51	71,64	2,15	2,63±0,04	3,28	8,39	9,53±0,03	9,98
Сапфир	38,45	41,99±0,27	46,90	0,49	0,66±0,01	0,80	1,50	1,66±0,01	1,89
Виолет	48,26	55,51±0,35	59,64	0,46	0,62±0,01	0,85	2,34	3,0±0,05	3,82
Белая	80,90	87,87±0,52	91,60	0,03	0,54±0,06	0,84	9,05	9,58±0,07	10,26

Из представленного материала следует, что количественные границы каждого цветового типа по значениям цветовых координат L^* , a^* , b^* достоверно отличаются друг от друга (уровень значимости $p \leq 0,05$). В качестве примера можно привести данные по цветовым типам серебристо-голубой и виолет для светлоты L ($t_{\text{набл}}=6,67 \geq t_{\text{кр}}=1,98$ при $p < 0,05$), а также цветовых координат a и b ($t_{\text{набл}}=1,74 \leq t_{\text{кр}}=1,98$ при $p < 0,05$ и $t_{\text{набл}}=2,52 \geq t_{\text{кр}}=1,98$ при $p < 0,05$, соответственно) [41, 99].

Таким образом, использованный методологический подход в определении цветовых параметров шкурок норки позволил не только уйти от субъективности в оценке цвета, но и соотнести цифровые характеристики с визуальными градациями (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Соответствие визуальной шкалы тонов волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов и цифровых интервалов координат цвета в системе CIELAB

Цветовой тип	Визуальная шкала тонов								
	Темный			Средний			Светлый		
	Цифровые интервалы								
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Черная	13,13	0,29	0,17	16,27	0,70	0,56	18,03	1,19	0,96
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16,26	0,69	0,55	18,02	1,18	0,95	21,16	1,67	1,35
Темно-коричневая	17,13	0,87	0,08	18,10	1,74	0,58	18,97	2,31	1,19
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18,09	1,73	0,57	18,96	2,30	1,18	19,85	3,12	1,82
Сканбраун (браун)	18,99	2,29	3,12	21,43	2,62	3,59	24,69	2,96	3,99
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21,42	2,61	3,58	24,68	2,95	3,98	28,03	3,42	4,38
Коричневая (дикого типа)	20,55	3,48	2,77	23,53	3,99	4,56	26,89	4,66	6,05
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23,52	3,98	4,55	26,88	4,65	6,04	29,32	5,29	7,75
Пастель	24,31	3,09	4,58	28,82	3,74	5,30	44,80	4,35	6,75
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	28,81	3,73	5,29	44,79	4,34	6,74	55,12	4,96	8,18
Топаз	54,15	5,13	12,08	57,32	5,46	13,40	58,74	5,97	14,95
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	57,31	5,45	13,39	58,73	5,96	14,94	59,87	6,45	15,81
Лавандовая	36,36	2,45	1,18	39,79	2,96	1,56	43,24	3,33	1,99
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	39,78	2,95	1,55	43,23	3,32	1,98	47,36	3,79	2,38
Жемчужная	70,23	0,26	2,37	71,88	0,60	2,64	74,69	0,95	2,97
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	71,87	0,59	2,63	74,68	0,94	2,96	77,93	1,27	3,25
Серебристо-голубая	49,78	4,86	5,67	52,18	5,50	6,62	56,77	5,98	7,16
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	52,17	5,49	6,61	56,76	5,97	7,15	59,75	9,42	8,24
Алеутская	39,44	1,22	0,47	42,79	1,37	0,86	46,03	1,49	1,22
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	42,78	1,36	0,85	46,02	1,48	1,21	49,31	1,63	1,58
Голубой ирис	54,74	2,15	8,39	66,09	2,63	9,53	71,64	3,28	9,98
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	66,08	2,62	9,52	71,63	3,27	9,97	76,25	3,86	10,63
Сапфир	38,45	0,49	1,50	41,99	0,66	1,66	46,90	0,80	1,89
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	41,98	0,65	1,65	46,89	0,79	1,88	51,19	0,99	2,04
Виолет	48,26	0,46	2,34	55,51	0,62	3,0	59,64	0,85	3,82
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	55,50	0,61	2,99	59,63	0,84	3,81	63,56	1,01	4,65
Белая	80,90	0,03	9,05	87,87	0,54	9,58	91,60	0,84	10,26
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	87,86	0,53	9,57	91,59	0,83	10,25	95,63	1,02	10,84

Заключение по третьей главе

Обобщая представленные данные, следует отметить, что инструментальное определение цветовых параметров волосяного покрова шкурок норки позволило уйти от субъективности в оценке цвета.

При стандартной (визуальной) сортировке партию шкурок норки определенного цветового типа можно разделить лишь по интенсивности цветового тона на три группы - темные, средние и светлые.

Количественная оценка основных цветовых характеристик волосяного покрова шкурок норки в цветовом пространстве CIE Lab позволяет однозначно определить цвет каждой шкурки. Таким образом, при инструментальной сортировке появляется возможность внутри каждой группы четко выделить шкурки, практически не отличающиеся друг от друга по цветовосприятию, что очень важно при подборе шкурок на изделие.

ГЛАВА 4 УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БЛЕСКА ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ПУШНО-МЕХОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Информация об оптических свойствах меха была бы не полной, если говорить только о показателях цвета, не упоминая при этом показатели, характеризующие блеск меха [24].

Блеск волосяного покрова шкурки является недостаточно изученным оптическим свойством, которое при сортировке до сих пор оценивают органолептически ввиду отсутствия методов его количественной оценки [30].

Блеск - это способность материала отражать свет в определенном направлении, причем отражение может быть зеркальным и диффузным. Блеск зависит от фактуры материала. Так, например, если говорить о мехе, то блеск зависит от того, насколько параллельно расположены остевые и направляющие волосы меха, от соотношения длины остевых волос и высоты пухового яруса, от строения чешуйчатого слоя волоса [33].

На сегодняшний день для контроля качества и оценки светоотражения различных поверхностей, в основном, в отраслях, связанных с производством металлоизделий, лакокрасочной продукции, пластмасс, бумаги, стекла, горных пород, тканей, древесины, ювелирных изделий, разработаны соответствующие приборы (блескомеры) и эталоны [28]. При должной доработке их применение могло бы стать возможным и на пушно-меховом производстве. Для этого крайне важна разработка методических подходов к инструментальной оценке блеска пушно-мехового сырья и полуфабриката. В настоящее время при оценке качества меховых товаров практически не используют методы количественной оценки блеска, несмотря на то, что это свойство очень важно для формирования эстетического восприятия изделия. [75, 76, 77, 78, 79, 80]. Возникшая ситуация связана с отсутствием методологической и инструментальной базы для проведения такого рода измерений [92]. Внедрение количественной оценки блеска позволило бы не только улучшить процесс сортировки и подбора шкурок на готовое изделие, но также и контролировать их качество по данному показателю на всех этапах производства [7].

Для определения блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов был разработан экспериментальный прибор - блескомер.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано в меховой промышленности и в смежных с ней областях, а также в звероводстве при проведении племенного подбора пар пушных зверей для разведения с целью улучшения качества будущей шкурковой продукции.

Известны устройства для измерения блеска покрытий - фотоэлектрические блескомеры [17, 18, 19, 28], при этом оптимальным условием получения максимально точных результатов оценки степени блеска являются однородность и равномерность текстуры измеряемой поверхности, а также определенная геометрия измерений [92].

Известны устройство и способ, предназначенное для определения блеска шерсти у лошадей [5]. Устройство содержит монохроматический или интегральный осветитель и приемник излучения - фотодиод, с помощью которого регистрируют отраженные шерстью лошади световые сигналы на заданных длинах волн 0,45 мкм, 0,55 мкм и 0,65 мкм. На шерсть направляют осветитель и измеряют отраженные от нее сигналы на вышеперечисленных длинах волн. Далее результаты обрабатывают для определения уровня в отраженном сигнале составляющей серебристого и/или золотистого цвета, который является одним из признаков ахалтекинской, донской и буденовской пород лошадей [7].

К недостаткам данного устройства и способа можно отнести следующее. В рассмотренном патенте под термином «блеск шерсти» подразумевается содержание в ней золотистых или серебристых ворсинок, и чем их больше, тем более блестящей считается шерсть лошади. Такое определение блеска расходится с устоявшимся в промышленности и в сельском хозяйстве пониманием, какая поверхность блестящая, а какая - нет. Блеск - это характеристика поверхности, несущая информацию о том, как эта поверхность отражает освещающий ее свет от источника конечных размеров. Блеск в технике никак не привязан к цвету/оттенку поверхности. Блеск поверхности - это ее зеркальность, вне зависимости от ее цвета.

Однако, предложенное авторами устройство фактически измеряет не блеск (зеркальность), а цветовую координату поверхности. Поэтому оно не может быть применимо при измерении коэффициента блеска, который соответствует терминологии, установившейся в блескометрии, и определяется степенью зеркального отражения света, падающего на поверхность. Блеск по ГОСТ 31975 - 2017 [2] измеряется в единицах блеска (GU), чем больше единиц блеска у данной поверхности, тем ближе она к зеркальной. И наоборот, чем меньше, тем ближе она к матовой [7].

Что касается золотого или серебряного оттенка волосяного покрова шкуры лошадей, то здесь, по-видимому, имела место некоторая терминологическая путаница, которая за многие годы устоялась и стала привычной для специалистов данной области. И этот «блеск», а по сути - цвет, близкий к цвету драгоценного металла, постепенно стал характеристикой породы. Пытаться изменить эти устоявшиеся понятия бессмысленно, но использовать их в других областях науки и техники нецелесообразно. Цвет - это спектральное распределение отражаемого объектом света, а блеск - степень зеркальности этого отражения. Разные по цвету поверхности вполне могут обладать одним и тем же блеском. Полированная лаковая поверхность мебельной плиты, или глянцевая поверхность керамической плитки безусловно считаются блестящими, несмотря на возможное полное отсутствие в них золотистых и серебристых цветов [7].

Также известны устройство и способ, которые относятся к оптическим методам контроля качественных параметров волосяного покрова натурального меха [6]. Способ оценки степени блеска волосяного покрова шкурок заключается в измерении показателя инструментальным методом, который состоит в освещении испытуемого объекта источником света, расположенным под углом 45° к исследуемой поверхности и регистрации с помощью фотодатчика коэффициента зеркального отражения.

К недостаткам данного устройства и способа можно отнести то, что оценку степени блеска проводят на препарате, полученном срезанием волос с исследуемого участка шкурки и размещением с сохранением их ориентации друг

относительно друга ровным слоем между зеркальной поверхностью и прозрачным стеклом.

Известно устройство Блескомер БФ5М [19], которое может быть рассмотрено в качестве прототипа, предназначенное для измерения коэффициента блеска (зеркальности) неметаллических поверхностей, таких как стекло, керамика, лакокрасочные покрытия, метлахская плитка и т. п. Устройство содержит источник света, приемник излучения, лежащие в одной плоскости под фиксированным углом друг к другу, устройство усиления-преобразования и индикатор. Источник освещает измеряемую поверхность, отраженный от нее свет попадает на приемник, выход которого соединен со входом усилителя-преобразователя, а выход усилителя-преобразователя - со входом индикатора. Измеряемая поверхность освещается источником под заданным углом, спектральная характеристика источника тоже задана. Отраженный от поверхности свет регистрируется приемником под тем же углом. Объекты с высокой степенью зеркальности характеризуются при этом большим значением сигнала, поступающего на приемник, и как следствие, большим значением коэффициента блеска [7].

К недостаткам подобного устройства можно отнести тот факт, что если измеряемая поверхность в той или иной степени оптически прозрачна, то результат измерения будет зависеть от цвета подложки под этим прозрачным покрытием. Подложка светлого цвета даст более сильный сигнал на приемнике, чем темная, даже при идентичных характеристиках расположенных над подложками прозрачных покрытий. При измерении блеска пушно-меховых материалов это проявляется в том, что при равном блеске у более светлого образца меха (заяц, белка и т. д.) отраженный измеряемой поверхностью сигнал значительно выше, чем у темных (бобр, норка и т. д.), и даже может превышать зеркальную составляющую последних. Поэтому при измерении блеска меха необходимо дополнительно учитывать светлоту поверхности измеряемого образца.

Другой недостаток данного устройства заключается в том, что оно предназначено для работы только с плоскими поверхностями, у которых блеск одинаков в любом направлении вдоль поверхности. В то же время, при измерении

подобным устройством пушно-меховых материалов роль зеркальной поверхности исполняет кутикула волокна шерсти или волоса, представляющая собой верхний слой анализируемого образца. Поскольку волокна ориентированы не хаотично, а в определенном направлении, свет, отраженный кутикулой волокна шерсти или волоса, сильно зависит от угла между направлением роста волос и плоскостью, в которой лежат источник света и приемник излучения [7].

Нижние слои волосяного покрова не вносят вклад в зеркальную составляющую отраженного света вследствие многочисленных внутренних переотражений, поэтому они формируют только диффузную составляющую отраженного света.

Нами было разработано устройство, позволяющее количественно оценивать блеск пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей и исключить зависимость отраженного поверхностью меха светового потока от ориентации плоскости источника и приемника относительно направления роста волос и от степени светлоты поверхности меха [7]. Схема устройства представлена на рис.2.3.

При измерении блеска пушно-мехового сырья или полуфабриката, расположенные в одной плоскости под заданным углом источник света, приемник излучения, усилитель-преобразователь, измеритель сигнала и индикатор, световой поток от источника отражается от измеряемого образца и попадает на приемник, плоскости источника и приемника перпендикулярны плоскости образца, выход приемника соединен со входом усилителя-преобразователя, выход которого соединен со входом измерителя, а вход индикатора соединен с выходом измерителя, а блеск определяется величиной сигнала на входе измерителя, *дополнительно введены* вычислитель и устройство, обеспечивающее вращение плоскости источника и приемника по кругу вокруг перпендикуляра к плоскости образца, проходящего через центр падающего на него светового потока от источника, при этом измерения сигнала с выхода усилителя-преобразователя осуществляются во всех возможных положениях плоскости осветителя и приемника с заданным шагом, а вычислитель, помещенный между выходом

измерителя и входом индикатора, находит максимальный и минимальный результаты измерений, делит их друг на друга и отображает на индикаторе частное, которое и принимается за блеск образца [7].

Задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, заключаются в реализации изделия, отвечающего современным требованиям по точности определения, однозначности результата, воспроизводимости, эффективности, безопасности, долговечности, удобству транспортировки, монтажа и эксплуатации.

Предлагаемое устройство и способ измерения блеска волосяного покрова меха найдут широкое применение в меховой промышленности и в соответствующих отраслях животноводства [7].

Инструментальную оценку блеска проводили на шкурках норки, предварительно разделенных по цветовым параметрам на 14 групп (табл. 3.5).

С учетом того, что степень блеска определяют, как отношение длины остевых волос к высоте пухового яруса, было проведено ранжирование шкурок каждого цветового типа с учетом измерения этих показателей (табл. 4.1) [58, 114].

Таблица 4.1 - Длина остевых волос и высота пухового яруса на шкурках норки различных цветовых типов

n=840

Цветовой тип	Длина остевых волос, l, мм.			Высота пухового яруса, h, мм.
	l_{\min}	l_{cp}	l_{\max}	
Черная	17	21	25	14
Темно-коричневая	18	21	24	13
Сканбраун (браун)	15	18	21	12
Коричневая (дикого типа)	16	19,5	23	13
Пастель	17	20,5	24	13
Топаз	15	20	25	12
Лавандовая	16	20	24	13

Жемчужная	16	21,5	27	13
Серебристо-голубая	17	22	25	14
Алеутская	16	21	26	13
Голубой ирис	15	20	25	12
Сапфир	17	21	25	14
Виолет	16	20	24	12
Белая	16	21	26	13

Как видно из таблицы 4.1, высота пухового яруса h у всех цветовых типов шкурок норки примерно одинакова и варьирует в интервале 12 - 14 мм, разница статистически недостоверна (уровень значимости $p \leq 0,05$). При этом на шкурках каждого цветового типа было выявлено по 3 категории остевых волос, различающихся по длине l и превышающих высоту пухового яруса h на 0 - 3,0 мм, 3,1 - 6 мм и свыше 6,1 мм, соответственно. Полученные данные отвечают требованиям ГОСТ Р 55587-2013 [3] и могут служить основанием для органолептической сортировки шкурок по степени их блеска.

С учетом вышеизложенного, проанализированные шкурки каждого цветового типа по интенсивности блеска были разделены на 3 группы.

Для уточнения общего влияния таких количественных информативных признаков как показатели блеска на идентификацию цветового типа шкурок норки и подтверждения органолептических экспертных заключений, были сформированы базы данных по показателям степеней блеска тех же шкурок.

Результаты количественной характеристики блеска, полученные при апробации экспериментального блескомера меха, представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 - Средние, минимальные и максимальные значения степени блеска (ед. GU) волосяного покрова шкурок норки различных цветовых групп

$n=840$

Шкурки норки	Степень блеска, ед. GU (n=60)								
	1			2			3		
Цветовой тип	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}
Черная	28,60	33,48±0,77	39,80	49,70	54,89±0,97	67,00	69,80	75,61±0,99	77,30

Темно-коричневая	17,80	20,51±0,44	24,87	30,30	34,35±0,48	38,20	40,10	44,66±0,62	49,80
Сканбраун (браун)	30,60	35,08±0,72	40,10	50,40	55,04±0,63	60,30	63,10	68,11±0,69	73,10
Коричневая (дикого типа)	25,10	30,26±0,84	36,40	39,80	44,73±0,65	49,70	51,90	54,99±0,88	59,60
Пастель	18,10	21,01±0,52	27,40	30,20	36,71±1,06	44,80	55,20	64,41±0,88	70,30
Топаз	23,60	53,48±1,67	58,90	61,80	70,22±1,16	79,80	82,30	85,94±0,47	89,70
Лавандовая	31,20	36,17±0,66	39,70	48,60	55,60±0,81	61,30	69,30	75,01±0,71	79,80
Жемчужная	51,70	59,65±0,82	65,00	65,40	74,14±1,03	80,10	80,90	85,83±0,55	89,60
Серебристо-голубая	32,30	37,41±0,63	42,10	51,40	55,51±0,65	60,50	65,98	70,56±0,68	75,32
Алеутская	24,80	30,18±0,79	38,80	36,60	43,25±1	50,00	51,90	56,09±0,6	60,00
Голубой прис	11,20	15,91±0,68	20,90	22,10	26,16±0,64	30,00	32,00	36,42±0,62	40,50
Сапфир	40,80	44,94±0,52	48,10	52,10	56,64±0,53	59,80	60,30	67,3±0,74	72,30
Виолет	39,10	44,22±0,78	49,80	51,60	56,32±0,54	59,80	62,70	66,69±0,49	69,30
Белая	70,10	73,10±0,33	75,30	77,20	80,78±0,6	84,90	87,50	90,24±0,43	93,20

Проведенное исследование показало, что каждый цветовой тип имеет 3 диапазона единиц блеска GU - слабый, средний, сильный.

Полученные результаты позволили установить количественные границы показателей, характеризующие интенсивность степеней блеска, что совпадает с органолептической градацией - сильный, средний, слабый (табл.4.3) [3].

Следует отметить, что установленные количественные границы интенсивности трех категорий блеска для каждого цветового типа, достоверно отличаются друг от друга (уровень значимости $p \leq 0,05$). В качестве примера можно привести данные по цветовым типам черная и белая по степеням блеска ($t_{\text{набл}}=7,75 \geq t_{\text{кр}}= 2,14$ при $p < 0,05$), аналогично темно-коричневая и жемчужная ($t_{\text{набл}}=3,2 \geq t_{\text{кр}}= 2,14$ при $p < 0,05$) [33].

Таблица 4.3 - Соответствие шкалы визуальных диапазонов и цифровых интервалов степеней блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов

Цветовой тип	Визуальные диапазоны степеней блеска								
	Слабый			Средний			Сильный		
	Цифровые интервалы степеней блеска, GU								
	min	ср	max	min	ср	max	min	ср	max
Черная	28,60	33,48	39,80	49,70	54,89	67,00	69,80	75,61	77,30
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Темно-коричневая	33,47	39,79	49,69	54,88	66,99	69,79	75,60	77,29	79,35
	17,80	50,51	24,87	30,30	34,35	38,20	40,10	44,66	49,80
Сканбраун (браун)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20,50	24,86	30,29	34,34	38,19	40,09	44,65	49,79	55,63
Коричневая (дикого типа)	30,60	35,08	40,10	50,40	55,04	60,30	63,10	68,11	73,10
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пастель	35,07	40,09	50,39	55,03	60,29	63,09	68,10	73,09	78,26
	25,10	30,26	36,40	39,80	44,73	49,70	51,90	54,99	59,60
Топаз	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30,25	36,39	39,79	44,72	49,69	41,89	54,98	59,59	64,85
Лавандовая	18,10	21,01	27,40	30,20	36,71	44,80	55,20	64,41	70,30
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Жемчужная	21,00	27,39	30,19	36,70	44,79	55,19	64,40	70,29	76,32
	23,60	53,48	58,90	61,80	70,22	79,80	82,30	85,94	89,70
Серебристо-голубая	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	53,47	58,89	61,79	70,21	79,79	82,29	85,93	89,69	93,78
Алеутская	31,20	36,17	39,70	48,60	55,60	61,30	69,30	75,01	79,80
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Голубой ирис	36,16	39,69	48,59	55,59	61,29	69,29	75,00	79,79	83,45
	51,70	59,65	65,00	65,40	74,14	80,10	80,90	85,83	89,60
Сапфир	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	59,64	64,99	65,39	74,13	80,09	80,89	85,82	89,59	93,56
Виолет	32,30	37,41	42,10	51,40	55,51	60,50	65,98	70,56	75,32
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Белая	37,40	42,09	51,39	55,50	60,49	65,97	70,55	75,31	80,23
	24,80	30,18	38,80	40,25	43,25	50,00	51,90	56,09	60,00
Черная	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30,17	38,79	40,24	43,24	49,99	51,89	56,08	59,99	62,35
Темно-коричневая	11,20	15,91	20,90	22,10	26,16	30,00	32,00	36,42	40,50
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сканбраун (браун)	15,90	20,89	22,09	26,15	29,99	31,99	36,41	40,49	45,03
	40,80	44,94	48,10	52,10	56,64	59,80	60,30	67,3	72,30
Коричневая (дикого типа)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	44,93	48,09	52,09	56,63	59,79	60,29	67,2	72,29	77,05
Пастель	39,10	44,22	49,80	51,60	56,32	59,80	62,70	66,69	69,30
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Топаз	44,21	49,79	51,59	56,31	59,79	62,69	66,68	69,29	72,57
	70,10	73,10	75,30	77,20	80,78	84,90	87,50	90,24	93,20
Лавандовая	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	73,09	75,29	77,19	80,77	84,89	87,49	90,23	93,19	96,32

Заключение по четвертой главе

Для замера и определения уровня блеска разных видов материалов разработаны приборы, которые называются «блескомерами» и представляют собой разновидность фотометра. При должной доработке их применение могло бы стать возможным и на пушно-меховом производстве, где крайне важно использование инструментальной оценки блеска пушно-мехового сырья и полуфабриката. Внедрение количественной оценки блеска позволило бы не только улучшить процесс сортировки и подбора шкурок на готовое изделие, но также и контролировать их качество по данному показателю на всех этапах производства. В ходе исследований на основании детального анализа научно-технической литературы и нормативной документации нами в соавторстве с сотрудниками АНО НТП «ТЕРМОКОНТ» было разработано и запатентовано устройство [7], позволяющее количественно оценивать блеск волосяного покрова пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей. Ввиду того, что степень блеска волосяного покрова традиционно определяют, как отношение длины остевых волос к высоте пухового яруса, вначале было проведено ранжирование шкурок каждого цветового типа с учетом измерения этих показателей. В результате проанализированные шкурки каждого цветового типа по интенсивности блеска были условно разделены на 3 группы. Результаты инструментальной характеристики блеска, полученные при апробации экспериментального блескомера меха, позволили установить количественные границы интенсивности трех категорий блеска для каждого цветового типа, достоверно отличающиеся друг от друга.

Таким образом, исследования по инструментальной, количественной оценке блеска волосяного покрова шкурок норки открывают новые перспективы и имеют большое научно-практическое значение, так как дают возможность полностью исключить субъективность в работе.

ГЛАВА 5 ВЫЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЦВЕТА И БЛЕСКА МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

5.1 Разработка статистической модели системы инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия

Результаты, полученные в процессе инструментальной оценки показателей цвета и блеска, стали основанием для проведения дальнейших исследований по поиску зависимостей между оптическими характеристиками волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов.

На основании цифрового материала по количественной градации шкурок норки различных цветовых типов по цветовым характеристикам (табл. 3.5) были выделены схожие шкурки, визуально не различимые внутри цветового типа, но отличающиеся по цветовым параметрам. Поэтому из полученных результатов была сформирована матрица данных: $P \times n$, где $P=3$ (координаты цвета L^* , a^* , b^* в системе CIE Lab), $n=840$ (14×60) (множество образцов шкурок норки), которая была обработана с помощью иерархического агломеративного кластерного анализа для нахождения визуально схожих шкурок внутри цветового типа [111]. Для иерархического объединения кластеров был выбран метод полной связи, а в качестве меры сходства объектов - евклидово расстояние [41, 53, 68]. Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 840 образцов шкурок по координатам цвета $L^*a^*b^*$ представлена на рис. 5.1.1.

Иерархический алгоритм позволил наглядно проанализировать структурное множество цветовых типов шкурок норки, и охарактеризовать степень близости отдельных кластеров (цветовых типов) друг к другу, а также выявить отличительные особенности [111]. Из рисунка видно, что отдельные кластеры, например, *серебристо-голубая* и *голубой ирис*, а также *сапфир* и *лаванда*, близки друг к другу, а другие - *черный* и *фиолет*, отличаются весьма существенно по цветовым характеристикам.

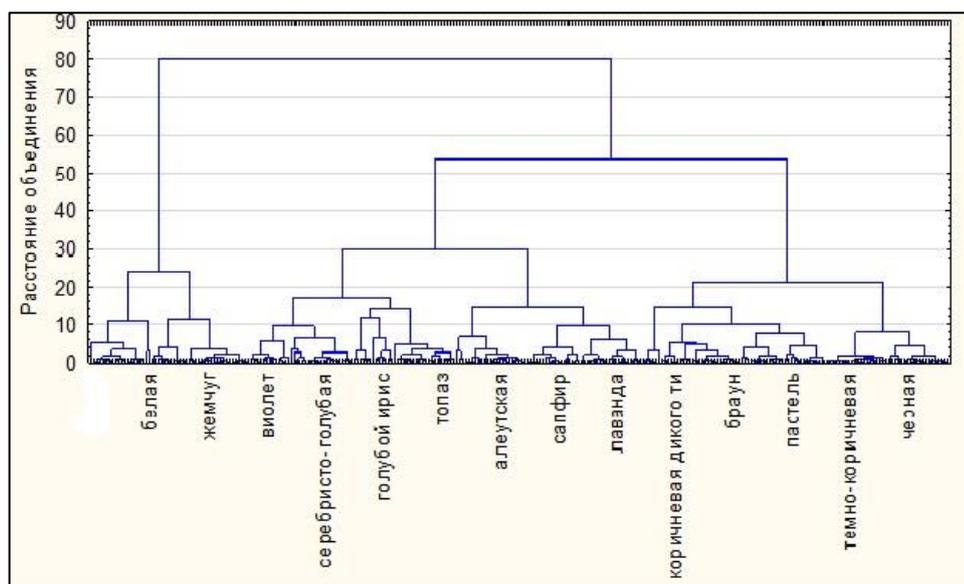


Рисунок 5.1.1 - Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 14 цветовых типов шкурок по координатам цвета $L^*a^*b^*$: ось абсцисс - цветовой тип; ось ординат - расстояние объединения

Достоверность полученных результатов подтверждают данные дискриминантного анализа (ДА) (табл. 5.1.1).

Таблица 5.1.1 - Итоговая таблица дискриминантного анализа данных

n=840

Классификационные признаки	Итоговая таблица дискриминантного анализа данных			
	Число переменных: 3; Группирующие переменные: Цветовой тип (14 гр.) Лямбда-Уилкса: 0,0000067, F (39,782) = 1102,2 p < 0,0000			
	Лямбда-Уилкса	Частная лямбда	Значение F-критерия	Уровень значимости F – критерия
L	0,000305	0,021887	907,5541	0,0000
a	0,000167	0,040009	487,2743	0,0000
b	0,000185	0,036164	541,2383	0,0000

Примечания: критерий Фишера - $F(39,782) = 1102,2$; уровень значимости - $p < 0,0000$

Тот факт, что полученные значения статистики Лямбда-Уилкса, находятся около нуля, свидетельствует о хорошей дискриминации образцов шкурок на 14 цветовых типов [115].

Из данных табл. 9 видно, что переменная L^* - светлота приносит наибольший вклад в общую дискриминацию, а значит и в цветоразличие, переменной b^* принадлежит в этом процессе второе место, а переменная a^* характеризуется наименьшим вкладом. Таким образом, можно считать, что именно L^* - светлота является главной переменной, по которой осуществляется *дискриминация по цветоразличию* отдельных цветовых типов шкурок норки.

Для того, чтобы определить какая из используемых переменных вносит наибольший вклад в величину дискриминантной функции (ДФ), были использованы такие показатели канонического анализа, как стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций (5.1.2) [112].

Таблица 5.1.2 - Стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций

Переменные	Стандартизованные коэффициенты для канонических переменных		
	ДФ 1	ДФ 2	ДФ 3
L^*	-0,8041	-0,41045	-0,54883
a^*	0,0938	0,62008	-0,84892
b^*	-0,4083	0,60207	0,83379
Собственные значения	111,9013	71,04619	17,40609
Кумулятивная доля объясненной дисперсии, %	55,85	35,46	8,69

Как следует из табл. 5.1.2, значения стандартизованных коэффициентов ДФ 1, ДФ 2 и ДФ 3, указывающих на вклад переменных в различительную способность ДФ, свидетельствуют о том, что наибольший вклад в цветоразличие по ДФ 1 вносит L^* - светлота (**-0,8041**), второй по значимости является координата цвета b^* - желто-синий (**-0,4083**) и наименьший вклад принадлежит координате a^* - красно-зеленый

(0,0938). По ДФ 2 примерно равный вклад в цветоразличие вносят координаты a^* - красно-зеленый (**0,62008**) и b^* - желто-синий (**0,60207**), тогда как L^* - светлота (-0,41045) оказывает наименьшее влияние. По ДФ 3 ситуация аналогична.

Представленные в табл. 5.1.2 значения позволили рассчитать кумулятивную долю объясненной дисперсии, накопленной каждой функцией (корнем). Так, ДФ 1 ответственна за 55,85 % объясненной дисперсии, т. е. 55,85 % всей дискриминирующей мощности определяется этой функцией, поэтому эта функция наиболее «важна». ДФ 2 ответственна за 35,46 % объясненной дисперсии. ДФ 3 ответственна за 8,69% объясненной дисперсии.

Для углубленной интерпретации результатов о природе дискриминации шкурок норки на цветовые типы был проведен канонический анализ исходных данных (табл. 5.1.3).

Таблица 5.1.3 - Дискриминантные функции канонических переменных для всех цветовых типов шкурок норки

Цветовой тип	Дискриминантные функции канонических переменных		
	ДФ 1	ДФ2	ДФ3
Черная	13,7657	-4,3155	5,42837
Пастель	5,8935	7,9325	0,91698
Сканбраун (браун)	9,5767	3,8033	3,30186
Лавандовая	4,6286	-1,6973	-6,73678
Жемчужная	-9,2299	-12,1027	-4,40975
Темно-коричневая	13,2662	-1,9174	1,59862
Коричневая дикого типа	8,4444	8,2383	-0,27393
Топаз	-11,8138	17,5279	2,43936
Серебристо-голубая	-3,7187	9,1405	-8,75345
Алеутская	3,5817	-7,2898	-2,95497
Голубой ирис	-12,7361	3,2849	2,39391
Сапфир	3,0649	-7,7571	1,38199

Виолет	-3,0078	-8,6267	0,85624
Белая	-21,7155	-6,2208	4,81155

Судить о результатах разделения на цветовые типы удобнее всего по диаграмме рассеяния для канонических значений в координатах осей ДФ 1 и ДФ 2, так как ДФ 3 менее информативна, чем остальные (рис. 5.1.2).

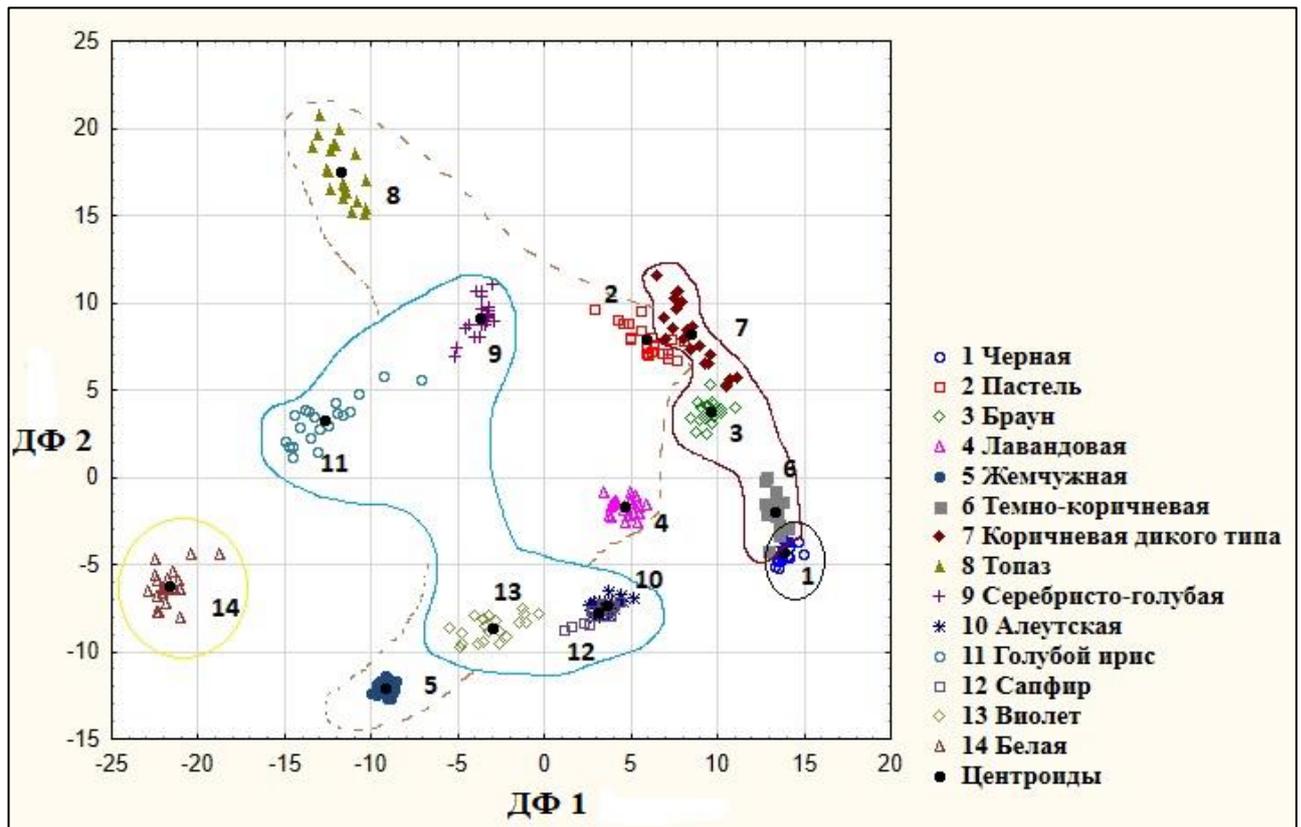


Рисунок 5.1.2 - Расположение точек, соответствующих образцам шкурок норки различных цветовых типов, в координатах осей двух дискриминантных функций: ось абсцисс - первая дискриминантная функция; ось ординат - вторая дискриминантная функция

В результате появляется возможность наблюдать локализацию образцов, принадлежащих определенным цветовым типам в разных областях плоскости (рис. 5.1.2).

Как видно из рис. 5.1.2, координаты ДФ 1 и ДФ 2, отвечающих за отдельные цветовые типы шкурок норки, находятся в разных областях плоскости. Так,

6	Темно-коричневая	1	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Коричневая дикого типа	0	1	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0
8	Топаз	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0
9	Серебристо-голубая	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
10	Алеутская	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0
11	Голубой ирис	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0
12	Сапфир	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0
13	Виолет	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
14	Белая	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
	Всего	61	59	60	60	60	59	61	60						

Из матрицы классификации можно сделать вывод, что не все шкурки при визуальной экспертизе были правильно отнесены к некоторым цветовым типам. Например, одна шкурка из цветового типа *темно-коричневая* при статистическом анализе была перенесена в *черную*, аналогичную ситуацию наблюдали для *коричневой дикого типа* и *пастель*.

Подобный методологический подход повышает эффективность интерпретации результатов классификации. В нашем случае точность классификации методом дискриминантного анализа составила 836 из 840 образцов, то есть **99,52%**. Данный метод может быть использован как альтернатива классической экспертной оценке.

Использование кластерного и дискриминантного анализа позволило сформировать доказательную базу о существовании цветоразличий между 14 цветовыми типами шкурок норки, что послужило основой для создания классификационной системы инструментальной количественной оценки цвета волосяного покрова меха при сортировке.

Для каждого цветового типа были вычислены функции классификации, с помощью которых можно в дальнейшем систематизировать новые случаи и относить шкурки к тому цветовому типу, для которого классифицированное значение будет максимальным.

Принадлежность цветовых характеристик шкурок к определенному цветовому типу при их градации определяется совокупностью классификационных функций, представленной в виде следующего уравнения [53, 81]:

$$F_n = F_n 0 + F_n 1 L_n^* + F_n 2 a_n^* + F_n 3 b_n^* \quad (2)$$

где F_n – значение функции образцов шкурок n-группы (1...14); $F_n 0$ – константа функции; $F_n 1 \dots F_n 14$ – коэффициенты классификационных функций n-группы; L_n^* , a_n^* , b_n^* – координаты окраски образцов шкурок.

Уравнения классификационных функций для каждого цветового типа с учетом значений цветовых координат L^* , a^* , b^* представлены в табл. 5.1.5.

Таблица 5.1.5 - Функции классификации шкурок норки различных цветовых типов по значениям цветовых координат L^* , a^* , b^*

Цветовой тип	Функция классификации
Черная	$F_1 = -39 + 3,9L^* + 16,8a^* - 6,2b^*$
Пастель	$F_2 = -222,9 + 5,7L^* + 61,2a^* + 9,2b^*$
Сканбраун (браун)	$F_3 = -116,5 + 4,5L^* + 43,6a^* + 4,7b^*$
Лавандовая	$F_4 = -284,4 + 10L^* + 62,9a^* - 17b^*$
Жемчужная	$F_5 = -586,3 + 16,6L^* + 22,5a^* - 14b^*$
Темно-коричневая	$F_6 = -73,5 + 4,7L^* + 36,3a^* - 9,6b^*$
Коричневая дикого типа	$F_7 = -207 + 5L^* + 67,2a^* + 5b^*$
Топаз	$F_8 = -771,4 + 10,1L^* + 73,7a^* + 41,3b^*$
Серебристо-голубая	$F_9 = -566 + 11,6L^* + 94,7a^* + 1,5b^*$
Алеутская	$F_{10} = -244,2 + 10,5L^* + 34,7a^* - 16,6b^*$
Голубой ирис	$F_{11} = -600,3 + 13,2L^* + 36,7a^* + 22,8b^*$
Сапфир	$F_{12} = -202,2 + 9,7L^* + 18a^* - 8,6b^*$
Виолет	$F_{13} = -332,3 + 12,3L^* + 15,3a^* - 5,2b^*$
Белая	$F_{14} = -894 + 17,8L^* + 0,2a^* - 22,7b^*$

Предложенный алгоритм классификации шкурок норки можно рассматривать в качестве статистической модели и использовать для идентификационного определения принадлежности новых образцов к одному из цветовых типов.

Заключение по разделу 5.1

- Показано, что, используя цветовые параметры колориметрической системы CIE Lab, можно разделить 840 отсортированных шкурок норки на 14 цветовых типов, достоверно отличающихся друг от друга.
- С помощью кластерного иерархического агломеративного анализа и статистики Лямбда-Уилкса подтверждена хорошая дискриминация шкурок норки на 14 цветовых типов, определены их количественные границы по значениям цветовых координат L^* , a^* , b^* , что позволило охарактеризовать степень близости отдельных кластеров (цветовых типов), а также выявить отличительные особенности.
- Методом дискриминантного анализа установлены значения стандартизованных коэффициентов трех дискриминантных функций (ДФ) указывающих на вклад цветовых координат L^* , a^* , b^* в различительную способность ДФ. Показано, что L^* - светлота привносит наибольший вклад в общую дискриминацию, а значит и в цветоразличие, переменной b^* принадлежит в этом процессе второе место, а переменная a^* характеризуется наименьшим вкладом.
- Разработана классификационная матрица, позволяющая суммировать информацию о количестве и проценте корректно классифицированных случаев для каждого цветового типа и оценить меру соответствия результатов классификации, полученных путем формальной дискриминации, фактическому распределению шкурок.

- Рассчитаны функции классификации, с помощью которых можно в дальнейшем систематизировать новые случаи и относить шкурки к тому цветовому типу, для которого классифицированное значение будет максимальным.
- Предложенная статистическая модель системы инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия позволяет оценивать правильность отнесения отобранных визуальным экспертным способом шкурок норки к определенным цветовым типам.

5.2 Количественные показатели блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов и выбор статистической модели, характеризующей общую природу взаимосвязи между показателями блеска и геометрическими параметрами волоса

С учетом того, что степень блеска определяют, как отношение длины остевых волос к высоте пухового яруса (табл. 4.1) [71, 116], параллельно была проведена инструментальная сортировка шкурок каждого цветового типа с учетом измерения единиц блеска с помощью экспериментального блескомера (табл. 4.2, рис.5.2.1).

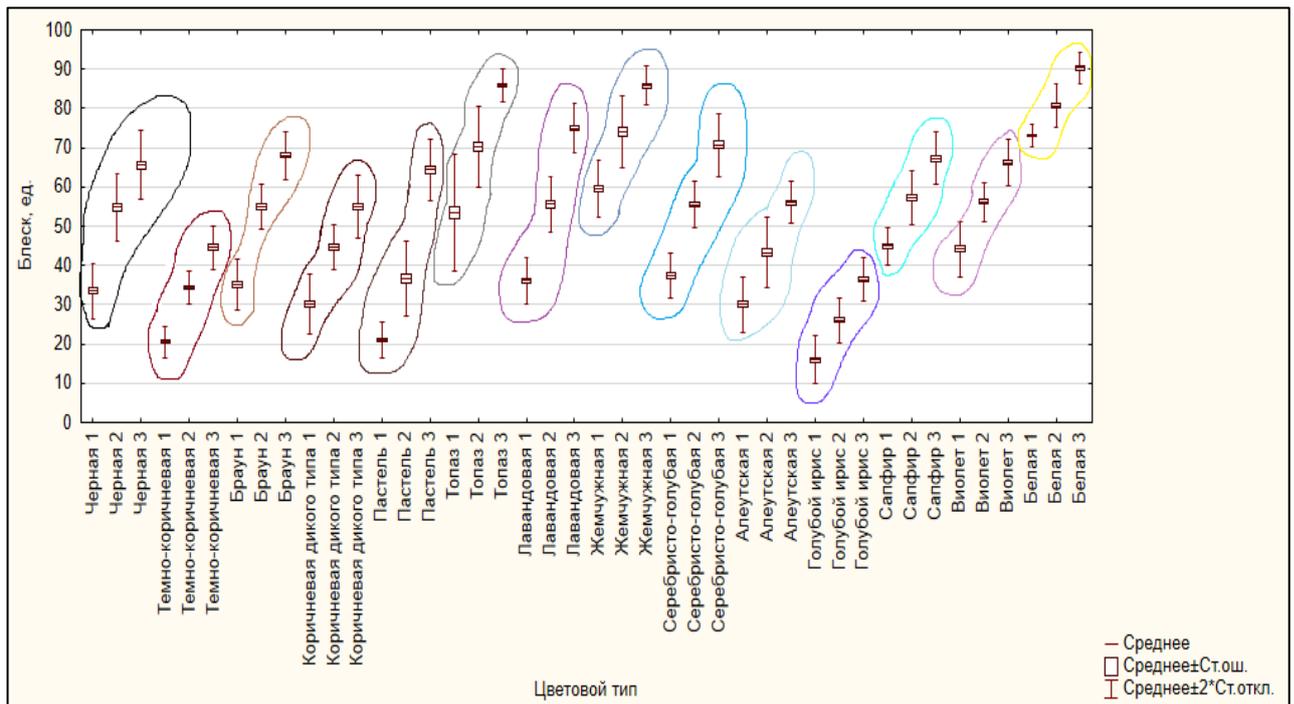


Рисунок 5.2.1 - Диаграмма диапазонов единиц блеска для цветовых типов шкурок норки

На рис. 5.2.1 представлена диаграмма, отображающая диапазоны единиц блеска между их минимальным и максимальным значением для каждого цветового типа норки.

Согласно полученным результатам, проанализированные шкурки по интенсивности блеска волосяного покрова удалось разделить на 3 группы в пределах каждого цветового типа.

На основании проведенных исследований и анализа полученной информации, была предпринята попытка установить общую природу взаимосвязи

между показателями блеска и геометрическими параметрами волоса.

С этой целью были построены матричные графики, характеризующие взаимосвязь блеска волосяного покрова и отношения длины остевых волос к высоте пухового яруса для всех цветовых типов шкурок норки (рис.5.2.2).

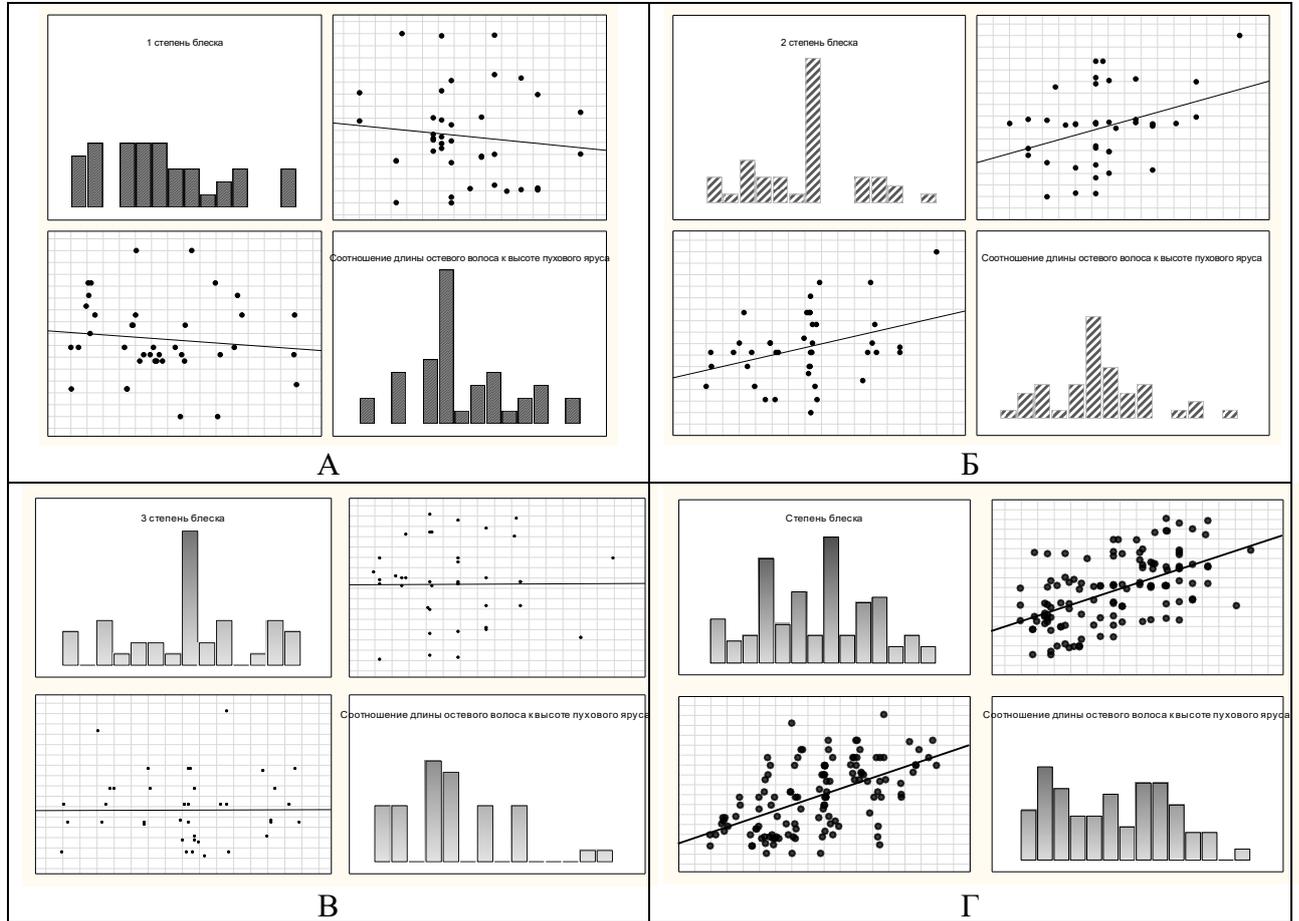


Рисунок 5.2.2 - Матричные графики зависимости интенсивности блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов от отношения длины остевого волоса к высоте пухового яруса ($L_{\text{ост.вол.}} / h_{\text{пух.яр}}$). А - 1-я степень блеска, Б – 2-я степень блеска, В - 3-я степень блеска, Г - средние значения степени блеска

Из рис. 5.2.2 наглядно видны линейные функциональные зависимости между степенями блеска различной интенсивности и геометрическими параметрами волосяного покрова шкурок норки разных цветовых типов. Так, согласно полученным данным, между 1-й степенью блеска и отношением $L_{\text{ост.вол.}}/h_{\text{пух.яр}}$ имеется слабая отрицательная связь ($r=-0,1134$; $p=0,4918$; $r^2=0,0129$), описываемая уравнением $y=61,18-17,65x$.

Связь между 2-й степенью блеска и отношением $L_{\text{ост.вол.}}/h_{\text{пух.яр}}$ - умеренная

положительная ($r=0,3615$; $p=0,01$; $r^2=0,1307$). Она описывается уравнением $y=3,63+30,28x$.

Что касается корреляционной связи между 3-й степенью блеска и отношением $L_{\text{ост.вол}}/h_{\text{пух.яр}}$, то она слабая ($r=0,0068$; $p=0,96$; $r^2=0,03$) и описывается уравнением $y=63,94+0,7246x$.

Если рассматривать взаимосвязь между усредненными значениями показателей блеска для каждого цветового типа шкурок норки и отношением $L_{\text{ост.вол}}/h_{\text{пух.яр}}$, то корреляционная зависимость в данном случае имеет положительный умеренный характер ($r=0,55$; $p=0,00$; $r^2=0,3$), и отображается уравнением $y=-1,46+33,23x$.

Заключение по разделу 5.2

Полученные результаты доказывают наличие достоверно отличающихся количественных границ между тремя категориями блеска волосяного покрова, характерными для каждого цветового типа (уровень значимости $p \leq 0,05$).

Установленные корреляционные зависимости достаточно четко характеризуют степени блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов.

В виду того, что существующие требования к блеску волосяного покрова шкурок норки с точки зрения тенденций моды и дизайна в настоящее время сильно варьируют, с учетом количественных показателей блеска потребитель всегда сможет выбрать для себя шкурки или изделия с такой геометрией волосяного покрова и такими оптическими свойствами, которые будут отвечать его потребительским предпочтениям.

5.3 Влияние цветовых характеристик на показатели блеска волосяного покрова шкурок норки

В научно-технической литературе существуют разные мнения о природе взаимосвязи между блеском и цветом. Так, например, в фотоэлектрической блескометрии, блеск поверхности рассматривают, как ее зеркальность, вне зависимости от ее цвета [2]. По мнению Новикова М. В. с соавторами «блеск зависит от окраски волосяного покрова, так как в зависимости от её интенсивности и насыщенности по-разному происходит преломление света» [71].

Противоречивость мнений заставила нас предпринять попытку установить природу взаимосвязи между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами шкурок норки определенных цветовых типов. Для нахождения причинно-следственных связей между данными параметрами, вначале необходимо было получить общее представление о силе этих связей, то есть понимать, какие из показателей, количественно характеризующих цвет, влияют на показатели блеска сильнее, а какие слабее. Для этих целей был использован корреляционно-регрессионный анализ, так как корреляция позволяет установить линейные отношения между двумя переменными, а регрессия дает возможность спрогнозировать оптимальный результат оценки влияния одной показателя на другой [111]. Данные зависимости представлены на матричных графиках (рис. 5.3.1).

Согласно полученным результатам, между светлотой L^* и блеском GU существует статистически значимая ($r=0,464$, $p=0,0000<0,005$) положительная умеренная взаимосвязь, то есть высокие показатели светлоты L^* по регрессии (r) прямо пропорционально связаны с высокими показателями по блеску, и наоборот. Это означает, что чем светлее шкурка, тем выше показатели блеска, что соответствует данным литературы [122].

Что касается взаимосвязи между декартовой координатой a^* , которая обозначает положение цвета в диапазоне от зеленого до пурпурного, и блеском GU , то она, согласно нашим данным, является статистически значимой, отрицательной и слабой ($r=-0,187$, $p=0,0070<0,05$), то есть между этими показателями имеет место

обратно пропорциональная зависимость: чем меньше a^* , тем больше блеск **GU**, что визуально подтверждается на шкурках норки проанализированных цветовых типов.

При этом между декартовой координатой b^* , обозначающей положение цвета в диапазоне от синего до желтого, и блеском, существует статистически значимая положительная слабая взаимосвязь ($r=0,216$, $p=0,0019 < 0,05$). Наличие слабой прямо пропорциональной зависимости указывает на незначительное влияние координаты цвета b^* на блеск **GU**.

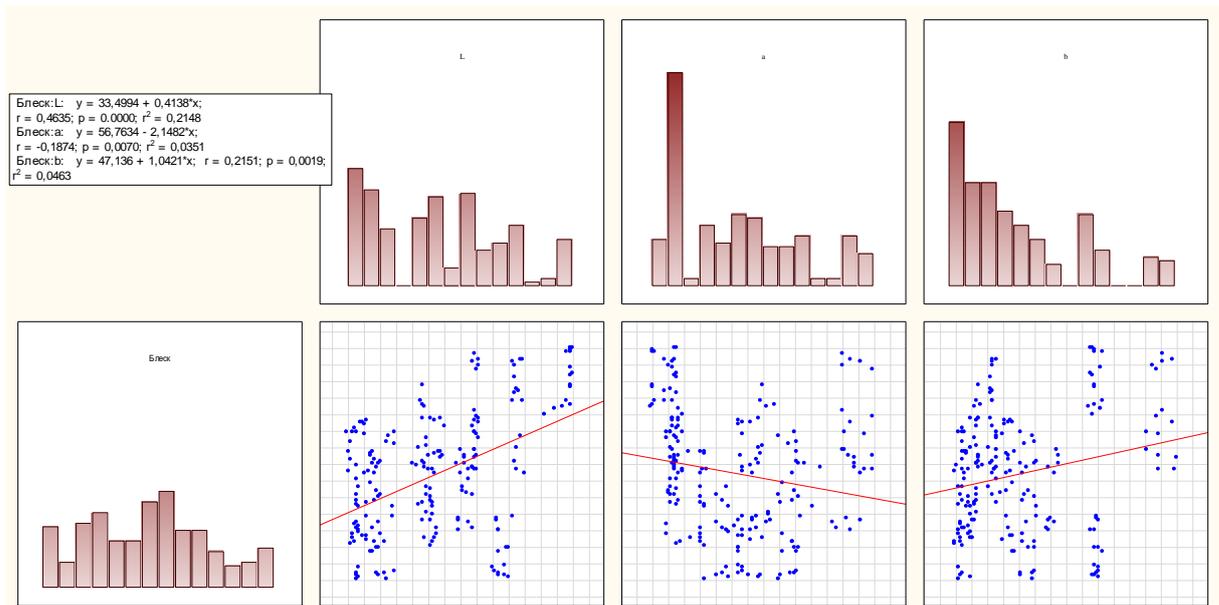


Рисунок 5.3.1 - Корреляционные взаимосвязи между координатами цвета L^* , a^* , b^* и блеском **GU**

Для выявления оптимального результата оценки влияния цветовых характеристик на блеск были подробно изучены диаграммы рассеяния, полученные при построении матричных графиков. Они позволяют уточнить тесноту взаимосвязи между анализируемыми параметрами, чтобы лучше спрогнозировать зависимую переменную и построить регрессионную модель (рис. 5.3.2) [111, 112].

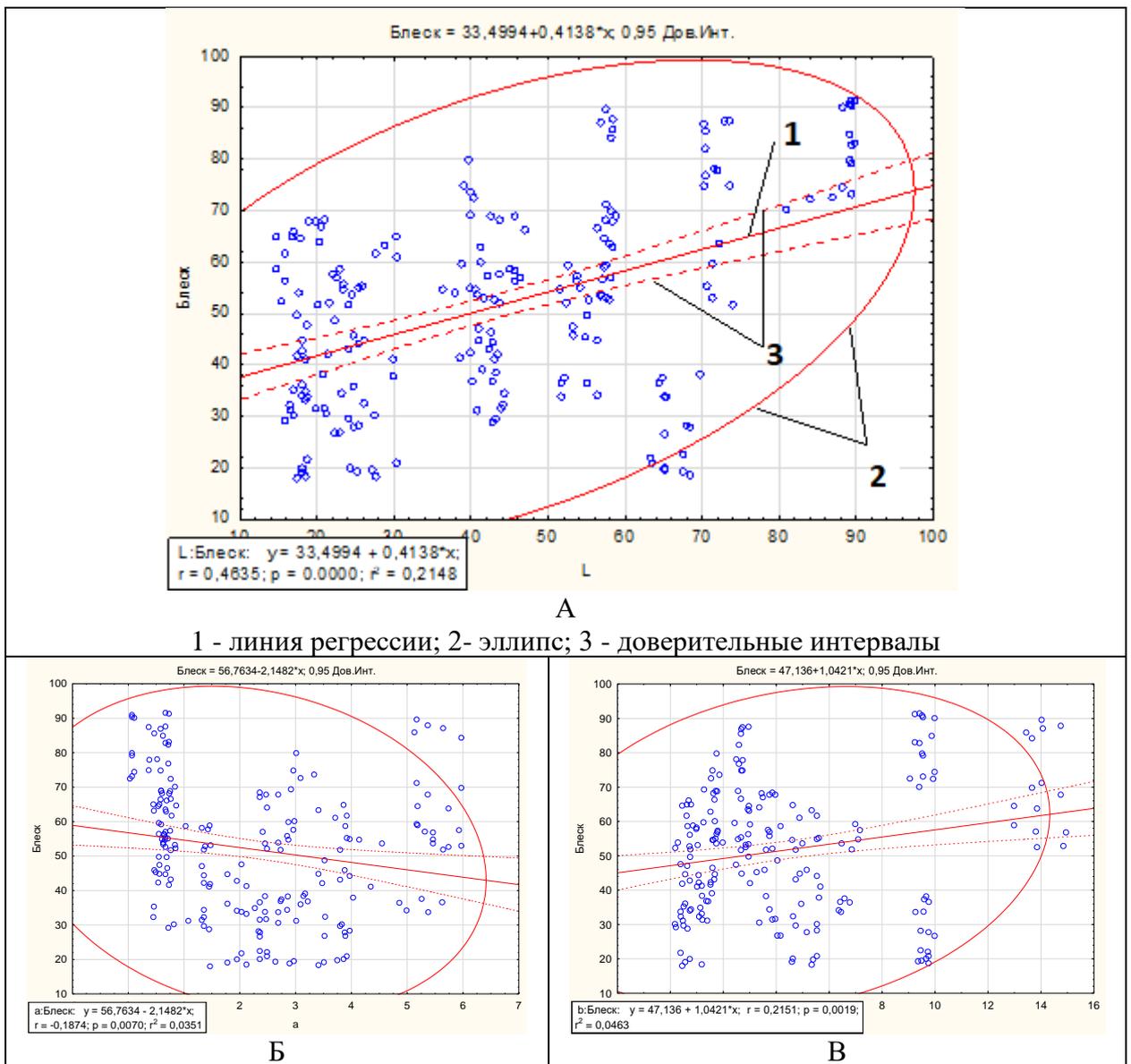


Рисунок 5.3.2. - Диаграмма рассеивания зависимости блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов от цветовых параметров: А - светлота L^* , Б - декартова координата a^* , В - декартова координата b^*

Статистические модели, описываемые уравнениями регрессии на графиках (рис.5.3.2 - А, Б, В) представлены эллипсами, которые включают в себя практически все пары взаимозависимых точек, принадлежащих данным множествам за исключением выбросов. Ориентация эллипсов определяется знаком линейной корреляции между двумя переменными (более длинная ось эллипса накладывается на линию регрессии) [104, 115]. Эллипс показывает прогнозируемый интервал для любого нового наблюдения при данных оценках параметров двумерного нормального распределения, вычисленных по данным, и

при данном n [104].

Каждая из полученных регрессионных моделей, характеризуется определенными доверительными интервалами (регрессионными границами) вокруг аппроксимирующей (регрессионной) линии, которые отражают прогнозируемые значения при данной линейной зависимости (рис.5.3.2 А, Б, В) [111].

Основным показателем, отражающим меру качества регрессионной модели, описывающей связь между блеском и цветовыми параметрами можно считать коэффициент детерминации (R^2), показывающий, какую часть изменчивости зависимой переменной (в нашем случае блеска) от общей изменчивости независимых переменных (цветовых координат), можно объяснить с помощью построенной модели [104].

В нашем случае, для уравнения $y=33,4994+0,4138x$ ($p=0,95$), описывающего степень взаимосвязи между блеском **GU** и светлотой L^* значение коэффициента детерминации $R^2=0,215$ можно интерпретировать следующим образом: 21,5 % вариации зависимой переменной **GU** объясняется вариацией независимой переменной L^* . Для уравнения $y=56,7634-2,1482x$ (доверительная вероятность $p=0,95$), описывающего степень взаимосвязи между блеском **GU** и декартовой координатой a^* значение коэффициента детерминации $R^2=0,035$ можно интерпретировать следующим образом: 3,5 % вариации зависимой переменной **GU** объясняется вариацией независимой переменной a^* .

Для уравнения, описывающего степень взаимосвязи между блеском **GU** и декартовой координатой b^* $y=47,136+1,0421x$ (доверительная вероятность $p=0,95$) значение коэффициента детерминации $R^2=0,046$ можно интерпретировать следующим образом: 4,6 % вариации зависимой переменной **GU** объясняется вариацией независимой переменной b^* .

Таким образом, наибольшая степень взаимозависимости наблюдается между степенью блеска и светлотой шкурки.

Тот факт, что количество блеска всего на 21,5% определяется светлотой L^* , на 3,5 % декартовой координатой a^* , на 4,6% декартовой координатой b^*

недостаточно четко свидетельствует в пользу тестируемой модели.

Как известно, что блеск зависит от расположения волос относительно друг друга; угла залегания, длины и толщины волос; количественного соотношения типов волос; степени их извитости; размера, формы, толщины, орнамента и конфигурации свободного края чешуек кутикулы и степени их прилегания к друг другу. Кроме того, следует учитывать состояние волосяного покрова, степень его зрелости, сезонность забоя зверьков, условий содержания и кормления, и селекционных мероприятий. Большое влияние на блеск волосяного покрова шкурок в сырье, полуфабрикаты и готовых изделиях оказывают технологические процессы и применение специальных видов физико-механической и химической обработки, в том числе, отделка, обезжиривание, облагораживание, действие щелочесодержащих реагентов, эпилирование, стрижка, чесание, тепловая сушка, крашение [71].

С учетом перечисленных выше, не всегда количественно контролируемых многочисленных неучтенных параметров, влияющих на блеск, установленные нами степени взаимосвязи зависимой переменной - блеска и цветовых характеристик можно рассматривать под иным углом зрения, а именно как свидетельство в пользу полученной регрессионной модели.

Для выяснения одновременного влияния цветовых параметров L^* , a^* , b^* (независимых переменных) на зависимую переменную - блеск GU был использован усложненный вариант простой линейной регрессии - модель множественной линейной регрессии (таблица 14).

Таблица 5.3.1 - Итоги множественной регрессии для зависимой переменной блеск

n=840

Независимые переменные	Стандартизованные коэффициенты регрессии	Стандартные отклонения	Оценки неизвестных параметров модели	Стандартные отклонения	t-статистика	Уровень значимости
Y - пересечение			38,808078	4,2724	9,0835	0,000000

L^*	0,387152	0,100558	0,345649	0,0898	3,85	0,000158
a^*	-0,158407	0,098383	-1,815987	1,1279	-1,61	0,000167
b^*	0,084011	0,115966	0,407051	0,5619	0,7244	0,000426

Примечание: во втором столбце таблицы представлены стандартизованные коэффициенты регрессии, в третьем – их стандартные отклонения, в четвертом - даны оценки неизвестных параметров модели, в пятом – их стандартные отклонения, в шестом и седьмом столбцах таблицы приводятся значения t-статистики и соответствующие уровни значимости для проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициентов регрессии.

Полученная модель зависимости имеет вид:

$$GU = 38,80808 + 0,345649L^* - 1,815987a^* + 0,407051b^* \quad (3)$$

Как следует из представленного уравнения (3), Y-пересечение - коэффициент, который показывает, чему будет равен GU в случае, если все используемые в модели факторы будут равны 0, при этом подразумевается, что это зависимость от других неописанных в модели факторов. В данной модели использованы лишь три переменных, которые характеризуют степень влияния известных независимых переменных на зависимую переменную GU [112].

Для оценки адекватности модели и проверки гипотезы, утверждающей о существовании линейной зависимости между GU и цветовыми параметрами L^* , a^* , b^* были рассчитаны значения критерия Фишера и уровень его значимости - $F=19,795$, $p<0,00000$, подтвердившие значимость данной регрессии.

Заключение по разделу 5.3

В ходе изучения основных оптических свойств, установлена взаимозависимость между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами шкурок норки определенных цветовых типов.

С помощью матричных графиков показано, что между светлотой L^* и блеском GU существует статистически значимая ($r=0,464$, $p=0,0000<0,005$) положительная умеренная взаимосвязь; между декартовой координатой a^* и блеском GU - связь статистически значимая, отрицательная, слабая ($r=-0,187$, $p=0,0070<0,05$); между декартовой координатой b^* и блеском GU - статистически значимая положительная слабая взаимосвязь ($r=0,216$, $p=0,0019<0,05$).

Диаграммы рассеяния, полученные при построении матричных графиков,

позволили уточнить тесноту взаимосвязи между анализируемыми параметрами и построить регрессионную модель, описываемую соответствующими уравнениями. Наибольшая степень взаимозависимости (21,5 %) выявлена между степенью блеска и светлотой шкурки L^* ; 3,5 % вариации зависимой переменной GU объясняется вариацией независимой переменной a^* ; 4,6 % вариации зависимой переменной GU объясняется вариацией независимой переменной b^* .

Для выяснения одновременного влияния цветовых параметров L^* , a^* , b^* на блеск GU использована модель множественной линейной регрессии, адекватность которой подтверждена значениями критерия Фишера и уровня его значимости - $F=19,795$, $p < 0,00000$.

Заключение по пятой главе

Разработана статистическая модель системы инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия, позволяющая оценивать правильность отнесения отобранных визуальным экспертным способом шкурок норки к определенным цветовым типам.

Установлены линейные функциональные зависимости между степенями блеска различной интенсивности и геометрическими параметрами волосяного покрова шкурок норки разных цветовых типов.

В ходе изучения основных оптических свойств, установлена взаимозависимость между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами волосяного покрова шкурок норки определенных цветовых типов, уточнена теснота взаимосвязи между анализируемыми параметрами и построена регрессионная модель, описываемая соответствующими уравнениями. Наибольшая степень взаимозависимости 21,5 % выявлена между степенью блеска GU и светлотой шкурки L^* ; 3,5 % вариации зависимой переменной GU объясняется вариацией независимой переменной a^* ; 4,6 % вариации зависимой переменной GU объясняется вариацией независимой переменной b^* .

ГЛАВА 6 ЦИФРОВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦВЕТОВЫХ ТИПОВ ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ШКУРОК НОРКИ С УЧЕТОМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Как уже неоднократно отмечалось ранее, в оценке качества пушно-мехового сырья, полуфабриката и готовых изделий оптические свойства играют важную роль и это отражено как в нормативных документах, так и в многочисленных научных публикациях [21, 22, 24, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 63, 64, 65, 67, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 99, 100, 113, 114]

Предлагаемые нами методологические подходы, основанные на статистическом анализе, технические решения для цифровизации методов определения цвета и блеска, а также разработанные в результате этого алгоритмы позволили выявить влияние отдельных факторов на цветовые параметры и показатели блеска волосяного покрова шкурок норки.

Анализ полученных закономерностей дал возможность осуществить в системе CIE Lab колориметрическую градацию шкурок, визуально неразличимых внутри цветового типа, и предложить статистическую модель инструментальной сортировки шкурок норки по параметрам цветоразличия [36, 37]. Это дает возможность оценить правильность отнесения отобранных визуальным экспертным способом шкурок норки к определенным цветовым типам.

Инструментальная оценка блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов с помощью экспериментального блескомера, позволила разграничить понятие «степень блеска» и выбрать адекватную статистическую модель, характеризующую общую природу взаимосвязи между показателями блеска и геометрическими параметрами волоса [71, 92].

В ходе изучения основных оптических свойств была установлена и статистически доказана взаимозависимость между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами волосяного покрова шкурок норки определенных цветовых типов [30].

В связи с вышеизложенным представляло интерес обобщение данных по показателям цвета и блеска для создания цифровой системы инструментальной оценки качества волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов, что дает возможность повысить объективность и оперативность принятия решений на этапе сортировки или подбора шкурок на изделие.

Для уточнения общего влияния таких количественных информативных признаков как показатели цвета и блеска на идентификацию цветового типа шкурок норки и подтверждения органолептических экспертных заключений, использовали сформированные ранее базы данных по колористической характеристике шкурок норки (табл. 3.5) и показателям степеней блеска тех же шкурок (табл. 4.2) и обрабатывали их с помощью иерархического агломеративного кластерного анализа для нахождения схожих по показателям цвета и блеска шкурок.

Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 840 образцов шкурок по координатам цвета $L^*a^*b^*$ представлена на рисунке 5.1.1, а по координатам степеней блеска - на рисунке 6.1.

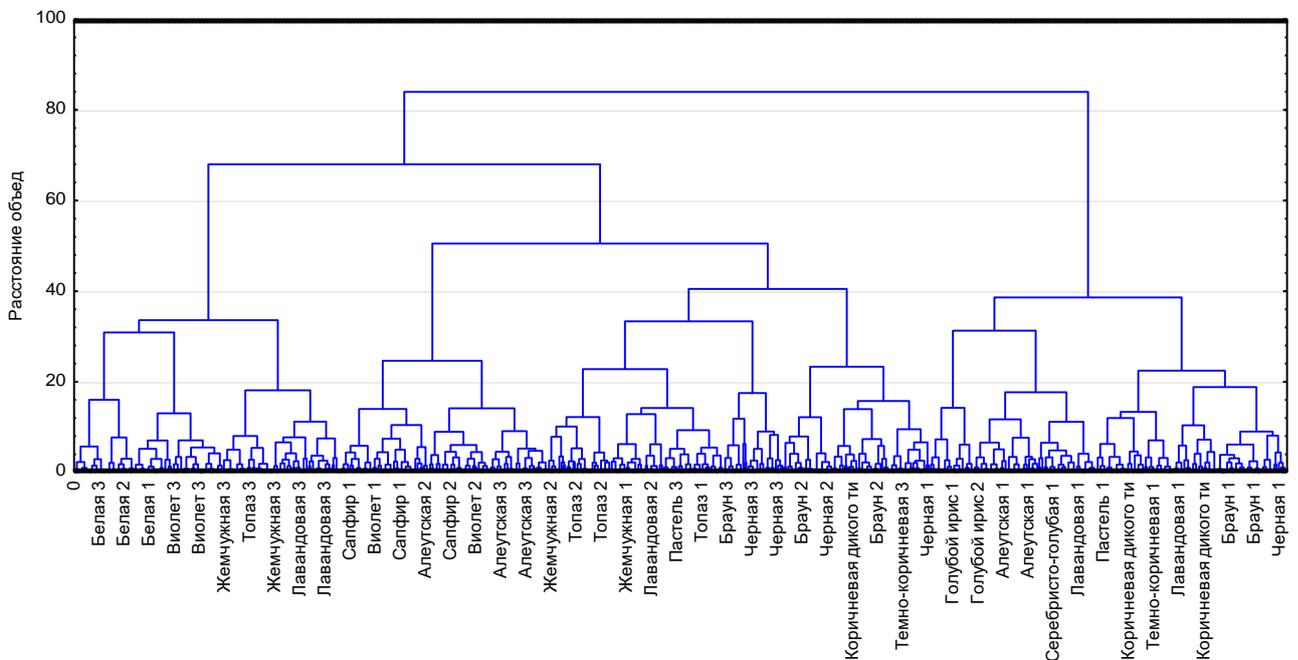


Рисунок 6.1 - Дендрограмма иерархического агломеративного объединения 840 образцов шкурок по координатам степеней блеска: ось абсцисс - степень блеска цветового типа; ось ординат - расстояние объединения

Затем с помощью дискриминантного анализа была установлена разделительная способность дискриминантных функций, позволяющих классифицировать шкурки норки на цветовые типы (табл. 6.1).

Таблица 6.1 - Итоговая таблица дискриминантного анализа данных

n=840

Классификационные признаки	Итоговая таблица дискриминантного анализа данных Число переменных: 4; Группирующие переменные: Цветовой тип (14 гр.) Лямбда-Уилкса: 0, 00001 при бл. F (160,3095) = 391,36 p < 0,0000			
	Лямбда-Уилкса	Частная лямбда	Значение F-критерия	Уровень значимости F-критерия
Блеск GU	0,000137	0,037457	498,526	0,0000
L	0,000337	0,015254	1252,422	0,0000
a	0,000195	0,026379	716,021	0,0000
b	0,000007	0,702883	8,201	0,0000

Тот факт, что установленное значение Лямбда-Уилкса=0,00001 находится около нуля, свидетельствует о хорошей дискриминации, а именно, разделении шкурок на 14 цветовых типов. При этом показана статистическая значимость дискриминации при уровне вероятности $p < 0,0000$, и F-статистике (160,3095) = 391,36.

Как видно из таблицы 6.1, наиболее важную роль в процедуре дискриминации цветоразличия шкурок норки играет координата L^* - светлота (F=1252,422), менее значимую роль играют декартова координата a^* (F=716,021) и степень блеска GU (F=498,526), замыкает этот ряд декартова координата b^* (F=8,201).

Таким образом, все классификационные признаки однозначно указывают на последовательность и значимость анализируемых показателей при процедуре деления шкурок норки на цветовые типы.

Правильность классификационного разделения, оцененная путем расчета таких показателей канонического анализа, как стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций, позволила определить, какой из используемых классификационных признаков вносит наибольший вклад в различия между цветовыми типами (табл. 6.2).

Таблица 6.2 - Стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций

Переменные	Стандартизованные коэффициенты для канонических переменных			
	ДФ 1	ДФ 2	ДФ 3	ДФ 4
Блеск	0,2795	0,18812	-0,94735	0,00857
L*	0,9119	-0,31973	0,25669	0,06802
a*	-0,3223	-0,92936	-0,19498	0,09689
b*	0,0405	-0,04114	0,03765	-1,00191
Собственные значения	113,1436	47,81527	23,64921	0,41623
Кумулятивная доля объясненной дисперсии	0,6115	0,86993	0,99775	1,00000

Как следует из таблицы 6.2, наибольший вклад в цветоразличение по ДФ1 вносит координата цвета L* - светлота (=0,9119), по ДФ2 - декартова координата a* - красно-зеленый (= -0,92936), по ДФ3 - блеск GU (= -0,94735), по ДФ4 - декартова координата b* - желто-синий (= -1,00191).

Приведенные в таблице 6.2 собственные значения для каждой дискриминантной функции и кумулятивная доля объясненной дисперсии, накопленной каждой функцией, свидетельствуют о том, что ДФ1 ответственна за **61,15 %** объясненной дисперсии, и поэтому она наиболее важна. ДФ 2 ответственна за **25,84 %** объясненной дисперсии, ДФ 3 - за **12,78 %**, ДФ 4 - за **0,22 %**. Так как значения функций ДФ3 и ДФ4 по данным критериям существенно ниже, можно считать, что данные функции в меньшей степени влияют на процесс дискриминации.

Принимать решение о правильности результатов разделения шкурок норки на цветовые группы, удобнее всего по диаграмме рассеяния в координатах осей ДФ 1 и ДФ 2. На рисунке 6.2 представлены объединенные графики распределения всех цветовых типов с их центроидами.

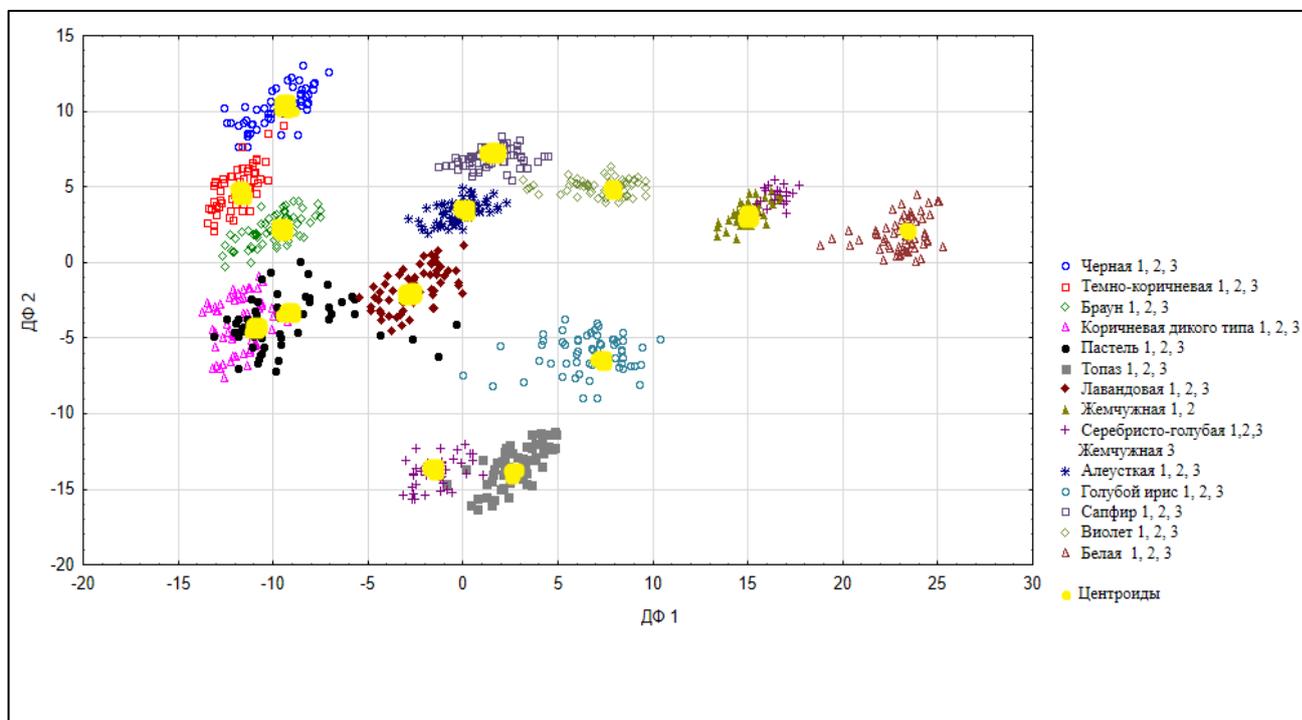


Рисунок 6.2 - Расположение точек, соответствующих образцам шкурок норки различных цветовых типов и степеней блеска, в координатах осей ДФ1 и ДФ2: ось абсцисс - ДФ1; ось ординат - ДФ2

Предпринятая визуализация позволяет выделить не только отдельные цветовые типы, но и цветовые группы - черная, коричневая, бежевая, голубая, белая, к которым эти типы относятся.

Как видно из рисунка 6.2, области расположения в пространстве цветовых типов - черная, темно-коричневая, браун, жемчужная, белая, алеутская, голубой ирис, сапфир, виолет четко различимы, а их центроиды хорошо отделимы друг от друга.

Однако, области расположения точек для шкурок норки цветовых типов - коричневая (дикого типа), пастель, лавандовая, частично перекрываются. Аналогичная ситуация имеет место для цветовых типов - топаз и серебристо-голубая. Объяснением этого может служить близость значений дискриминантных

функций в центроидах перечисленных выше цветовых типов. Установленный факт указывает на возможность ошибочной классификации шкурок в процессе органолептической сортировки.

Для оценки качества процедуры классификации была построена классификационная матрица (табл. 6.3), в которой суммирована информация о количестве и проценте корректно классифицированных наблюдений в каждой группе [26].

Подобный методологический подход повышает эффективность интерпретации результатов классификации, в нашем случае точность классификации методом дискриминантного анализа составила 806 образцов из 840, то есть **95,96%**, и может быть использован как альтернатива классической экспертной оценке.

На завершающем этапе дискриминантного анализа была получена таблица значений апостериорных вероятностей, то есть вероятностей принадлежности каждой шкурки норки к одному из 14 цветовых типов (табл.6.4). Шкурки норки относили к той группе цветового типа, для которой имелась наибольшая апостериорная вероятность классификации [39, 41].

Таблица 6.3 - Матрица классификации

№ п/п	Цветовой тип	% правильности	№ п/п																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Черная 1	100,00	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Черная 2	95,00	0	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Черная 3	100,00	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Темно-коричневая 1	100,00	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Темно-коричневая 2	85,00	1	0	0	0	17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	Темно-коричневая 3	95,00	0	1	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Браун 1	100,00	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Браун 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Браун 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	Коричневая (дикого типа) 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
11	Коричневая (дикого типа) 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	Коричневая (дикого типа) 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Пастель 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Пастель 2	80,00	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	16	0	0	0	0	0	0	
15	Пастель 3	75,00	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	15	0	0	0	0	3	
16	Топаз 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	
17	Топаз 2	90,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	2	0	0	0	
18	Топаз 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	
19	Лавандовая 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	
20	Лавандовая 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
21	Лавандовая 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
22	Жемчужная 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	Жемчужная 2	85,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	Жемчужная 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	Серебристо-голубая 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	Серебристо-голубая 2	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
27	Серебристо-голубая 3	95,24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
28	Алеутская 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	Алеутская 2	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	Алеутская 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	Голубой ирис 1	90,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	Голубой ирис 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	Голубой ирис 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34	Сапфир 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35	Сапфир 2	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36	Сапфир 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37	Виолет 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	Виолет 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	Виолет 3	95,24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	Белая 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
41	Белая 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
42	Белая 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Всего		95,96	21	20	21	20	17	19	24	21	20	21	22	20	19	17	15	20	19	22	20	23	20

Продолжение таблицы 6.3 - Матрица классификации

№ п/п	Цветовой тип	% правильности	№ п/п																			
			22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
1	Черная 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Черная 2	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Черная 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Темно-коричневая 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Темно-коричневая 2	85,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Темно-коричневая 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Браун 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Браун 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Браун 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Коричневая (дикого типа) 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Коричневая (дикого типа) 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Коричневая (дикого типа) 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Пастель 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Пастель 2	80,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Пастель 3	75,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Топаз 1	95,00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Топаз 2	90,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Топаз 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Лавандовая 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Лавандовая 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Лавандовая 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	Жемчужная 1	100,00	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Жемчужная 2	85,00	2	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	Жемчужная 3	100,00	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Серебристо-голубая 1	100,00	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	Серебристо-голубая 2	95,00	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	Серебристо-голубая 3	95,24	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Алеутская 1	95,00	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Алеутская 2	95,00	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Алеутская 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Голубой ирис 1	90,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Голубой ирис 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	Голубой ирис 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0
34	Сапфир 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0
35	Сапфир 2	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0	0	0
36	Сапфир 3	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0	0	0	0
37	Виолет 1	95,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0	0
38	Виолет 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0
39	Виолет 3	95,24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	0	0
40	Белая 1	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
41	Белая 2	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
42	Белая 3	100,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
Всего		95,96	22	17	21	21	19	20	19	20	21	18	23	19	20	20	20	19	21	20	20	21

Таблица 6.4 - Апостериорные вероятности (фрагмент результатов, n=42 из 840)

№ п/п	Цветовой тип	Алеутская 2	Алеутская 3	Голубой ирис 1	Голубой ирис 2	Голубой ирис 3	Сапфир 1	Сапфир 2	Сапфир 3	Виолет 1	Виолет 2	Виолет 3	Белая 1	Белая 2	Белая 3
1	Черная 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Черная 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
41	Черная 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61	Темно-коричневая 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
91	Темно-коричневая 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
105	Темно-коричневая 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
121	Сканбраун 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
142	Сканбраун 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
162	Сканбраун 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
181	Коричневая дикого типа 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204	Коричневая дикого типа 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
229	Коричневая дикого типа 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
241	Пастель 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
266	Пастель 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
293	Пастель 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
301	Топаз 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
323	Топаз 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
346	Топаз 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
364	Лавандовая 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
389	Лавандовая 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
413	Лавандовая 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
424	Жемчужная 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
449	Жемчужная 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
470	Жемчужная 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
485	Серебристо-голубая 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
503	Серебристо-голубая 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
524	Серебристо-голубая 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
542	Алеутская 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
562	Алеутская 2	0,61	0,38	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
587	Алеутская 3	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
608	Голубой ирис 1	0,00	0,00	0,97	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
626	Голубой ирис 2	0,00	0,00	0,02	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
652	Голубой ирис 3	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
670	Сапфир 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
687	Сапфир 2	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,17	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
707	Сапфир 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
725	Виолет 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
744	Виолет 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,01	0,00	0,00	0,00
766	Виолет 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,99	0,00	0,00	0,00
793	Белая 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,02	0,00
813	Белая 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,87	0,12
834	Белая 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,86

Анализ таблицы 6.4 показал, что все шкурки норки, с долей апостериорной вероятности, равной 0,023 - 0,025, принадлежат к определённым по цветовым типам шкурок норки.

В результате пошагового дискриминантного анализа на основе системы классификационных функций была разработана система градации шкурок норки различных цветовых типов с помощью показателей оптических свойств [39, 41].

За основу было взято типовое уравнение,

$$F_n = F_n 0 + F_n 1 GU_n + F_n 2 L_n^* + F_n 3 a_n^* + F_n 4 b_n^* \quad (4)$$

где F_n – значение функции образцов шкурок n-группы (1...41);

$F_n 0$ - константа функции;

$F_n 1, F_n 2, F_n 3, F_n 4$ - коэффициенты классификационных функций n-группы;

$GU_n, L_n^*, a_n^*, b_n^*$ - координаты окраски и блеска образцов шкурок.

По нашему мнению, сущность идентификации цветовых типов шкурок норки должна заключаться в подтверждении тождественности цветовых характеристик и степеней блеска волосяного покрова конкретных образцов меха, определяемых при стандартных условиях наблюдения, заранее отработанных на сформированной в ходе исследований базе данных, содержащей необходимые, перечисленные выше параметры.

Уравнения классификационных функций для каждого цветового типа с учетом степеней блеска (1, 2, 3) представлены в табл. 6.5.

Таблица 6.5 - Функции классификации шкурок норки различных цветовых типов

Цветовой тип	Функция классификации
Черная 1	$F_1 = -115,9 + 3,9 GU^* + 5,53 L^* + 14,1 a^* - 4,8 b^*$
Черная 2	$F_2 = -240,9 + 7,3 GU^* + 4,2 L^* + 16,4 a^* - 3,8 b^*$
Черная 3	$F_3 = -322,7 + 8,8 GU^* + 3,7 L^* + 14,7 a^* - 2,8 b^*$
Темно-коричневая 1	$F_4 = -115,9 + 2,1 GU^* + 6,6 L^* + 35,8 a^* - 5,6 b^*$
Темно-коричневая 2	$F_5 = -170,8 + 4,3 GU^* + 5,9 L^* + 39,6 a^* - 5,2 b^*$
Темно-коричневая 3	$F_6 = -210,6 + 5,7 GU^* + 5,4 L^* + 37,3 a^* - 6 b^*$
Браун 1	$F_7 = -221,5 + 4 GU^* + 6,2 L^* + 42,3 a^* + 16,5 b^*$
Браун 2	$F_8 = -353,1 + 7,2 GU^* + 5,5 L^* + 46,1 a^* + 15,7 b^*$
Браун 3	$F_9 = -433,3 + 9,1 GU^* + 5,5 L^* + 42,8 a^* + 16,3 b^*$

Коричневая (дикого типа) 1	$F_{10} = -305,9 + 3,1 GU^* + 7,3 L^* + 64,1 a^* + 20,7 b^*$
Коричневая (дикого типа) 2	$F_{11} = -368,4 + 5,7 GU^* + 6,4 L^* + 64,3 a^* + 18,9 b^*$
Коричневая (дикого типа) 3	$F_{12} = -464,5 + 7,1 GU^* + 6,1 L^* + 70,9 a^* + 20,2 b^*$
Пастель 1	$F_{13} = -311,2 + 1,7 GU^* + 8,9 L^* + 60 a^* + 23,3 b^*$
Пастель 2	$F_{14} = -371,2 + 4,3 GU^* + 8,2 L^* + 61,1 a^* + 23,8 b^*$
Пастель 3	$F_{15} = -531,3 + 7,8 GU^* + 7,6 L^* + 63,8 a^* + 22,7 b^*$
Топаз 1	$F_{16} = -1446,07 + 5,56 GU^* + 17,6 L^* + 73,4 a^* + 82,2 b^*$
Топаз 2	$F_{17} = -1504,9 + 7,3 GU^* + 17,2 L^* + 73,8 a^* + 80,2 b^*$
Топаз 3	$F_{18} = -1684,4 + 10,2 GU^* + 16,2 L^* + 74,1 a^* + 81,1 b^*$
Лавандовая 1	$F_{19} = -477,1 + 3,5 GU^* + 15,8 L^* + 57,1 a^* - 10,5 b^*$
Лавандовая 2	$F_{20} = -521,7 + 6,6 GU^* + 13,6 L^* + 52,2 a^* - 7,1 b^*$
Лавандовая 3	$F_{21} = -687,7 + 9,2 GU^* + 13,03 L^* + 59,3 a^* - 8,8 b^*$
Жемчужная 1	$F_{22} = -1138,1 + 4,9 GU^* + 27,8 L^* + 5,5 a^* - 3,4 b^*$
Жемчужная 2	$F_{23} = -1253,6 + 7,8 GU^* + 26,7 L^* + 3,24 a^* - 3,7 b^*$
Жемчужная 3	$F_{24} = -1334,0 + 9,26 GU^* + 26,2 L^* + 4,6 a^* - 3,3 b^*$
Серебристо-голубая 1	$F_{25} = -863,9 + 2,9 GU^* + 19,2 L^* + 86,3 a^* + 22,3 b^*$
Серебристо-голубая 2	$F_{26} = -987,1 + 5,9 GU^* + 18,03 L^* + 92,7 a^* + 24,4 b^*$
Серебристо-голубая 3	$F_{27} = -1054 + 6,3 GU^* + 18,56 L^* + 91,3 a^* + 25,6 b^*$
Алеутская 1	$F_{28} = -432,2 + 2,6 GU^* + 17,2 L^* + 24,3 a^* - 11,2 b^*$
Алеутская 2	$F_{29} = -456,2 + 4,5 GU^* + 16,1 L^* + 24,9 a^* - 10,1 b^*$
Алеутская 3	$F_{30} = -538,7 + 6,2 GU^* + 16,04 L^* + 26,4 a^* - 11,8 b^*$
Голубой ирис 1	$F_{31} = -1089,8 - 0,31 GU^* + 24,7 L^* + 24,8 a^* + 50,8 b^*$
Голубой ирис 2	$F_{32} = -1099,6 + 0,5 GU^* + 24,6 L^* + 19,2 a^* + 51,9 b^*$
Голубой ирис 3	$F_{33} = -1100,9 + 2,1 GU^* + 23,8 L^* + 25,01 a^* + 50,4 b^*$
Сапфир 1	$F_{34} = -412,6 + 4,5 GU^* + 15,2 L^* + 9,4 a^* - 2,4 b^*$
Сапфир 2	$F_{35} = -511,1 + 6,3 GU^* + 15,4 L^* + 9,5 a^* - 2,2 b^*$
Сапфир 3	$F_{36} = -604,7 + 7,8 GU^* + 15,4 L^* + 10,2 a^* - 3,2 b^*$
Виолет 1	$F_{37} = -671,5 + 4,2 GU^* + 20,6 L^* + 1,8 a^* + 5,1 b^*$
Виолет 2	$F_{38} = -733,9 + 5,5 GU^* + 20,6 L^* + 4,7 a^* + 3,3 b^*$

Виолет 3	$F_{39} = -846,8 + 7,0 GU^* + 21,0 L^* + 4,4a^* + 3,04 b^*$
Белая 1	$F_{40} = -1797,04 + 6,4 GU^* + 30,9 L^* - 19,5a^* + 49,5 b^*$
Белая 2	$F_{41} = -1969,7 + 7,7 GU^* + 32,03 L^* - 17,5a^* + 47,4 b^*$
Белая 3	$F_{42} = -2040,5 + 8,9 GU^* + 31,5 L^* - 19,1 a^* + 47,8 b^*$

Данные функции следует рассматривать в качестве статистической модели при определении принадлежности новых образцов шкурок норки к одному из цветовых типов.

Таким образом, идентификацию новых образцов и их отнесение к определенному цветовому типу можно осуществлять на основе имеющейся базы данных по координатам цвета шкурок и степени их блеска, используя предлагаемые классификационные функции. При этом образец следует относить к определенному цветовому типу, если он имеет максимальное значение функции F_n , характеризующей данный тип.

Принадлежность образцов шкурок к одному из цветовых типов, с учетом их колористических характеристик и степеней блеска (табл. 3.5, 4.2), проверяли, используя систему классификационных функций и находя максимальное из значений, характеризующих функцию F_n .

Для проверки классификационных функций с учетом оптических свойств образцов шкурок норки к определенному цветовому типу использована выборка в количестве пяти шкурок норки, относящихся к голубой группе (таблица).

Таблица 6.6 - Цветовые координаты и единицы блеска волосяного покрова шкурок норки, относящихся к голубой группе

Шкурки норки № образца	Цветовые координаты			Блеск
	L^*	a^*	b^*	GU
1	51,22	5,44	6,25	41,5
2	44,17	1,36	1,09	32,3
3	59,94	2,69	9,67	29,5

4	42,45	0,7	1,59	46,5
5	56,39	0,65	3,25	57,2

В этом случае уравнения для каждого цветового типа с учетом оптических свойств будут выглядеть следующим образом:

Таблица 6.7 - Функции классификации шкурок норки, относящихся к голубой группе

Цветовой тип с учетом степени блеска	Функция классификации
Серебристо-голубая 1	$F_1 = -863,9 + 2,9 GU^* + 19,2 L^* + 86,3 a^* + 22,3 b^*$
Серебристо-голубая 2	$F_2 = -987,1 + 5,9 GU^* + 18,03 L^* + 92,7 a^* + 24,4 b^*$
Серебристо-голубая 3	$F_3 = -1054 + 6,3 GU^* + 18,56 L^* + 91,3 a^* + 25,6 b^*$
Алеутская 1	$F_4 = -432,2 + 2,6 GU^* + 17,2 L^* + 24,3 a^* - 11,2 b^*$
Алеутская 2	$F_5 = -456,2 + 4,5 GU^* + 16,1 L^* + 24,9 a^* - 10,1 b^*$
Алеутская 3	$F_6 = -538,7 + 6,2 GU^* + 16,04 L^* + 26,4 a^* - 11,8 b^*$
Голубой ирис 1	$F_7 = -1089,8 - 0,31 GU^* + 24,7 L^* + 24,8 a^* + 50,8 b^*$
Голубой ирис 2	$F_8 = -1099,6 + 0,5 GU^* + 24,6 L^* + 19,2 a^* + 51,9 b^*$
Голубой ирис 3	$F_9 = -1100,9 + 2,1 GU^* + 23,8 L^* + 25,01 a^* + 50,4 b^*$
Сапфир 1	$F_{10} = -412,6 + 4,5 GU^* + 15,2 L^* + 9,4 a^* - 2,4 b^*$
Сапфир 2	$F_{11} = -511,1 + 6,3 GU^* + 15,4 L^* + 9,5 a^* - 2,2 b^*$
Сапфир 3	$F_{12} = -604,7 + 7,8 GU^* + 15,4 L^* + 10,2 a^* - 3,2 b^*$
Виолет 1	$F_{13} = -671,5 + 4,2 GU^* + 20,6 L^* + 1,8 a^* + 5,1 b^*$
Виолет 2	$F_{14} = -733,9 + 5,5 GU^* + 20,6 L^* + 4,7 a^* + 3,3 b^*$
Виолет 3	$F_{15} = -846,8 + 7,0 GU^* + 21,0 L^* + 4,4 a^* + 3,04 b^*$

Данные функции ($F_1 - F_{15}$) можно использовать для отнесения нового образца к одному из цветовых типов. Применяв их к новым первичным данным, можно получить 15 значений F_i , при этом образец будет относиться к цветовому типу с максимальным значением F (табл. 6.8)

Таблица 6.8 - Расчет значений классификационных функций для шкурок норки, относящихся к голубой группе

Классификационная функция
Образец 1
$F_1 = -863,9 + 2,9 \cdot 41,5 + 19,2 \cdot 51,22 + 86,3 \cdot 5,44 + 22,3 \cdot 6,25 = 848,7$
$F_2 = -987,1 + 5,9 \cdot 41,5 + 18,03 \cdot 51,22 + 92,7 \cdot 5,44 + 24,4 \cdot 6,25 = 851,9$
$F_3 = -1054 + 6,3 \cdot 41,5 + 18,56 \cdot 51,22 + 91,3 \cdot 5,44 + 25,6 \cdot 6,25 = 814,8$
$F_4 = -432,2 + 2,6 \cdot 41,5 + 17,2 \cdot 51,22 + 24,3 \cdot 5,44 - 11,2 \cdot 6,25 = 618,9$
$F_5 = -456,2 + 4,5 \cdot 41,5 + 16,1 \cdot 51,22 + 24,9 \cdot 5,44 - 10,1 \cdot 6,25 = 627,5$
$F_6 = -538,7 + 6,2 \cdot 41,5 + 16,04 \cdot 51,22 + 26,4 \cdot 5,44 - 11,8 \cdot 6,25 = 610,0$
$F_7 = -1089,8 - 0,31 \cdot 41,5 + 24,7 \cdot 51,22 + 24,8 \cdot 5,44 + 50,8 \cdot 6,25 = 614,9$
$F_8 = -1099,6 + 0,5 \cdot 41,5 + 24,6 \cdot 51,22 + 19,2 \cdot 5,44 + 51,9 \cdot 6,25 = 610,0$
$F_9 = -1100,9 + 2,1 \cdot 41,5 + 23,8 \cdot 51,22 + 25,01 \cdot 5,44 + 50,4 \cdot 6,25 = 656,3$
$F_{10} = -412,6 + 4,5 \cdot 41,5 + 15,2 \cdot 51,22 + 9,4 \cdot 5,44 - 2,4 \cdot 6,25 = 588,8$
$F_{11} = -511,1 + 6,3 \cdot GU + 15,4 \cdot 51,22 + 9,5 \cdot 5,44 - 2,2 \cdot 6,25 = 577,1$
$F_{12} = -604,7 + 7,8 \cdot 41,5 + 15,4 \cdot 51,22 + 10,2 \cdot 5,44 - 3,2 \cdot 6,25 = 543,3$
$F_{13} = -671,5 + 4,2 \cdot 41,5 + 20,6 \cdot 51,22 + 1,8 \cdot 5,44 + 5,1 \cdot 6,25 = 599,6$
$F_{14} = -733,9 + 5,5 \cdot 41,5 + 20,6 \cdot 51,22 + 4,7 \cdot 5,44 + 3,3 \cdot 6,25 = 595,7$
$F_{15} = -846,8 + 7,0 \cdot 41,5 + 21,0 \cdot 51,22 + 4,4 \cdot 5,44 + 3,04 \cdot 6,25 = 562,3$
Образец 2
$F_1 = -863,9 + 2,9 \cdot 32,3 + 19,2 \cdot 44,17 + 86,3 \cdot 1,36 + 22,3 \cdot 1,09 = 219,5$
$F_2 = -987,1 + 5,9 \cdot 32,3 + 18,03 \cdot 44,17 + 92,7 \cdot 1,36 + 24,4 \cdot 1,09 = 164,4$
$F_3 = -1054 + 6,3 \cdot 32,3 + 18,56 \cdot 44,17 + 91,3 \cdot 1,36 + 25,6 \cdot 1,09 = 121,4$
$F_4 = -432,2 + 2,6 \cdot 32,3 + 17,2 \cdot 44,17 + 24,3 \cdot 1,36 - 11,2 \cdot 1,09 = 432,3$
$F_5 = -456,2 + 4,5 \cdot 32,3 + 16,1 \cdot 44,17 + 24,9 \cdot 1,36 - 10,1 \cdot 1,09 = 423,1$
$F_6 = -538,7 + 6,2 \cdot 32,3 + 16,04 \cdot 44,17 + 26,4 \cdot 1,36 - 11,8 \cdot 1,09 = 393,1$
$F_7 = -1089,8 - 0,31 \cdot 32,3 + 24,7 \cdot 44,17 + 24,8 \cdot 1,36 + 50,8 \cdot 1,09 = 80,3$
$F_8 = -1099,6 + 0,5 \cdot 32,3 + 24,6 \cdot 44,17 + 19,2 \cdot 1,36 + 51,9 \cdot 1,09 = 85,8$
$F_9 = -1100,9 + 2,1 \cdot 32,3 + 23,8 \cdot 44,17 + 25,01 \cdot 1,36 + 50,4 \cdot 1,09 = 107,1$

$F_{10} = -412,6 + 4,5 \cdot 32,3 + 15,2 \cdot 44,17 + 9,4 \cdot 1,36 - 2,4 \cdot 1,09 = 413,3$
$F_{11} = -511,1 + 6,3 \cdot 32,3 + 15,4 \cdot 44,17 + 9,5 \cdot 1,36 - 2,2 \cdot 1,09 = 383,1$
$F_{12} = -604,7 + 7,8 \cdot 32,3 + 15,4 \cdot 44,17 + 10,2 \cdot 1,36 - 3,2 \cdot 1,09 = 337,8$
$F_{13} = -671,5 + 4,2 \cdot 32,3 + 20,6 \cdot 44,17 + 1,8 \cdot 1,36 + 5,1 \cdot 1,09 = 382,1$
$F_{14} = -733,9 + 5,5 \cdot 32,3 + 20,6 \cdot 44,17 + 4,7 \cdot 1,36 + 3,3 \cdot 1,09 = 363,6$
$F_{15} = -846,8 + 7,0 \cdot 32,3 + 21,0 \cdot 44,17 + 4,4 \cdot 1,36 + 3,04 \cdot 1,09 = 316,2$
Образец 3
$F_1 = -863,9 + 2,9 \cdot 29,5 + 19,2 \cdot 59,94 + 86,3 \cdot 2,69 + 22,3 \cdot 9,67 = 820,3$
$F_2 = -987,1 + 5,9 \cdot 29,5 + 18,03 \cdot 59,94 + 92,7 \cdot 2,69 + 24,4 \cdot 9,67 = 769,2$
$F_3 = -1054 + 6,3 \cdot 29,5 + 18,56 \cdot 59,94 + 91,3 \cdot 2,69 + 25,6 \cdot 9,67 = 737,5$
$F_4 = -432,2 + 2,6 \cdot 29,5 + 17,2 \cdot 59,94 + 24,3 \cdot 2,69 - 11,2 \cdot 9,67 = 632,5$
$F_5 = -456,2 + 4,5 \cdot 29,5 + 16,1 \cdot 59,94 + 24,9 \cdot 2,69 - 10,1 \cdot 9,67 = 610,9$
$F_6 = -538,7 + 6,2 \cdot 29,5 + 16,04 \cdot 59,94 + 26,4 \cdot 2,69 - 11,8 \cdot 9,67 = 562,5$
$F_7 = -1089,8 - 0,31 \cdot 29,5 + 24,7 \cdot 59,94 + 24,8 \cdot 2,69 + 50,8 \cdot 9,67 = 939,5$
$F_8 = -1099,6 + 0,5 \cdot 29,5 + 24,6 \cdot 59,94 + 19,2 \cdot 2,69 + 51,9 \cdot 9,67 = 943,2$
$F_9 = -1100,9 + 2,1 \cdot 29,5 + 23,8 \cdot 59,94 + 25,01 \cdot 2,69 + 50,4 \cdot 9,67 = 942,3$
$F_{10} = -412,6 + 4,5 \cdot 29,5 + 15,2 \cdot 59,94 + 9,4 \cdot 2,69 - 2,4 \cdot 9,67 = 633,3$
$F_{11} = -511,1 + 6,3 \cdot 29,5 + 15,4 \cdot 59,94 + 9,5 \cdot 2,69 - 2,2 \cdot 9,67 = 602,1$
$F_{12} = -604,7 + 7,8 \cdot 29,5 + 15,4 \cdot 59,94 + 10,2 \cdot 2,69 - 3,2 \cdot 9,67 = 545,0$
$F_{13} = -671,5 + 4,2 \cdot 29,5 + 20,6 \cdot 59,94 + 1,8 \cdot 2,69 + 5,1 \cdot 9,67 = 741,3$
$F_{14} = -733,9 + 5,5 \cdot 29,5 + 20,6 \cdot 59,94 + 4,7 \cdot 2,69 + 3,3 \cdot 9,67 = 707,7$
$F_{15} = -846,8 + 7,0 \cdot 29,5 + 21,0 \cdot 59,94 + 4,4 \cdot 2,69 + 3,04 \cdot 9,67 = 659,7$
Образец 4
$F_1 = -863,9 + 2,9 \cdot 46,5 + 19,2 \cdot 42,45 + 86,3 \cdot 0,7 + 22,3 \cdot 1,59 = 181,9$
$F_2 = -987,1 + 5,9 \cdot 46,5 + 18,03 \cdot 42,45 + 92,7 \cdot 0,7 + 24,4 \cdot 1,59 = 167,8$
$F_3 = -1054 + 6,3 \cdot 46,5 + 18,56 \cdot 42,45 + 91,3 \cdot 0,7 + 25,6 \cdot 1,59 = 131,4$
$F_4 = -432,2 + 2,6 \cdot 46,5 + 17,2 \cdot 42,45 + 24,3 \cdot 0,7 - 11,2 \cdot 1,59 = 418,0$
$F_5 = -456,2 + 4,5 \cdot 46,5 + 16,1 \cdot 42,45 + 24,9 \cdot 0,7 - 10,1 \cdot 1,59 = 437,9$
$F_6 = -538,7 + 6,2 \cdot 46,5 + 16,04 \cdot 42,45 + 26,4 \cdot 0,7 - 11,8 \cdot 1,59 = 430,2$

$F_7 = -1089,8 - 0,31 \cdot 46,5 + 24,7 \cdot 42,45 + 24,8 \cdot 0,7 + 50,8 \cdot 1,59 = 42,4$
$F_8 = -1099,6 + 0,5 \cdot 46,5 + 24,6 \cdot 42,45 + 19,2 \cdot 0,7 + 51,9 \cdot 1,59 = 63,9$
$F_9 = -1100,9 + 2,1 \cdot 46,5 + 23,8 \cdot 42,45 + 25,01 \cdot 0,7 + 50,4 \cdot 1,59 = 104,7$
$F_{10} = -412,6 + 4,5 \cdot 46,5 + 15,2 \cdot 42,45 + 9,4 \cdot 0,7 - 2,4 \cdot 1,59 = 444,7$
$F_{11} = -511,1 + 6,3 \cdot 46,5 + 15,4 \cdot 42,45 + 9,5 \cdot 0,7 - 2,2 \cdot 1,59 = 438,7$
$F_{12} = -604,7 + 7,8 \cdot 46,5 + 15,4 \cdot 42,45 + 10,2 \cdot 0,7 - 3,2 \cdot 1,59 = 413,8$
$F_{13} = -671,5 + 4,2 \cdot 46,5 + 20,6 \cdot 42,45 + 1,8 \cdot 0,7 + 5,1 \cdot 1,59 = 407,6$
$F_{14} = -733,9 + 5,5 \cdot 46,5 + 20,6 \cdot 42,45 + 4,7 \cdot 0,7 + 3,3 \cdot 1,59 = 404,9$
$F_{15} = -846,8 + 7,0 \cdot 46,5 + 21,0 \cdot 42,45 + 4,4 \cdot 0,7 + 3,04 \cdot 1,59 = 378,1$
Образец 5
$F_1 = -863,9 + 2,9 \cdot 57,2 + 19,2 \cdot 56,39 + 86,3 \cdot 0,65 + 22,3 \cdot 3,25 = 513,2$
$F_2 = -987,1 + 5,9 \cdot 57,2 + 18,03 \cdot 56,39 + 92,7 \cdot 0,65 + 24,4 \cdot 3,25 = 521,9$
$F_3 = -1054 + 6,3 \cdot 57,2 + 18,56 \cdot 56,39 + 91,3 \cdot 0,65 + 25,6 \cdot 3,25 = 495,5$
$F_4 = -432,2 + 2,6 \cdot 57,2 + 17,2 \cdot 56,39 + 24,3 \cdot 0,65 - 11,2 \cdot 3,25 = 665,8$
$F_5 = -456,2 + 4,5 \cdot 57,2 + 16,1 \cdot 56,39 + 24,9 \cdot 0,65 - 10,1 \cdot 3,25 = 692,4$
$F_6 = -538,7 + 6,2 \cdot 57,2 + 16,04 \cdot 56,39 + 26,4 \cdot 0,65 - 11,8 \cdot 3,25 = 699,2$
$F_7 = -1089,8 - 0,31 \cdot 57,2 + 24,7 \cdot 56,39 + 24,8 \cdot 0,65 + 50,8 \cdot 3,25 = 466,5$
$F_8 = -1099,6 + 0,5 \cdot 57,2 + 24,6 \cdot 56,39 + 19,2 \cdot 0,65 + 51,9 \cdot 3,25 = 497,3$
$F_9 = -1100,9 + 2,1 \cdot 57,2 + 23,8 \cdot 56,39 + 25,01 \cdot 0,65 + 50,4 \cdot 3,25 = 541,4$
$F_{10} = -412,6 + 4,5 \cdot 57,2 + 15,2 \cdot 56,39 + 9,4 \cdot 0,65 - 2,4 \cdot 3,25 = 700,2$
$F_{11} = -511,1 + 6,3 \cdot 57,2 + 15,4 \cdot 56,39 + 9,5 \cdot 0,65 - 2,2 \cdot 3,25 = 716,7$
$F_{12} = -604,7 + 7,8 \cdot 57,2 + 15,4 \cdot 56,39 + 10,2 \cdot 0,65 - 3,2 \cdot 3,25 = 706,1$
$F_{13} = -671,5 + 4,2 \cdot 57,2 + 20,6 \cdot 56,39 + 1,8 \cdot 0,65 + 5,1 \cdot 3,25 = 748,1$
$F_{14} = -733,9 + 5,5 \cdot 57,2 + 20,6 \cdot 56,39 + 4,7 \cdot 0,65 + 3,3 \cdot 3,25 = 756,1$
$F_{15} = -846,8 + 7,0 \cdot 57,2 + 21,0 \cdot 56,39 + 4,4 \cdot 0,65 + 3,04 \cdot 3,25 = 750,5$

Полученные данные позволяют принять решение о принадлежности шкурки норки к определенному цветовому типу, в данном случае, в голубой группе, по максимальному значению классификационной функции (табл. 6.9).

Результаты проведенной идентификации свидетельствуют об успешно проведенной проверке системы классификационных функций и о возможности использования ее как альтернативы классической экспертной оценке.

На основании собранной базы первичных данных, характеризующих параметры цвета и блеска волосяного покрова шкурок норки, и сформированной на основе статистических моделей кластерного и дискриминантного анализа базы знаний, предлагаем использовать разработанный алгоритм для цифровой экспертной оценки, позволяющей принимать решение о принадлежности любого идентифицируемого объекта к одному из цветовых типов.

Идентификационная деятельность эксперта в процессе органолептической сортировки шкурок норки по показателям цвета и блеска, осуществляется путем сопоставления и определения тождественности с данными ГОСТа, для чего требуются определенные навыки и опыт. Использование инструментальных методов позволяет существенно повысить эффективность принятия решений за счет использования цифровой экспертной системы, использующей многомерный статистический анализ и тем самым существенно облегчающей работу эксперта.

Информация, полученная при инструментальной оценке оптических свойств волосяного покрова шкурок норки, позволяет разделить их на цветовые типы, не пересекающиеся по цветовым координатам $L^*a^*b^*$ и степеням блеска (GU), что дополняет данные органолептической оценки, существенно расширяя понятийный аппарат, с помощью которого регламентируются показатели цвета и блеска.

При этом, как органолептическая идентификационная деятельность, так и многомерная классификация включают процедуры, заканчивающиеся установлением тождественности и/или принадлежности шкурки к одному из цветовых типов («принадлежит к...» или «не принадлежит...»).

Таблица 6.9 - Принятие решения о цветовом типе шкурки норки по значениям классификационных функций

№ функции	Цветовой тип с учетом степени блеска	Значение классификационной функции				
		№ образца				
		1	2	3	4	5
1	Серебристо-голубая 1	848,7	219,5	820,3	181,9	513,2
2	Серебристо-голубая 2	851,9	164,5	769,2	167,8	521,9
3	Серебристо-голубая 3	814,8	121,4	737,5	131,4	495,5
4	Алеутская 1	618,9	432,3	632,5	418,0	665,8
5	Алеутская 2	627,5	423,1	610,9	437,9	692,4
6	Алеутская 3	610,0	393,1	562,6	430,2	699,3
7	Голубой ирис 1	614,9	80,3	939,5	42,4	466,5
8	Голубой ирис 2	610,0	85,8	943,2	63,9	497,3
9	Голубой ирис 3	656,3	107,1	942,3	104,7	541,4
10	Сапфир 1	588,8	414,3	633,3	444,7	700,2
11	Сапфир 2	577,1	383,1	602,1	438,7	716,7
12	Сапфир 3	543,3	337,8	545,0	413,8	706,1
13	Виолет 1	599,6	382,1	741,3	407,6	748,1
14	Виолет 2	595,7	363,6	707,7	404,9	756,1
15	Виолет 3	562,3	316,2	659,7	378,1	750,5
Принятие решения о цветовом типе шкурки		Серебристо-голубая 2 2>1>3>9>5 >4>7>6,8>1 3>14>10>11 >15>12	Алеутская 1 4>5>10>6> 11>13>14> 12>15>1>2 >3>9>8>7	Голубой ирис 2 8>9>7>1 >2>13>3 >14>15> 10>4>5> 11>6>12	Сапфир 1 10>11>5> 6>4>12>1 3>14>15> 1>2>3>9> 8>7	Виолет 2 14>15>13 >11>12>1 0>6>5>4> 9>2>1>8> 3>7

Таким образом, разработка цифровой экспертной системы оценки параметров, характеризующих цвет и блеск волосяного покрова шкурок норки сводится к:

- формированию базы экспериментальных данных;
- формированию базы знаний и процедуры принятия решений;

- построению системы классификационных функций, на основании которых будет «создаваться отклик» на неизвестные координаты цвета и блеска, и приниматься логический вывод о принадлежности образца к одному из цветовых типов.

Решив эту задачу, можно считать законченным этап разработки цифровой экспертной системы оценки параметров, характеризующих цвет и блеск шкурок норки.

Заключение по шестой главе

Для уточнения общего влияния таких количественных информативных признаков как показатели цвета и блеска волосяного покрова на идентификацию цветового типа шкурок норки и подтверждения органолептических экспертных заключений, сформированные ранее базы данных по колористической характеристике шкурок норки и показателям степеней блеска тех же шкурок обработаны с помощью иерархического агломеративного кластерного анализа для нахождения шкурок, схожих по показателям цвета и блеска. Установлено, что наиболее важную роль в процедуре дискриминации цветоразличия шкурок норки играет координата L^* - светлота ($F=1252,422$), менее значимую роль играют декартова координата a^* ($F=716,021$) и степень блеска GU ($F=498,526$), замыкает этот ряд декартова координата b^* ($F=8,201$).

Собственные значения для каждой дискриминантной функции и кумулятивная доля объясненной дисперсии, накопленной каждой функцией, свидетельствуют о том, что ДФ 1 ответственна за 61,15 % объясненной дисперсии, и поэтому она наиболее важна. ДФ 2 ответственна за 25,84 % объясненной дисперсии, ДФ 3 - за 12,78 %, ДФ 4 - за 0,22 %.

Для оценки качества процедуры классификации использована классификационная матрица, в которой была суммирована информация о количестве и проценте корректно классифицированных наблюдений в каждой группе.

В результате пошагового дискриминантного анализа на основе системы классификационных функций была разработана система градации шкурок норки различных цветовых типов с помощью показателей оптических свойств. Данные функции использованы в качестве статистической модели при определении принадлежности новых образцов шкурок норки к одному из цветовых типов. При этом идентификацию новых образцов и их отнесение к определенному цветовому типу можно осуществлять на основе имеющейся базы данных и сформированной базы знаний по координатам цвета шкурок и степени их блеска и предлагаемых классификационных функций. Согласно разработанной процедуре принятия решений, образец следует относить к определенному цветовому типу, если он имеет максимальное значение функции F_n , характеризующей данный тип. Результаты проведенной идентификации свидетельствуют об успешно проведенной проверке системы классификационных функций и о возможности использования ее как альтернативы классической экспертной оценке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработана методология цифровизации оптических свойств пушного сырья, концептуальной основой которой являются базы данных по цветовым характеристикам и блеску 840 шкурок норки, а также база знаний, включающая концепцию многофакторной статистической модели, позволяющей осуществлять количественную идентификацию цветовых типов по координатам цвета и степеням блеска волосяного покрова.

2. Научно обоснована и доказана возможность цифровой характеристики показателей цвета волосяного покрова шкурок норки. Установлено, что инструментальная оценка основных цветовых характеристик шкурок норки в цветовом пространстве CIE Lab позволяет уйти от субъективности оценки цвета при визуальной сортировке, однозначно определить цвет каждой шкурки, четко выделить шкурки, практически не отличающиеся друг от друга по цветовосприятию внутри каждого цветового типа, что очень важно при подборе шкурок на изделие. Показано наличие достоверно различающихся количественных границ для показателей цвета в системе CIE Lab и соответствие их визуальной шкале тонов волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов.

3. Предложено техническое решение, позволяющее количественно оценивать блеск волосяного покрова пушно-меховых материалов, кардинально отличающихся по своей текстуре от гладких блестящих поверхностей («Устройство для измерения блеска волосяного покрова пушно-меховых материалов» - патент RU №2 758 354 С1) и разработан способ, при помощи которого проведена количественная оценка блеска и доказано наличие достоверно отличающихся границ между тремя степенями блеска и соответствующих им визуальных диапазонов степеней блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов.

4. Установлены линейные функциональные зависимости между степенями блеска различной интенсивности и геометрическими параметрами

волосяного покрова шкурок норки разных цветовых типов. Показано, что корреляционная зависимость между усредненными значениями показателей блеска для каждого цветового типа шкурок норки и отношением длины осевых волос к высоте пухового яруса имеет положительный умеренный характер ($r=0,55$; $p=0,00$; $r^2=0,3$), и описывается уравнением $y=-1,46+33,23x$.

5. Показано наличие статистической функциональной взаимозависимости между интенсивностью блеска и цветовыми параметрами шкурок норки определенных цветовых типов, уточнена теснота взаимосвязи между анализируемыми параметрами и построена регрессионная модель, описываемая уравнением $GU=38,80808+0,345649L^*-1,815987a^*+0,407051b^*$, позволяющим оценивать правильность отнесения отобранных визуальным экспертным способом шкурок норки к определенным цветовым типам. Наибольшая степень взаимозависимости (21,5 %) выявлена между степенью блеска и светлотой шкурки L^* ; 3,5 % вариации зависимой переменной GU объясняется вариацией независимой переменной a^* ; 4,6 % вариации зависимой переменной GU объясняется вариацией независимой переменной b^* .

6. Уточнено общее влияние количественных признаков оптических свойств на идентификацию цветового типа шкурок норки. Установлено, что наиболее важную роль в процедуре дискриминации цветоразличия шкурок норки играет координата L^* - светлота ($F=1252,422$), менее значимую роль играют декартова координата a^* ($F=716,021$) и степень блеска GU ($F=498,526$), замыкает этот ряд декартова координата b^* ($F=8,201$).

7. Предложена статистическая модель в виде системы классификационных функций для определения принадлежности новых образцов шкурок норки к одному из цветовых типов. Показано, что новый образец следует относить к определенному цветовому типу, если он имеет максимальное значение функции F_n , характеризующей данный тип. Продемонстрирована возможность использования системы классификационных функций как цифровой экспертной системы, позволяющей существенно повысить эффективность работы эксперта при классической экспертизе.

8. Показано, что практическое применение цифровой системы оценки показателей, характеризующих оптические свойства, а именно цвет и блеск, сможет существенно расширить дизайнерские возможности при составлении наборов для пошива готовых изделий.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

1. Предлагаем использовать метод количественной оценки цветовых характеристик шкурок норки различных цветовых типов в цветовом пространстве CIE Lab в цехе сортировки ООО «Русская меховая компания» в процессе оценки качества пушно-мехового сырья и полуфабриката, а также при составлении наборов для пошива готовых изделий.

2. Рекомендуем использовать устройство и способ для измерения блеска волосяного покрова пушно-меховых материалов на ООО «Русская меховая компания» и в других меховых предприятиях в процессе сортировки пушно-мехового сырья и полуфабриката с учетом степени их блеска.

3. Предлагаем использовать систему цифровой сортировки шкурок норки для определения принадлежности новых образцов шкурок норки к одному из цветовых типов при проведении экспертиз, а также при подготовке сырья к продаже на торгах во время пушно-меховых аукционов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Рекомендуем использовать результаты исследований, по инструментальной оценке, показателей цвета и блеска волосяного покрова шкурок норки различных цветовых типов в учебном процессе на кафедре товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения имени С.А. Каспарьянца ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА имени К.И. Скрябина при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по дисциплине «Товароведение и экспертиза пушного сырья» (направление подготовки 38.03.07 «Товароведение»), а также при выполнении научно-исследовательских, курсовых и выпускных квалификационных работ обучающихся.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Конкуренция на пушном рынке, удовлетворение спроса моды требуют постоянного совершенствования не только дизайнерских решений, но и использования шкурок с разнообразной окраской и блеском волосяного покрова. Практическое применение системы количественной оценки показателей, характеризующих оптические свойства, а именно цвет и блеск, сможет

существенно расширить дизайнерские возможности при составлении наборов для пошива готовых изделий.

В дальнейшем предполагается апробировать инструментальные методы определения оптических свойств на различных видах пушно-мехового сырья и полуфабрикатах (лисица, песец, соболь, хорь, каракуль и др.) для создания систем классификационных функций как цифровых экспертных систем, что позволит существенно повысить эффективность работы эксперта при классической экспертизе на предприятиях, связанных с сортировкой и оценкой качества меха.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

РФ - Российская Федерация

ФЗ - Федеральный закон

ГОСТ - национальный стандарт

ГОСТ Р - государственный российский стандарт

ОСТ - отраслевой стандарт

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) - Международная комиссия по освещению

XYZ - линейная трёхкомпонентная цветовая модель, основанная на использовании всего трёх цветов RGB (названных основными), получена на основе усреднения статистических результатов цветовой чувствительности характеристик человеческого глаза;

СМΥК (Cyan, Magenta, Yellow, Keucolor) - субстрактивная модель (от англ. слова subtract - «вычитать»), которая основана на вычитании из белого первичных цветов: голубой цвет вычитает из белого цвета красный, желтый - синий, а пурпурный - зелёный;

RGB (Red, Green, Blue) - аддитивная цветовая модель, описывающая способ кодирования цвета для цветовоспроизведения с помощью трёх цветов, которые принято называть основными;

Система HSL HSL, HLS или HSI (от англ. Hue, Saturation, Lightness (Intensity) - цветовая модель, в которой цветовыми координатами являются тон, насыщенность и светлота;

CIELAB - это цветовое пространство, определенное Международной комиссией по освещению (CIE) в 1976 году, выражающее цвет в виде трех значений: L^* для яркости от черного (0) до белого (100), a^* от зеленого (-) до красного (+) и b^* от синего (-) до желтого (+);

ПК - персональный компьютер

GU (Gloss Units) - величину блеска, ед.

\bar{x} - значения средней арифметической переменной

$\pm SEM$ - стандартная ошибка средней переменной

Критерий Фишера (F-статистика) - апостериорный статистический критерий

h - высота пухового яруса, мм.

l - длина остевых волос, мм.

ДА - дискриминантный анализ

ДФ - дискриминантна функция

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 13088–67. «Колориметрия. Термины, буквенные обозначения» / утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 24.07.67. Дата введения 01.01.1968. – М.: Издательство стандартов. 1967. 15 с.
2. ГОСТ 31975–2017 «Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий под углом 20°, 60° и 85°» национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. N 1005-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31975-2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г. / разработан Комитетом по стандартизации ТК 35 "Краски и лаки". – Москва: Стандартинформ, 2017. – 20 с.
3. ГОСТ Р 55587–2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2013 г. N 865-ст. введен впервые: дата введения 2015-01-01 / разработан ГНУ НИИПЗК Россельхозакадемии. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 25 с.; 29 см.
4. ГОСТ Р ИСО 24153-2012 «Статистические методы. Процедуры рандомизации и отбора случайной выборки»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. N 1272-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД"): Стандартинформ, 2014. – 30 с.; 29 см.
5. Патент №2532331 РФ МПК G01N21/47. Способ определения выраженности блеска шерсти у лошадей и устройство для его осуществления. // Стегачева С.П.; заявл. 18.07.2012; опубл.10.11.2014. Бюл. №31.

6. Патент № 23345 KZ A4 A61D 99/00 Способ оценки степени блеска волосяного покрова натурального меха: опубл.15.12.2010 // Акилова У. Ш., Нуржасарова М. А., Ташенов Б. Д., Акилов К.У.

7. Патент № 2758354 C1 Российская Федерация, МПК G01N 21/47, G01N 21/47. Устройство для измерения блеска волосяного покрова пушно-меховых материалов : № 2020136536 : заявл. 06.11.2020 : опубл. 28.10.2021 / А. В. Фрунзе, А. И. Сапожникова, Ю. С. Гребенева [и др.].

8. Анализ потребительских предпочтений меховых изделий в России / М. А. Гусева, Г. П. Зарецкая, И. А. Петросова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 2. – С. 79-84.

9. Анализ современного развития меховой моды / М. А. Гусева, Л. Ю. Колташова, Е. Г. Андреева, М. И. Алибекова // Костюмология. – 2020. – Т. 5. – № 1. – С. 10.

10. Афанасьев В.А., Перельдик Н.Ш. Клеточное пушное звероводство (с цветным атласом зверей). - Текст : непосредственный.- М.: Колос, 1996. - С. 148-185.

11. Балакирев Н.А., Новиков М.В., Белгородский В.С., Андреева Е.Г., Гусева М.А. Основные тренды клеточного пушного звероводства // Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности: Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума и Международного Косыгинского Форума, Москва, 16 октября 2019 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2019. – С. 16-19.

12. Берестов В.А. Биологические особенности пушных зверей: Учебное пособие/ В.А. Берестов, Л.К. Кожевникова - СПб: Наука, 200. - С. 113-136.

13. Беседин А.Н. Товароведение и экспертиза меховых товаров: учебник для вузов/ А.Н. Беседин, С.А. Каспарьянц, В.Б. Игнатенко. - Текст : непосредственный – М.: Издательский центр «Академия», 2007. - С. 86-98 .

14. Беседин А.Н., Ганцов Ш.К. Товароведение пушно-меховых товаров. - Текст : непосредственный - М.: Экономика, 1983. - С. 56-69.
15. Беседин, А. Н. Идентификация меховых полуфабрикатов и методы ее определения / А. Н. Беседин, И. Ю. Ковальчук, О. А. Стрепетова // Кожевенно-обувная промышленность. – 2006. – № 3. – С. 35-36.
16. Беседин, А.Н. Разработка новых методов и научных основ оценки качества меха: дис. ... д-ра. техн. наук в форме науч.докл.: 05.19.08 / Беседин Алексей Николаевич. - М., 1982. - С. 45.
17. Блеск [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://znaytovar.ru/new2481.html> (Дата обращения: 23.10.2019). – Текст электронный.
18. Блескомеры [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://www.spectrophotometry.ru/bleskomery> (Дата обращения: 23.10.2019).
19. Блескомеры БФ5М [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://www.bleskomer.ru/products.html> (Дата обращения: 20.10.2019).
20. Бодрякова Л.Н., Кирсанова Е.А. Определение свойств пушно-мехового полуфабриката в процессах скорняжного производства путем применения информационных технологий / Бодрякова Л.Н., Кирсанова Е.А. // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития» // Мат. II национальной научно-практической конференции «Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития» – 01 июня 2021 г. – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 2021. С. 278-286.
21. Борисова, Е.Н. Использование метода расчета цветовых различий для оценки изменения окраски овчинного полуфабриката / Е.Н. Борисова, Ж.Ю. Койтова // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - №5. – 125, 7 с.
22. Борисова, Е.Н. Развитие научно-методологических подходов к оценке свойств овчинных полуфабрикатов для изделий различного ассортимента [Текст]: дисс. ... докт. техн. наук: 05.19.01 / Борисова Елена Николаевна. - Кострома, 2018. - С. 19-35 .

23. Боровков, А.А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез. – Текст : непосредственный.- М.: Издательство "Наука", 1984 г. - С. 146-159, 198-221.

24. Бураковская Э.А. Инструментальная оценка цветовых различий меховых образцов. Сообщ. 1. - Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 1983, №2/152. - С. 85-87.

25. Бураковская Э.А. Инструментальная оценка цветовых различий меховых образцов. Сообщ. 2. - Текст : непосредственный // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 1983, №3. - С. 84-87.

26. Возная А.В. Инструментальная оценка цветовых параметров волосяного покрова шкурок серебристо-черной лисицы [Текст] / А.В. Возная, А.И. Сапожникова, Т.В. Реусова, М.В. Новиков, О.А. Стрепетова // Методология и практика современного товароведения: актуальные вопросы и пути совершенствования: сборник материалов Международной юбилейной научно-практической конференции. - М. - 2014. - С. 23-25.

27. ВСЕ О ЦВЕТЕ [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://simple-clerk.narod.ru/COLOR/c000.htm> (Дата обращения: 25.05.2021).

28. Галанин С.И., Успенский С.В., Сорокина М.В., Ломагин В.Н., Субботин Д.Н. Способ определения блеска поверхности. – Текст : непосредственный // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2006, №13. - С. 71-74.

29. Горячева М.М., Луковенко Г.В. Взаимосвязь свойств волосяного покрова меха// Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. - 1984.- №5. - С. 17-20.

30. Гребенева Ю.С. Влияние цветовых характеристик на показатели блеска шкурок норки / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // Дизайн. Материалы. Технология. 2021. № 2 (62). – С. 43-51.

31. Гребенева Ю.С. Инструментальные методы оценки оптических свойств пушно-мехового сырья и полуфабриката / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И. // Актуальные вопросы биологии, биотехнологии, ветеринарии, зоотехнии,

товароведения и переработки сырья животного и растительного происхождения. Материалы национальной научно-практической конференции. 2019. С. 97-99.

32. Гребенева Ю.С. Количественная оценка оптических свойств полуфабриката норки // Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // Сборник научных трудов XVI Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы для студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности». 2020.

33. Гребенева Ю.С. Количественная характеристика блеска шкурок норки различных цветовых типов / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2021. № 2, 2021.

34. Гребенева Ю.С. Методы оценки оптических свойств пушно-мехового сырья и полуфабриката: совершенствование и развитие / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // ЦЕРЕВИТИНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2019. материалы VI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 175-177.

35. Гребенева Ю.С. Оптические свойства полуфабриката норки как показатель качества / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В., Орехов Д.В. // Материалы и технологии. 2019. № 2 (4). С. 47-51.

36. Гребенева Ю.С. Разработка инструментальных методов определения оптических свойств полуфабриката норки / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // ЦЕРЕВИТИНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 141-144.

37. Гребенева Ю.С. Разработка инструментальных методов определения оптических свойств полуфабриката норки // Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // Материалы VIII научно-практической конференции «Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии», проводимой в рамках X всероссийского фестиваля науки. Сборник научных трудов молодых ученых. – вып. 14 – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 2020. – 215 с.

38. Гребенева Ю.С. Сравнительная оценка оптических свойств полуфабриката норки цветowych типов лаванда и сапфир / Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития. Материалы национальной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 113-118.

39. Гребенева Ю.С. Цифровая идентификация цветowych типов шкурок норки с учетом показателей их оптических свойств/ Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И., Реусова Т.В. // Костюмология. 2021. – Т. 6. –№ 2. – С. 13.

40. Гребенева Ю.С. Цифровая идентификация цветowych типов шкурок норки по показателям их оптических свойств/ Гребенева Ю.С., Сапожникова А.И. // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития» // Мат. II национальной научно-практической конференции «Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития» – 01 июня 2021 г. – М.: ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, 2021. С. 286-295.

41. Гребенева, Ю. С. Использование многомерного статистического анализа данных для создания информационной системы инструментальной сортировки шкурок норки различных цветowych групп и типов / Ю. С. Гребенева, А. И. Сапожникова, Ю. Л. Гордеева // Костюмология. – 2020. – Т. 5. – № 4. – С. 13.

42. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Новиков М.В. Влияние высоты волосяного покрова пушно-мехового полуфабриката на конструктивные прибавки проектируемых изделий // Дизайн и технологии. - 2017. № 61 (103). – С. 37-45.

43. Давлетов З.Х., Линейцева Э.Г. Цвета и оттенки волос на шкурках соболей. //Вопр. улучшения качества и рац. использ. сырья животного происхождения. -М., 1992. – С. 11-18.

44. Дикалова В.В., Игнатов Ю.В., Лосев Г.Г., Чернова Н.К. Товарные свойства некоторых видов клеточной норки. // Сб. трудов. Вопросы улучшения качества и рационального использования сырья животного происхождения и продуктов животноводства. -М. , 1988. – С. 27.

45. Игнатенко Б.Г. Формы строения и свойства волосяного покрова млекопитающих. // Ме:а мира. - 1998, июль - август. - с. 16-21. -сентябрь- октябрь. – С. 28-32, 62.

46. Измерение цвета [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://traditio-ru.org/wiki/> (Дата обращения: 05.03.2020).

47. Ильина Е.Д., Кузнецов Г.А. Основы генетики и селекции пушных зверей. - М.: Колос, 1969. - 43-51 с.

48. Ильясова, И. К. Инструментальная оценка различий цветовых характеристик шкурок норки внутри цветового типа / И. К. Ильясова, А. Н. Квашук, А. И. Сапожникова // Методология и практика современного товароведения: Актуальные вопросы и пути совершенствования : Международная юбилейная научно-практическая конференция, Москва, 23 мая 2014 года. 58 Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина, 2014. – С. 26-29.

49. Исследование рынков пушно-меховой продукции и оценка перспектив развития деятельности звероводческого хозяйства расположенного на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры [Электронный ресурс] / Режим доступа / <http://ugra2030.admhmao.ru/docs/%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82.pdf> (Дата обращения: 19.02.2021).

50. Качество и цвет [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://www.colorlab.ru/kachestvo-i-cvet> (Дата обращения: 01.03.2020).

51. Квашук, А. Н. Количественная оценка цветовых характеристик шкурок норки цветового типа сапфир / А. Н. Квашук // Технические науки - от теории к практике. – 2013. – № 18. – С. 161-166.

52. Кирсанова Е.А., Шустов Ю.С., Куличенко А.В., Жихарев А.П. Материаловедение (Дизайн костюма). [Текст] - М.: Вузовский учебник, ИНФРА-М, 2014. – С. 395.

53. Кожина А.И. Колориметрическая градация выделанных шкурок лисицы Красной клеточного разведения / А. И. Кожина, Ю. Т. Платов, Г. А.

Бобожонова, А. И. Сапожникова // Дизайн и технологии. – 2018. – № 66(108). – С. 35-44.

54. Кожина А.И. Сравнительная оценка товарных свойств волосяного покрова шкурок лисицы Красной различных цветовых типов / А. И. Кожина, Л. М. Магомедкасумова, А. И. Сергеева, А. И. Сапожникова // Дизайн и технологии. – 2016. – № 56 (98). – С. 51-60.

55. Кожина, А. И. Инструментальная оценка цвета пушно-меховых товаров: новые возможности и перспективы использования / А. И. Кожина, А. И. Сапожникова // Церевитиновские чтения - 2017 : Материалы IV конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Москва, 22 марта 2017 года / РЭУ им. Г.В. Плеханова. – Москва: Плеханова, 2017. – С. 32-34.

56. Комарова Л.Г. Изменчивость окраски меха голубых песцов клеточного разведения. // Сб. научных трудов. Вопросы пушного хозяйства и товароведения. - М.: Экономика, 1971. – С. 268-287.

57. Корнелл П. Анализ данных в Excel: пер. с англ. - М.: Эксмо, 2007. – С. 112-138.

58. Костина, Е. В. Изучение геометрических характеристик натурального меха неразрушающим способом / Е. В. Костина, Ж. Ю. Койтова, В. Н. Ломагин // Кожевенно-обувная промышленность. – 2008. – № 5. – С. 33-34.

59. Котова Н.И. Систематика свойств меха. / Автореф. дисс. канд. тех. наук. - Московский университет коммерции. - М., 1999. – С. 20.

60. Красавчикова, А. П. Анализ особенностей технологии изготовления изделий из меха норки / А. П. Красавчикова, В. А. Обручникова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (инновации - 2014) : сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 18–19 ноября 2014 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет дизайна и технологии", 2014. – С. 141-143.

61. Кузнецов Б.А. Основы товароведения пушно-мехового сырья. – Текст : непосредственный. – М.: Гос. изд-во тех. и экон. литры по вопросам заготовок, 1952. – С. 149-179.
62. Кузнецов, Б. А. Товароведение пушно-мехового сырья – Текст : непосредственный./ Проф. Б. А. Кузнецов; Под ред. А. Г. Сидорова. - Москва: изд-во и тип. Заготиздата, 1948. – С. 75-96.
63. Лихошерстова Е.В. Топография толщины волосяного покрова песца голубого. // Кожевенно-обувная промышленность. - 1988, № 10. – С. 7-8.
64. Лосев Г.Г. и др. Прибор для определения деформируемости волосяного покрова меха. // Кожевенно-обувная промышленность. - 1988, №3. – С. 47- 48.
65. Маракова, Т.И. Инструментальный метод определения вида меха и способа обработки шкурок в изделиях – Текст : непосредственный./ Т.И. Маракова, Л.А. Комиссарова // Тезисы VI Международной научно-практической конференции: Кожа и мех в XXI веке. - 2010. – С. 176-183.
66. Машкин В.И. Биология промысловых зверей России: учебное пособие для вузов. – Киров: ВятГСХА, 2007. – С. 126-176, 254, 345-371.
67. Методика идентификации норок и их шкурок в исследовательских целях / А. А. Ходусов, М. Е. Пономарева, В. И. Коноплев [и др.] // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности : Материалы 83-й международной научно-практической конференции, Ставрополь, 22 мая 2018 года. – Ставрополь: Издательство "АГРУС", 2018. – С. 326-330.
68. Методические рекомендации по разработке экспертной системы колориметрической идентификации продовольственных и непродовольственных товаров / сост. Ю. Т. Платов, Р. А. Платова, Г. А. Бобожонова. - Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – С. 48 с.
69. Меховые элементы в дизайне одежды разного ассортимента / М. А. Гусева, Л. Ю. Колташова, М. В. Новиков [и др.] // Костюмология. – 2020. – Т. 5. – № 2. – С. 13.

70. Мешков К.В. Исследование блеска волосяного покрова облагороженных видов меха. // автореферат дис ... кандидата технических наук, - М.: НИИМП, 1953. – С. 8.

71. Новиков М.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Шкала оценки степени блеска волосяного покрова разных видов пушно-меховых шкур // Дизайн и технологии. – 2018, № 67 (109). – С. 35–43.

72. О цветовых пространствах [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://habrahabr.ru/post181580> (Дата обращения: 20.02.2020). – Текст электронный.

73. Орехов С. А. Социально-экономические проблемы развития звероводства / С. А. Орехов, Н. А. Симановский. – Текст : непосредственный// Вестник сельского развития и социальной политики. – 2017. – № 3(15). – С. 75-77.

74. Орленко Л.В. Ассортимент, товароведение и экспертиза пушно-меховых товаров: учебное пособие: ФГОС. – М.: Форум, Инфра-М, 2013. – С. 63-86.

75. Останина П.А. Метод комплексной оценки фактуры материалов как элемента дизайна изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 17.00.06. СПб.: СПбГУТД, 2013. – С. 16.

76. Останина П.А., Черных М.М. Эстетическое восприятие блеска. [Текст] // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009, №3. - С.62-65.

77. Останина, П. А. Блеск материалов / П. А. Останина, М. М. Черных. // Дизайн. Материалы. Технология. – 2008 –№4(7). – С. 56 – 58.

78. Останина, П. А. Классификация фактурных поверхностей / П. А. Останина, М. М. Черных. // Дизайн. Материалы. Технология. – 2010 – №3(14). – С. 69-74.

79. Останина, П. А. Рельефность фактуры / П. А. Останина, М. М. Черных. – Текст : непосредственный.// Дизайн. Материалы. Технология. – 2012 - № 1(20). – С. 48-61.

80. Останина, П. А. Эстетическое восприятие блеска / П. А. Останина, М. М. Черных. // Дизайн. Материалы. Технология. – 2009 – №3(10). – С. 62 – 65.

81. Оценка кредитоспособности предприятий на основе дискриминантного анализа / А. А. Халафян, Е. Ю. Пелипенко. – Текст : непосредственный.// Актуальные вопросы экономических наук. – 2010. – № 14. – С. 292-297.

82. Перминова, К. В. Изменение рельефа волосяного покрова лисицы серебристо черной при различном расположении шкурок в изделии / К. В. Перминова, Ж. Ю. Койтова, Е. Н. Борисова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : Сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 12 ноября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2020. – С. 203-206.

83. Перминова, К. В. Прогнозирование внешнего вида изделия из натурального меха при изменении радиуса кривизны поверхности / К. В. Перминова, Ж. Ю. Койтова, М. В. Сафронова // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности : Сборник статей Всероссийская научно-техническая конференция, Казань, 14–15 ноября 2019 года / под. ред. Л. Н. Абуталиповой. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2019. – С. 215-220.

84. Перминова, К. В. Усовершенствование методики построения рельефа волосяного покрова / К. В. Перминова, Ж. Ю. Койтова, Е. Н. Борисова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2020. – Т. 49. – № 3. – С. 60-63. – DOI 10.46418/0021-3489_2020_49_3_10.

85. Перспективы развития потребительского рынка меховой продукции в России / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, И. А. Петросова, Г. П. Зарецкая // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 1(373). – С. 189-191.

86. Перышкин А.В. Курс физики Часть 3. Электричество, оптика и строение атома: Учебник для средней школы. – Текст : непосредственный.М.: Просвещение, 1970. – С. 245-265.

87. Применение цифровых технологий при производстве и пошиве изделий из овчин, каракуля и шкурок пушных зверей / В. И. Трухачев, Н. А. Балакирев, В. С. Белгородский [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – 192 с. – ISBN 9785967517884.

88. Пушкарев, М. Г. Сравнительная оценка мехового сырья норок разных видовых окрасов / М. Г. Пушкарев, Е. М. Пушкарева // Актуальные вопросы зооветеринарной науки : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию доктора ветеринарных наук, профессора, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, ветерана труда Новых Николая Николаевича, Ижевск, 15 мая 2019 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 157-160.

89. Разработка методов повышения качества продукции легкой промышленности на основе внедрения информационных технологий в процесс ее проектирования / Н. В. Переборова, Е. В. Титов, Е. В. Сильченко [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2018. – № 1. – С. 85-96.

90. Рассадина С.П. Оценка топографии цвета пушно-меховых полуфабрикатов на основе трассированных изображений //Технология текстильной промышленности. – 2007. – № 6С (304). – С. 25-29.

91. Рассадина С.П. Оценка цвета волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов // Кожевенно-обувная промышленность. - 2002.- №3. – С. 25-26.

92. Рассадина Светлана Павловна. Разработка методов оценки и исследование геометрических и оптических свойств волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов: автореферат дис ... кандидата технических наук: 05.19.01:- Кострома, 2002.

93. Рассадина, С. П. К вопросу классификации характеристик строения волосяного покрова пушно-меховых полуфабрикатов / С. П. Рассадина, Ж. Ю.

Койтова, Е. Н. Борисова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 3(345). – С. 101-104.

94. Рассадина, С. П. Поверхность меховых полотен как объект дизайна / С. П. Рассадина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6(366). – С. 182-186.

95. Реусова, Т.В. Пушные аукционы (январь, февраль 2017 г.) / Т.В. Реусова. // Кролиководство и звероводство. - 2017. - № 1. - С. 16-17.

96. Родионова, М. А. Волосяной покров пушно-мехового полуфабриката как объект дизайна и инноваций / М. А. Родионова, М. А. Гусева // Молодежные исследования и инициативы в науке, образовании, культуре, политике : Сборник материалов XIV Всероссийской молодёжной научно-практической конференции, Биробиджан, 25–26 апреля 2019 года. – Биробиджан: Издательский центр федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема», 2019. – С. 916-919.

97. Руковский Н.Н. Охота на пушных зверей:/ Н.Н. Руковский – Реутов, Моск. Обл. М.: Эра, Изд. Дом Рученькиных, 2003. – С. 63-75.

98. Рыбин Б.М., Завражнова И.А. К вопросу нормативных показателей блеска защитно-декоративных покрытий на древесных подложках. – Текст : непосредственный. // Лесной вестник. – 2011, №3. - С.122-124.

99. Сапожникова А. И., Гребенева Ю. С., Реусова Т. В. Разработка статистической модели системы инструментальной сортировки шкурки норки по параметрам цветоразличия // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 11–18.

100. Сапожникова, А. И. Совершенствование инструментальных методов оценки оптических свойств пушно-мехового полуфабриката: новые технические решения / А. И. Сапожникова // Церевитиновские чтения – 2019 : материалы VI Международной научно-практической конференции, Москва, 22 марта 2019 года. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2019. – С. 237-240.

101. Система сортировки шкурок норки Saga Furs [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://furriery.ru/auctions/saga-furs/grading-system-mink.html> (Дата обращения: 25.02.2020).

102. Спектрофотометры серии SP60. Руководство по эксплуатации (модели SP60, SP62, SP64). - X-Rite Incorporated. [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://kniga.seluk.ru/k-tehnicheskie/1138984-1-rukovodstvo-ekspluatacii-modeli-sp60-sp62-sp64-x-rite-incorporated-world-headquarters-3100-44th-street-grand.php> (Дата обращения: 13.02.2019).

103. Способ определения блеска поверхности / С. И. Галанин, С. В. Успенский, М. В. Сорокина [и др.] // Вестник Костромского государственного технологического университета. – 2006. – № 13. – С. 71-74.

104. Справочная информация по работе с системой *STATISTICA* [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://statsoft.ru/resources/support/info.php> (Дата обращения: 23.02.2021).

105. Справочник RGB [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://www.karlson-e.ru/helper/RGB.html> (Дата обращения: 15.09.2021).

106. Стрепетова, О.А. Пути повышения эстетических свойств меховых изделий / О.А. Стрепетова, М.В. Горбачева. - Текст: непосредственный // Новые технологии и материалы легкой промышленности: XVI Международная научно-практическая конференция с элементами научной школы для студентов и молодых ученых: сборник статей / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2020. – С. 323-326.

107. Субтрактивный синтез цвета [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://traditio-ru.org/wiki/> (Дата обращения: 25.02.2020).

108. Теплов В.И., Панасенко В.А. Товароведение и экспертиза животноводческого сырья. Уч.пособ.вуз. М.Дашков и К, 2006г. – С. 195-220.

109. Тинаев, Н. И. Основные положения Национального стандарта "Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Общие технические условия" / Н. И. Тинаев, К. В. Харламов, А. Р. Жвакина // Кролиководство и звероводство. – 2014. – № 3. – С. 17-20.

110. Тональные соотношения. [Электронный ресурс] / Режим доступа: / https://www.mann-ivanov-ferber.ru/assets/files/bookparts-new/ni-dnya-bez-kisti/ni-dnya-bez-kisti_mail_stamped.pdf (Дата обращения: 23.11.2020).

111. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ./Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка [и др.]; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 215.

112. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер.с англ.; под ред. И.С. Енюкова. - М.: Финансы и статистика, 1989. - С. 145-160.

113. Филатова, К. В. Оценка шкурок норки для характеристики товарных наименований (вельвет, стандарт, длинноволосая) / К. В. Филатова, Т. В. Реусова // Дизайн и технологии. – 2019. – № 73(115). – С. 60-67.

114. Филатова, К. В. Характеристика волосяного покрова шкурок норки клеточного разведения с разной длиной ости / К. В. Филатова, Т. В. Реусова // Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития : Материалы национальной научно-практической конференции, Москва, 14–15 июня 2018 года. – Москва: ЗооВетКнига, 2018. – С. 229-237.

115. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. - 3-е изд. - М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – С. 512. - Текст: непосредственный.

116. Хлудеев К.Д., Баканенков И.В. Шерсть, кожевенное и пушно-меховое сырье. - Текст : непосредственный - М.: Экономика, 1968. – С. 199.

117. Хлудеев, К. Д. Товароведение пушно-мехового сырья / К. Д. Хлудеев. – М., 1964. – С. 56-63.

118. Цвет [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://sonikelf.ru/znakomimsya-s-cvetom-vsyo-o-cvetovykh-modelyax-rgb-smuk-hsvhsl-lab/> (Дата обращения: 23.01.2020).

119. Цвет в промышленности [Текст] / Под редакцией Р. Мак-Дональда/ Пер. с англ. яз. И.В.Пеновой, П.П.Новосельцева. - Текст : непосредственный. - М.: Логос, 2002. – С. 596 с.

120. Цвет для жизни [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://compuart.ru/article/8559> (Дата обращения: 10.09.2020).
121. Цветовое пространство LAB [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <http://www.spectrophotometry.ru/lab.html> (Дата обращения: 09.04.2021).
122. Церевитинов Б.Ф., Беседин А.А. Товароведение пушно-меховых товаров. - М.: Экономика, 1977. – С. 100-112.
123. Чернова О.Ф., Целикова Т.Н. Атлас волос млекопитающих. [Текст] – М.: КМК, 2004. – С. 220-256.
124. Чичварина, Л. И. Изучение свойств современного пушно-мехового полуфабриката, используемого для пошива меховых изделий на предприятии ООО "Белка Л" / Л. И. Чичварина, О. А. Будина // Кролиководство и звероводство. – 2014. – № 6. – С. 23-25.
125. Что такое RGB, CMYK, HSV+HSL, Lab — цветовые модели и параметры [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://sonikelf.ru/znamomimsya-s-cvetom-vsyo-o-cvetovykh-modelyax-rgb-cmyk-hsvhsl-lab/> (Дата обращения: 23.11.2020).
126. Шумилина Н.Н., Уколова Е.М., Староверова И.Н., Митрофанова М.В. Кутикула и волосяного покрова. - Текст : непосредственный.// Кролиководство и звероводство. - 2002, № 4. - С.12-13.
127. A guide to understanding color communication / X-Rite Incorporated.-2007.-P.1-19.
128. B. A. McGregor Comparisons of the Fourier Transform Infrared Spectra of cashmere, guard hair, wool and other animal fibres / B. A. McGregor, X. Liu & X. G. Wang // The Journal of The Textile Institute 2017.-P. 11.
129. CMYK [Электронный ресурс] / Режим доступа: / <https://ru.wikipedia.org/wiki/CMYK> (Дата обращения: 19.10.2019).
130. Color Glossary / X-Rite Incorporated.-2007.-P.20-24.
131. Czepluch W., Hohm G., Tolkiehn K. Gloss of hair surfaces: Problems of visual evaluation and possibilities for goniophotometric measurements of treated strands// Journal of the Society of Cosmetic Chemists. – 1993, Vol.44, No.6. – P.299-317.

132. Deedrick, D. W. Microscopy of hair Part I: A practical guide and manual for human hairs / Deedrick, D. W., Koch, S. L // Forensic Science Communications 2004. – P. 86-99.
133. Einfeld W., Prinz D., Schroeder B., Schmidt J., Stuermer R. Investigation of consumers' hair shine perception by eye tracking technology in combination with assessment of physiological body reactions// IFSCC Magazine. - 2015, Vol.18, Is.3. – P. 113-125.
134. Fiber-Content Measurement of Wool–Cashmere Blends Using Near-Infrared Spectroscopy / Jinfeng Zhou, Rongwu Wang, Xiongying Wu, and Bugao // Applied Spectroscopy 0(0) 1–10. The Author(s) 2017.-P.10.
135. G. Sharma The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations/ G. Sharma, W. Wu, E.N. Dalal //Color research and application.-2005.- V.30,№1.-P.21-30
136. Gao T., Pereira A., Zhu S. Study of hair shine and hair surface smoothness// Journal of Cosmetic Science. - 2009, Vol.60, No.2. - P.187-197.
137. George L. Spectral Reflectance of Polar Bear and Other Large Arctic Mammal Pelts; Potential Applications to Remote Sensing Surveys / George Leblanc, Charles M. Francis, Raymond Soffer, Margaret Kalacska and Julie de Gea // Remote Sens. 2016, № 8. P. 273.
138. Grojean R.E., Sousa J.A., Henry M.C. Utilization of solar radiation by polar animals: An optical model for pelts// Applied Optics. - 1980, Vol. 19, Is.3. - P.339-346.
139. Guseva M.A., Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Lunina E.V., Petrosova I.A. Actuality of fur clothes automated design in universal and special CAD-systems // Znanstvena misel.- 2017, Vol.2, №5. – P.45-47.
140. Hagens R., Wiersbinski T., Becker M.E., Wenck H. Qualification of an automated device to objectively assess the effect of hair care products on hair shine// Journal of cosmetic science. - 2011, Vol.62, Is.5. - P.453-467.
141. Keiji Kondo¹ Hair density and morphology of medulla in Mustelidae / Keiji Kondo¹, Yoshitake Ninomiya¹, Hideo Ichikawa², Masaru Kato², Shigeharu Fukunaga³

and Asako Kondo Hosaka// Proceedings of the VIII International Scientific Congress in Fur Animal Production V: Fur Properties. 2004. – P. 263-270.

142. Keis K., Ramaprasad K.R., Kamath Y.K. Effect of hair color on luster// Journal of cosmetic science. – 2004, Vol.55, No.5. - P.423-436.

143. Koon D.W. Is polar bear hair fiber optic// Applied Optics. - 1998, Vol.37, Is.15. - P.3198-3200.

144. Leena B. The influence of pelting time on pelt characteristics in blue fox (*Alopex lagopus*) / Leena Blomstedt¹, Lauri Jauhiainen², Maija Miettinen¹ and Kerstin Smeds¹ // Proceedings of the VIII International Scientific Congress in Fur Animal Production V: Fur Properties. 2004. – P. 356-360.

145. Lim J.M., Chang M.Y., Park M.E., Kwak T.J., Kim J.J., Lee C.K. A study correlating between instrumental and consumers' subjective luster values in oriental hair tresses// Journal of the Society of Cosmetic Chemists. - 2006, Vol. 57, No. 6, – P. 475-485.

146. M. Zoccola Identification of Wool, Cashmere, Yak, and Angora Rabbit Fibers and Quantitative Determination of Wool and Cashmere in Blend: a Near Infrared Spectroscopy Study / M. Zoccola, N. Lu¹, R. Mossotti, R. Innocenti, and A. Montarsolo // Fibers and Polymers 2013, Vol.14, No.8, – P. 1283-1289.

147. McGuire, K.P. Daylight: is it in the eye of the beholder? / K.P. McGuire // Journal of the illuminating engineering society.-2000.-V.1, №8.-P.32-40.

148. McMullen R., Jachowicz J. Optical properties of hair: Effect of treatments on luster as quantified by image analysis// Journal of the Society of Cosmetic Chemists. - 2003, Vol.54, No.4. - P.335-351.

149. Nagase S., Shibuichi S., Ando K., Kariya E., Satoh N. Influence of internal structures of hair fiber on hair appearance. I. Light scattering from the porous structure

of the medulla of human hair// Journal of Cosmetic Science. - 2002, Vol.53, No.2. - P.89-100.

150. O.V. Trapezov The regulation role of behavior in coat color formation in mink (*Neovison vison*) // Part 3. Breeding, genetics and reproduction Proceedings of the Xth International Scientific Congress in fur animal production. – P. 17.

151. Praslova, L.A Morphology of hair pigmentation in wild red foxes, silver foxes, and their hybrids / L.A.Praslova, L.N.Trut, E.B.Vsevolodov, I.F.Latipov // General genetics.-2002.-V.38, №4.-P.463-467.

152. Preciado J.A., Rubinsky B., Otten D., Nelson B., Martin M.C., Greif R. Radiative properties of polar bear hair // ASME 2002 International Mechanical Engineering Congress and Exposition: Advances in Bioengineering. - New Orleans, Louisiana, USA, 2002. Paper No. IMECE2002-32473. - P.57-58.

153. Products recycling waste fur production: new capabilities to use / F.I. Vasilevich, O.V. Bobyleva, A.I. Sapozhnikova [et.al.]. - Текст: электронный // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - Т. 9, № 6. - С. 1602 -1606. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36554779> (дата обращения: 02.12.2020). - Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

154. Ramesh G., Turner M., Schröder B., Wortmann F. Analysis of hair shine using rendering and subjective evaluation// ACM Transactions on Applied Perception. - 2018, Vol.15, Is.4. - P.1-17.

155. Rennie J.H.S., Bedford S.E., Hague J.D. A model for the shine of hair arrays// International Journal of Cosmetic Science. - 1997, Vol.19, No.3. - P.131-140.

156. Rogowitz, B.E. Why should engineers and scientists be worried about color? / B.E.Rogowitz, L.A.Treinish, T.I.Watson //Journal of the illuminating engineering society.-2005.- V.6,№11.-P.24-34

157. Scanavez C., Zoega M., Barbosa A., Joekes I. Measurement of hair luster by diffuse reflectance spectrophotometry// Journal of the Society of Cosmetic Chemists. - 2000, Vol.51, No.5. - P.289-302.
158. Tango Y., Shimmoto K. Development of a device to measure human hair luster// Journal of the Society of Cosmetic Chemists. - 2001, Vol.52, No.4. - P.237-250.
159. The International Commission on Illumination: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cie.co.at/> (Дата обращения: 23.10.2020).
160. Trapezov O.V. Population genetics and registration of fox pelts in warehouses // Proceedings of the VIII International Scientific Congress in Fur Animal Production V: Fur Properties. 2004. – P. 446-452.
161. Wortmann F.-J., Schulze zur Wiesche E., Bourceau B. Analyzing the laser-light reflection from human hair fibers. II. Deriving a measure of hair luster// Journal of the Society of Cosmetic Chemists. - 2004, Vol.55, No.1. - P.81-93.

ПРИЛОЖЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор



ООО «Русская меховая компания»

П.Ю. Лебедев

» _____ 2021 г

АКТ

проведения производственных испытаний по инструментальной оценке показателей, характеризующих цвет и блеск шкурки норки

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ООО "Русская меховая компания" в лице старшего товароведа Орехова Д.В., с одной стороны, и представители Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И. Скрябина (ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина), с другой стороны, доктор технических наук, профессор Сапожникова А.И., аспирант кафедры товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С. А. Каспарьянца Гребенева Ю.С., составили настоящий акт в том, что с июня 2019 г. по май 2020г. на базе ООО "Русская меховая компания" была проведена производственная апробация систем оценки параметров, характеризующих цвет и блеск шкурок норки различных цветовых типов, разработанных аспирантом Гребеновой Ю.С., выполняющей кандидатскую диссертационную работу на кафедре товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С. А. Каспарьянца на тему «Разработка цифровой системы оценки параметров, характеризующих цвет и блеск шкурок норки».

В опыте было использовано 840 образцов шкурок самцов норки клеточного разведения следующих цветовых типов: черная, темно-коричневая, коричневая (дикого типа), пастель, топаз, лавандовая, сканбраун (браун),

жемчужная, белая, серебристо-голубая, алеутская, голубой ирис, сапфир, фиолет, по 60 шкурок каждого цветового типа, отобранных для формирования базы данных.

Шкурки норки были отсортированы по окраске волосяного покрова согласно ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия».

Количественная оценка основных цветовых характеристик шкурок норки в цветовом пространстве CIE $L^*a^*b^*$, проведена с помощью портативного спектрофотометра X-Rite SP 62 (табл. 1).

Таблица 1 - Средние, минимальные и максимальные значения цветовых характеристик шкурок норки различных цветовых типов

n=840

Цветовой тип	Количество образцов	Цветовые координаты								
		L^*			a^*			b^*		
		L^*_{\min}	L^*_{cp}	L^*_{\max}	a^*_{\min}	a^*_{cp}	a^*_{\max}	b^*_{\min}	b^*_{cp}	b^*_{\max}
Черная	60	13,13	16,27±0,15	18,03	0,29	0,70±0,03	1,19	0,17	0,56±0,03	0,96
Темно-коричневая	60	17,13	18,10±0,12	18,97	0,87	1,74±0,07	2,31	0,08	0,58±0,07	1,19
Сканбраун (браун)	60	18,99	21,43±0,19	24,69	2,29	2,62±0,02	2,96	3,12	3,59±0,03	3,99
Коричневая (дикого типа)	60	20,55	23,53±0,36	26,89	3,48	3,99±0,08	4,66	2,77	4,56±0,19	6,05
Пастель	60	24,31	28,82±0,54	44,80	3,09	3,74±0,04	4,35	4,58	5,30±0,06	6,75
Топаз	60	54,15	57,32±0,24	58,74	5,13	5,46±0,06	5,97	12,08	13,40±0,21	14,95
Лавандовая	60	36,36	39,77±0,30	43,24	2,45	2,96±0,03	3,33	1,18	1,56±0,04	1,99
Жемчужная	60	70,23	71,88±0,15	74,69	0,26	0,60±0,02	0,95	2,37	2,64±0,02	2,97
Серебристо-голубая	60	49,78	52,18±0,21	56,77	4,86	5,50±0,04	5,98	5,67	6,62±0,04	7,16
Алеутская	60	39,44	42,79±0,2	46,03	1,22	1,37±0,01	1,49	0,47	0,86±0,02	1,22
Голубой ирис	60	54,74	66,09±0,51	71,64	2,15	2,63±0,04	3,28	8,39	9,53±0,03	9,98
Сапфир	60	38,45	41,99±0,27	46,90	0,49	0,66±0,01	0,80	1,50	1,66±0,01	1,89
Фиолет	60	48,26	55,51±0,35	59,64	0,46	0,62±0,01	0,85	2,34	3,0±0,05	3,82
Белая	60	80,90	87,87±0,52	91,60	0,03	0,54±0,06	0,84	9,05	9,58±0,07	10,26

Количественное определение цветовых параметров шкурок норки позволило уйти от субъективности в оценке цвета и доказать, что количественные границы каждого цветового типа по значениям цветовых координат L^* , a^* , b^* достоверно отличаются друг от друга (уровень значимости $p \leq 0,05$).

Результаты количественной характеристики блеска, полученные при апробации экспериментального блескомера меха, представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Средние, минимальные и максимальные значения степени блеска (ед. GU) шкурок норки различных цветовых групп

n=840

Шкурки норки	Степень блеска, ед. GU (n=60)								
	1			2			3		
Цветовой тип	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}
Черная	28,60	33,48±0,77	39,80	49,70	54,89±0,97	67,00	59,80	65,61±0,99	77,30
Темно-коричневая	17,80	20,51±0,44	24,87	30,30	34,35±0,48	38,20	40,10	44,66±0,62	49,80
Сканбраун (браун)	30,60	35,08±0,72	40,10	50,40	55,04±0,63	60,30	63,10	68,11±0,69	73,10
Коричневая (дикого типа)	25,10	30,26±0,84	36,40	39,80	44,73±0,65	49,70	41,90	54,99±0,88	59,60
Пастель	18,10	21,01±0,52	27,40	30,20	36,71±1,06	44,80	55,20	64,41±0,88	70,30
Топаз	23,60	53,48±1,67	58,90	61,80	70,22±1,16	79,80	82,30	85,94±0,47	89,70
Лавандовая	31,20	36,17±0,66	39,70	48,60	55,60±0,81	61,30	69,30	75,01±0,71	79,80
Жемчужная	51,70	59,65±0,82	65,00	65,40	74,14±1,03	80,10	80,90	85,83±0,55	89,60
Серебристо-голубая	32,30	37,41±0,63	42,10	51,40	55,51±0,65	60,50	65,98	70,56±0,68	75,32
Алеутская	24,80	30,18±0,79	38,80	36,60	43,25±1	50,00	51,90	56,09±0,6	60,00
Голубой ирис	11,20	15,91±0,68	20,90	22,10	26,16±0,64	30,00	32,00	36,42±0,62	40,50
Сапфир	40,80	44,94±0,52	48,10	52,10	56,64±0,53	59,80	60,30	67,3±0,74	72,30
Фиолет	39,10	44,22±0,78	49,80	51,60	56,32±0,54	59,80	62,70	66,69±0,49	69,30
Белая	70,10	73,10±0,33	75,30	77,20	80,78±0,6	84,90	87,50	90,24±0,43	93,20

Проведенное исследование показало, что каждый цветовой тип имеет 3 диапазона единиц блеска GU - сильный, средний, слабый, которые достоверно отличаются друг от друга (уровень значимости $p \leq 0,05$).

Обобщая полученные результаты, следует отметить, что:

- количественная оценка основных цветовых характеристик шкурок норки в цветовом пространстве CIE L*a*b* позволяет однозначно определить цвет каждой шкурки, и тем самым выбирать шкурки, практически не отличающиеся друг от друга по цветовосприятию, что очень важно при подборе шкурок на изделие;
- инструментальное определение блеска с помощью экспериментального блескомера дает возможность установить количественные границы интенсивности трех категорий блеска для каждого цветового типа, достоверно отличающиеся друг от друга.

- исследования по инструментальной, количественной оценке цвета и блеска волосяного покрова шкурок норки имеют большое научно-практическое значение, так как дают возможность полностью исключить субъективность в работе.

Представитель ООО «Русская меховая компания»

Старший товаровед



Д.В. Орехов

Представители ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА им. К.И. Скрябина

Профессор кафедры товароведения,
технологии сырья и продуктов
животного и растительного происхождения, д.т.н.



А.И.Сапожникова

Аспирант



Ю.С. Гребенева

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени

К.И. Скрябина

Д.в.н., профессор

Л.А. Гнездилова

2021 г.

**АКТ****внедрения результатов исследования в учебный процесс**

Предмет внедрения: результаты научной-квалификационной работы «Разработка цифровой системы оценки параметров, характеризующих цвет и блеск шкурок норки».

Форма внедрения: результаты исследований по инструментальной оценке показателей цвета и блеска шкурок норки различных цветовых типов используются при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по дисциплине «Товароведение и экспертиза пушного сырья» (направление подготовки 38.03.07 «Товароведение»), а также при выполнении выпускных квалификационных работ.

Место внедрения: кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов растительного и животного происхождения им. С.А. Каспарьянца.

Результаты внедрения:

- инструментальная оценка цвета шкурок норки различных цветовых типов в цветовом пространстве CIE L* a* b*.
- инструментальная оценка блеска шкурок норки различных цветовых типов с помощью экспериментального блескомера.
- цифровая идентификация цветовых типов шкурок норки с учетом показателей их оптических свойств.

Сроки внедрения: 2020 - 2021 учебный год.

Заведующая кафедрой товароведения, технологии
сырья и продуктов животного и растительного
происхождения имени С.А. Каспарьянца,
к.т.н., доцент



М.В. Горбачева

Научный руководитель, профессор кафедры
товароведения, технологии сырья и продуктов животного
и растительного происхождения имени С.А. Каспарьянца,
д.т.н., проф.



А.И. Сапожникова

Исполнитель



Ю.С. Гребенева

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2758354

**Устройство для измерения блеска волосяного покрова
пушно-меховых материалов**

Патентообладатели: *Фрунзе Александр Вилленович (RU),
Сапожникова Алла Ионовна (RU), Гребенева Юлия Сергеевна
(RU), Реусова Татьяна Викторовна (RU), Орехов Дмитрий
Вячеславович (RU)*

Авторы: *Фрунзе Александр Вилленович (RU), Сапожникова
Алла Ионовна (RU), Гребенева Юлия Сергеевна (RU), Реусова
Татьяна Викторовна (RU), Орехов Дмитрий Вячеславович
(RU)*

Заявка № 2020136536

Приоритет изобретения 06 ноября 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 октября 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 06 ноября 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОТЕХНОЛОГИИ –
МВА имени К.И. СКРЯБИНА»
(ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина)
Кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и
растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и

инновациям, д.в.н., профессор

Л.А. Гнездилова

_____ 2021 г.



**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ШКУРОК
НОРКИ**

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., профессор

аспирант

доцент, к.т.н.

А.И. Сапожникова

Ю.С. Гребенева

Т.В. Реусова

Москва 2021

В настоящей методике изложены способы органолептической и инструментальной оценки цветовых характеристик волосяного покрова монохромных цветовых типов шкур норки.

1. Основные понятия

Пушнина - шкурки пушных зверей, добытые охотничьим промыслом (белка, соболь, выдра, волк, песец белый, лисица красная, сурок, суслик) или разводимые в зверохозяйствах (норка, песец голубой, лисица серебристо-черная, соболь, сурок, хорь).

Пушно-меховое сырье - это шкурки, снятые с тушек диких и домашних животных (невыделанные).

Волос - производное эпидермиса, состоящее из корня и стержня. Корень волоса заканчивается волосяной луковицей, в которую снизу входит волосяной сосочек с сосудами и нервами.

Волосяной покров шкурки представляет собой совокупность разнообразных волос, покрывающих тело животного и выполняющих определенные физиологические функции.

Цвет волосяного покрова шкурки определяется содержанием в нем двух пигментов - *эумеланина* и *феомеланина*. Последний имеет красноватый оттенок и, в отличие от темного и зернистого меланина, его молекулы не образуют гранул (распределены диффузно). Тип, количество, размер гранул и пропорция этих пигментов определяют цвет натуральных волос.

Цвет - это свойство излучения, общее для всех спектральных составов видимых излучений, визуально не различимых в колориметрических условиях наблюдения.

Цвет - качественная субъективная характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемая на основании возникающего физиологического зрительного ощущения и зависящая от ряда физических, физиологических и психологических факторов.

Цвет - это трехмерная величина и для полной спецификации цвета нужна цветовая система, которая задается координатами, являющимися характеристиками цвета.

Яркость - степень близости цвета к черному.

Светлота - степень близости цвета к белому.

Насыщенность - это степень отличия хроматического цвета (хроматические цвета - это те цвета и их оттенки, которые мы различаем в спектре: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый) от равного ему по светлоте ахроматического (ахроматические цвета - черный, белый и все оттенки серого), «глубина» цвета.

Цветовой тон (оттенок) - характеристика цвета, отвечающая за его положение в спектре: любой хроматический цвет может быть отнесен к какому-либо определенному спектральному цвету.

Цветовой тон - характеристика, служащая для установления сходства данного цветовосприятия с цветовосприятием, вызываемым тем или иным монохроматическим спектральным стимулом: красным, оранжевым, желтым, зеленым, синим, пурпурным или их смесями.

Цветовая модель - это некоторая абстрактная вещь, в которой цвет представляется в виде совокупности чисел.

CIELAB - это цветовое пространство, определенное Международной комиссией по освещению (CIE) в 1976 году, выражающее цвет в виде трех значений: L^* для яркости от черного (0) до белого (100), a^* от зеленого (-) до красного (+) и b^* от синего (-) до желтого (+).

2. Назначение и область использования

Методика заключается в проведении органолептической и инструментальной оценки общего цветового тона волосяного покрова шкурок норки по координатам цвета в цветовом пространстве CIE $L^*a^*b^*$ и может быть использована как альтернатива или дополнение к классической экспертной оценке цвета пушнины.

2.1 Оборудование и материалы:

1. Портативный сферический спектрофотометр X-Rite SP-62.
2. Компьютерная программа Microsoft Excel для Windows, входящая в стандартный пакет Microsoft Office.

2.2 Подготовка к проведению испытаний

Перед испытаниями шкурки должны быть разложены на сортировочном столе, при необходимости волосяной покров должен быть разглажен или расчесан.

Шкурки подготавливают к исследованиям доведением до воздушно-сухого состояния с последующим выдерживанием при температуре 20 ± 3 °C и относительной влажности 65 ± 5 %.

2.3 Проведение органолептической и инструментальной оценки общего цветового тона волосяного покрова шкурок норки

Порядок проведения работы:

1. Изучить теоретический материал.
2. Провести органолептическую оценку общего цветового тона волосяного покрова шкурок норки по ГОСТ Р 55587–2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия». Данные записать в таблицу.

Таблица 1 - Органолептическая оценка шкурок в соответствии с ГОСТ Р 55587-2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»

№ образца	Цветовой тип
1	

2	
...	
n_i	

3. Провести инструментальную оценку общего цветового тона волосяного покрова образцов шкурок по координатам цвета в цветовом пространстве CIE $L^*a^*b^*$, с помощью портативного сферического спектрофотометра X-Rite SP-62.

Принцип работы спектрофотометра X-Rite SP62:

- 1) Включить спектрофотометр X-Rite SP62 в сеть.
- 2) Перед началом работы провести калибровку (считывание прибором белого и черного эталонов) с помощью специального калибровочного стенда. Для этого прибор установить на стенд и на дисплее прибора выбрать пункт «Calibrate».
- 3) Анализируемый образец встряхнуть, чтобы расправить волосяной покров, и уложить на стол.
- 4) На приборе выбрать пункт «Начало нового проекта», чтобы все последующие измерения были сохранены в отдельную выборку.
- 5) После этого прибор поместить на волосяной покров шкурки строго вертикально, чтобы в отверстие прибора попали волосы ости и подпуши. Для точности повторяющихся измерений подошва лапки прибора должна плотно прилегать к поверхности измеряемого образца.
- 6) Сканирование происходит автоматически.
- 7) Измерения проводят на 10 точках топографического участка шкурки в 3-х повторностях, результат усредняют.

4. Результаты инструментальной оценки занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Создание базы экспериментальных данных

№ образца	Цветовые координаты		
	L^*	a^*	b^*
1			
2			
...			
n_i			

5. Сравнить результаты органолептической и инструментальной оценки общего цветового тона волосяного покрова шкурок норки. Обработку результатов провести с помощью методов вариационной статистики.

6. Рассчитать средние значения цветовых параметров.
7. Оформить отчет, сделать выводы.

Приложение А (справочное)**Перечень ссылочных документов**

1. ГОСТ 13088–67. «Колориметрия. Термины, буквенные обозначения» / утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 24.07.67. Дата введения 01.01.1968. – М.: Издательство стандартов. 1967. 15 с. - Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 55587–2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2013 г. N 865-ст. введен впервые: дата введения 2015-01-01 / разработан ГНУ НИИПЗК Россельхозакадемии. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 25 с.; 29 см. - Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р ИСО 24153-2012 «Статистические методы. Процедуры рандомизации и отбора случайной выборки»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. N 1272-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД"): Стандартинформ, 2014. – 30 с.; 29 см. - Текст : непосредственный.
4. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. - 3-е изд. - М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – С. 512. - Текст: непосредственный. - Текст : непосредственный.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОТЕХНОЛОГИИ –
МВА имени К.И. СКРЯБИНА»
(ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина)
Кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и
растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и
инновациям, профессор

Л.А. Гнездилова

«17» ноября 2021 г.



**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЛЕСКА ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА
ШКУРОК НОРКИ РАЗЛИЧНЫХ ЦВЕТОВЫХ ТИПОВ**

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., профессор

аспирант

доцент, к.т.н.

А.И. Сапожникова

Ю.С. Гребенева

Т.В. Реусова

Москва 2021

В настоящей методике описаны органолептический и инструментальный методы оценки блеска волосяного покрова монохромных цветовых типов шкурок норки.

1. Основные понятия

Пушнина - шкурки пушных зверей, добытые охотничьим промыслом (белка, соболь, выдра, волк, песец белый, лисица красная, сурок, суслик) или разводимые в зверохозяйствах (норка, песец голубой, лисица серебристо-черная, соболь, сурок, хорь).

Пушно-меховое сырье - это шкурки, снятые с тушек диких и домашних животных (невыделанные).

Волос - производное эпидермиса, состоящее из корня и стержня. Корень волоса заканчивается волосяной луковицей, в которую снизу входит волосяной сосочек с сосудами и нервами.

Волосяной покров шкурки представляет собой совокупность разнообразных волос, покрывающих тело животного и выполняющих определенные физиологические функции.

Высота волосяного покрова - наименьшее расстояние от поверхности кожной ткани до конца большинства кроющих волос.

Длина - одна из основных характеристик строения и свойств, определяющих ценность меха и его использование. Она характеризуется длиной составляющих волосяной покров волос (в основном кроющих) от основания до кончиков в естественном (расправленном, но не растянутом) состоянии.

Остевой (кроющий) волос - длиннее подшерстка, плотно прикрывает подшерсток, защищая его от намокания. Остевой волос состоит из трёх слоёв: чешуйчатого, коркового и сердцевинного.

Пуховые волосы (подшерсток) - это более короткие и тонкие, обычно волнисто изогнутые волосы без сердцевинки или со слабо развитой сердцевинкой.

Блеск - способность поверхности волоса отражать падающие на него лучи света.

Блеск - это характеристика свойства поверхности, отражающей свет, показывающая соотношение между интенсивностями света, зеркально отражённого от поверхности, и диффузного света.

Диффузное отражение света - отражённые от предмета лучи распространяются во все стороны, вследствие чего предмет виден со всех сторон.

Зеркальное отражение света - это когда падающие на гладкую поверхность под определённым углом лучи света отражаются преимущественно в одном направлении.

Тип блеска - зависимость от направления распространения отраженных поверхностью световых лучей.

Степень блеска - количество зеркально отраженного поверхностью света в общем отраженном потоке.

2. Назначение и область использования

Методика заключается в проведении органолептической и инструментальной оценки блеска волосяного покрова образцов шкурок норки различных цветовых типов.

Сущность метода заключается в определении способности поверхности волоса отражать падающие на него лучи света.

2.1 Оборудование и материалы:

1. Блескомер для измерения блеска меховых материалов.
2. Компьютерная программа Microsoft Excel для Windows, входящая в стандартный пакет Microsoft Office.

2.2 Подготовка к проведению испытаний

Перед испытаниями шкурки должны быть разложены на сортировочном столе, при необходимости волосяной покров должен быть разглажен или расчесан.

Шкурки подготавливают к исследованиям доведением до воздушно-сухого состояния с последующим выдерживанием при температуре 20 ± 3 °С и относительной влажности 65 ± 5 °С.

2.3 Проведение органолептической и инструментальной оценки блеска волосяного покрова шкурок норки

Порядок проведения работы:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом.
2. Провести органолептическую оценку блеска волосяного покрова шкурок норки по ГОСТ Р 55587–2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия». Данные записать в таблицу.

Таблица 1 - Органолептическая оценка блеска на шкурках норки

№ образца	Блеск, характеристика
1	
2	
...	
n_i	

3. С учетом того, что степень блеска можно определять, как отношение длины остевых волос к высоте пухового яруса, провести сортировку шкурок норки любого цветового типа с учетом измерения соотношения длин остевых волос к высоте пухового яруса, с помощью линейки.

На шкурках каждого цветового типа выделить 3 категории остевых волос, различающихся по длине l и превышающих высоту пухового яруса h на 0 - 3,0 мм, 3,1 - 6 мм и свыше 6,1 мм, соответственно. Рассчитать средние значения длин остевых волос методом вариационной статистики. Оформить результаты в виде таблицы.

Таблица 2 - Длина остевых волос и высота пухового яруса на шкурках норки

Цветовой тип	Длина остевых волос, l , мм.			Высота пухового яруса, h , мм.
	l_{\min}	l_{cp}	l_{\max}	
1				
2				
...				
n_i				

4. Провести инструментальную оценку блеска на шкурках норки, предварительно разделенных по цветовым координатам, полученных в результате инструментальной оценки цвета на спектрофотометре X-Rite SP62 цветовой системе CIE $L^*a^*b^*$, с помощью блескомера (рис. 1).

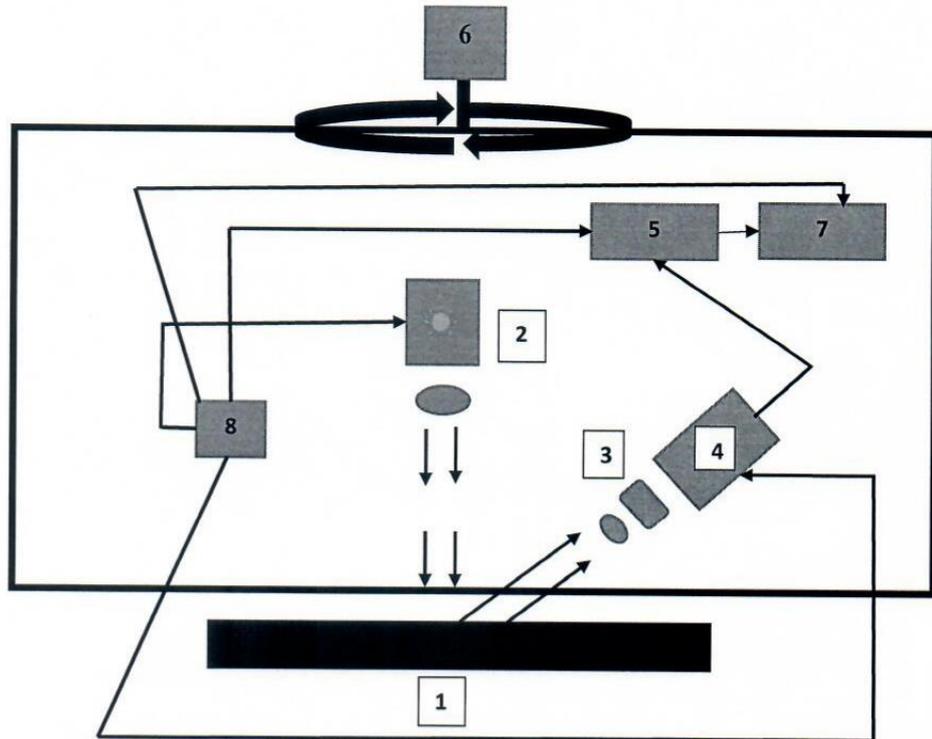


Рисунок 1 - Схема устройства для измерения блеска меховых материалов

Принцип работы блескомера:

1) Измеряемое пушное изделие 1 освещают источником света 2. Отраженный от поверхности изделия 1 световой поток попадает на приемник излучения 3, расположенный под фиксированным углом к поверхности изделия 1.

2) Усилитель-преобразователь 4 выходной сигнал с приемника 3 усиливает и преобразует к виду, требуемому для функционирования вычислителя 5.

3) Сигнал с выхода усилителя-преобразователя 4 подают на вычислитель 5.

4) При помощи устройства вращения 6 плоскость, в которой расположены осветитель 2 и приемник излучения 3, вращается вокруг перпендикуляра к поверхности изделия 1, проходящего через центр светового пятна, проецируемого на него осветителем 2. Вращение осуществляется в пределах полного угла вращения 360° .

5) Измерение отраженного от изделия сигнала осуществляется с заданным шагом, например, через 5° . Результаты всех измерений сохраняются до момента обработки.

6) После завершения всех измерений в пределах угла 360° , вычислитель осуществляет обработку сохраненных результатов измерений - находит максимальное из них и минимальное, затем делит первое на второе, и отображает полученный результат на индикаторе 7.

7) Питание всего устройства осуществляют от блока питания 8.

5. Результаты количественной характеристики блеска, полученные при измерении блескомером, записать в таблицу 3. Расчет результатов провести с помощью методов вариационной статистики.

Таблица 3 - Средние, минимальные и максимальные значения степени блеска (ед. GU)

Шкурки норки	Степень блеска, ед. GU (n=60)								
	1			2			3		
Цветовой тип	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}	GU _{min}	GU _{cp}	GU _{max}
ni									

6. Оформить отчет, сделать выводы.

Приложение А (справочное)**Перечень ссылочных документов**

1. ГОСТ 31975–2017 «Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий под углом 20°, 60° и 85°» национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. N 1005-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31975-2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г. / разработан Комитетом по стандартизации ТК 35 "Краски и лаки". – Москва: Стандартинформ, 2017. – 20 с. - Текст : непосредственный.
2. ГОСТ Р 55587–2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2013 г. N 865-ст. введен впервые: дата введения 2015-01-01 / разработан ГНУ НИИПЗК Россельхозакадемии. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 25 с.; 29 см. - Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р ИСО 24153-2012 «Статистические методы. Процедуры рандомизации и отбора случайной выборки»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. N 1272-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД"): Стандартинформ, 2014. – 30 с.; 29 см. - Текст : непосредственный.
4. Патент № 2758354 С1 Российская Федерация, МПК G01N 21/47, G01N 21/47. Устройство для измерения блеска волосяного покрова пушно- меховых материалов : № 2020136536 : заявл. 06.11.2020 : опубл. 28.10.2021 / А. В. Фрунзе, А. И. Сапожникова, Ю. С. Гребенева [и др.].

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОТЕХНОЛОГИИ –
МВА имени К.И. СКРЯБИНА»
(ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина)
Кафедра товароведения, технологии сырья и продуктов животного и
растительного происхождения им. С.А. Каспарьянца**



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и
инновациям, профессор

Л.А. Гнездилова

Л.А. Гнездилова 2021 г.

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО
СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ
ОЦЕНКИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПУШНОГО СЫРЬЯ И
ЦИФРОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЕГО ВИДОВ НА
ПРИМЕРЕ ШКУРОК НОРКИ РАЗЛИЧНЫХ ЦВЕТОВЫХ ТИПОВ**

РАЗРАБОТАНО:

д.т.н., профессор

аспирант

доцент, к.т.н.

А.И. Сапожникова

Ю.С. Гребенева

Т.В. Реусова

Москва 2021

Настоящая методика направлена на:

- выявление взаимосвязи между показателями цвета и блеска с помощью методов многомерного статического анализа на примере шкурок норки различных цветовых типов в программе STATISTICA 10;
- оценку правильности отнесения шкурок к одному к одному из цветовых типов с учетом их колористических характеристик и степеней блеска с помощью системы классификационных функций.

1. Основные понятия

Цвет - это свойство излучения, общее для всех спектральных составов видимых излучений, визуально не различимых в колориметрических условиях наблюдения.

Цвет - качественная субъективная характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемая на основании возникающего физиологического зрительного ощущения и зависящая от ряда физических, физиологических и психологических факторов.

Цвет - это трехмерная величина и для полной спецификации цвета нужна цветовая система, которая задается координатами, являющимися характеристиками цвета.

Блеск - способность поверхности волоса отражать падающие на него лучи света.

Блеск - это характеристика свойства поверхности, отражающей свет, показывающая соотношение между интенсивностями света, зеркально отражённого от поверхности, и диффузного света.

Многомерный статистический анализ данных - это раздел математики, который занимается изучением методов сбора и предварительного анализа многомерных статистических данных, их систематизации и обработки с целью выявления характера и структуры взаимосвязей между признаками, присущими исследуемому объекту или системе.

Кластерный анализ - многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.

Дискриминантный анализ (ДА) - изучение различия между классами по отношению к множеству переменных одновременно в координатах дискриминантных функций и расчет классификационных функций, позволяющих определить принадлежность продукции к одному из классов.

Дискриминантная функция (ДФ) - статистика, служащая для построения правила различения в задачах дискриминантного анализа с двумя распределениями.

Статистика Лямбда-Уилкса - это критерий, используемый при проведении исследований и показывающий, различаются ли между собой средние значения дискриминантной функции в исследуемых группах образцов. Вычисляется как отношение детерминанта матрицы

внутригрупповых дисперсий к детерминанту общей ковариационной матрицы.

Критерий Фишера (F-статистика) - апостериорный статистический критерий, используемый для сравнения дисперсий нескольких вариационных рядов, то есть для определения значимых различий между групповыми средними переменными в дисперсионном анализе.

2. Назначение и область использования

Методика заключается в использовании многомерного статистического анализа для оценки параметров, характеризующих цвет и блеск волосяного покрова пушных шкурок, выявления взаимосвязи между ними и принятия решения о принадлежности шкурок к определенному цветовому типу.

2.1 Оборудование и материалы:

1. Портативный сферический спектрофотометр X-Rite SP-62.
2. Блескомер для измерения блеска меховых материалов
3. Компьютерная программа Microsoft Excel для Windows, входящая в стандартный пакет Microsoft Office, и пакет статистического анализа STATISTICA 10.

2.2 Проведение многомерного статического анализа на примере шкурок норки различных цветовых типов в программе STATISTICA 10

Порядок проведения работы:

1. Ознакомиться с теоретическим и практическим материалом.
2. Создать таблицу и внести в нее данные по инструментальной оценке общего цветового тона волосяного покрова образцов шкурок по координатам цвета в цветовом пространстве CIE $L^*a^*b^*$, а также значения блеска тех же шкурок, измеренных на блескомере.

Таблица 1 – Создание базы экспериментальных данных

№ образца	Цветовые координаты			Блеск, ед.
	L^*	a^*	b^*	
1				
2				
...				
n_i				

3. Запустить программу STATISTICA. Для запуска модуля в меню STATISTICA выбрать команды: Multivariate Exploratory Techniques (многомерные исследовательские методы), Cluster Analysis (кластерный анализ), исходные данные (Raw data), используя правило объединения – метод полной связи и расстояние объединения Euclidean distances (евклидово расстояние) (рис. 1). В качестве переменных выбрать данные столбцов ($L^*a^*b^*$) и блеск.

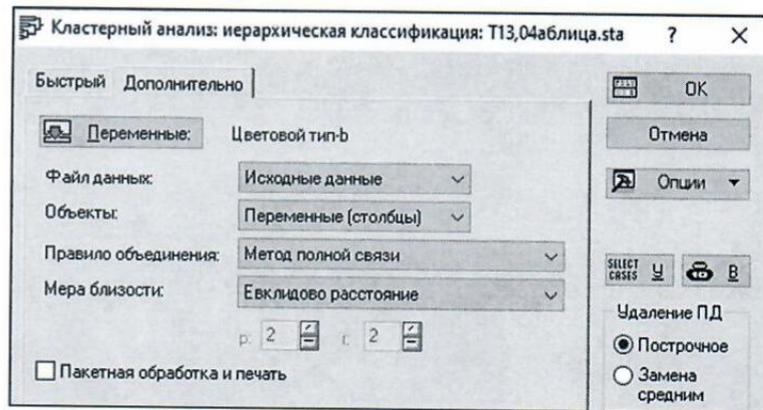


Рисунок 1 - Элементы пользовательского интерфейса окна *кластерный анализ*

4. После выполнения команды в интерфейсе окна (рис.1) появляется окно *результаты иерархической классификации* (рис.2). Выбрать команду - вертикальная дендрограмма. Нажать ОК. На дендрограмме вертикальные оси представляют расстояние объединения. В результате анализа появляется возможность обнаружить кластеры и интерпретировать их.

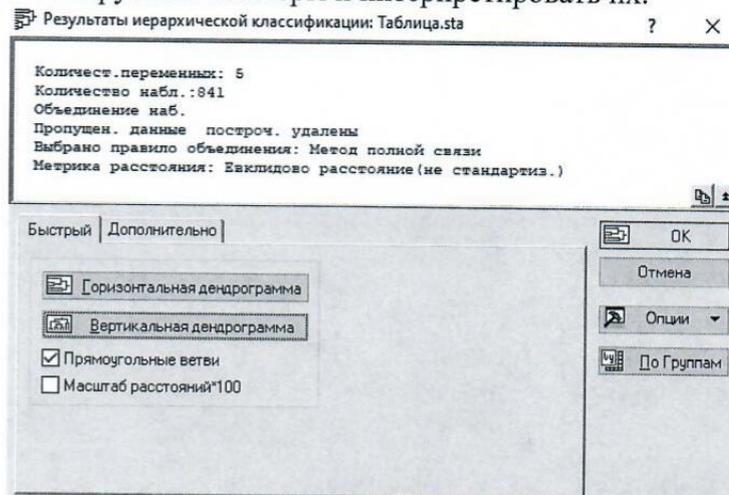


Рисунок 2 - Элементы пользовательского интерфейса окна *результаты иерархической классификации*

5. В меню STATISTICA выбрать Multivariate Exploratory Techniques (многомерные исследовательские методы) и использовать команду Discriminant Analysis (дискриминантный анализ) (рис. 3).

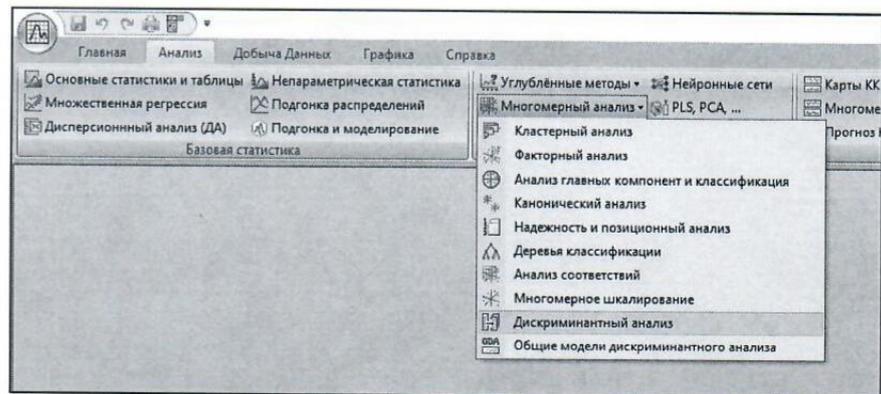


Рисунок 3 - Элементы пользовательского интерфейса программы STATISTICA

6. Выбрать в качестве группирующей переменной цветовой тип, а независимых переменных - цветовой координаты $L^*a^*b^*$ и блеск GU. Нажать кнопку Codes for grouping variables (коды для группирующей переменной) (рис. 4) и задать коды для названия групп, к которым принадлежат образцы шкурок. Выберите Methods: Standard (стандартный метод анализа) (рис.5). Нажать ОК. Дискриминантный анализ будет выполнен автоматически.

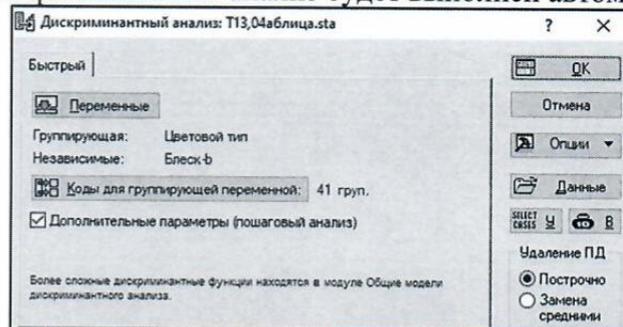


Рисунок 4 - Элементы пользовательского интерфейса окна - метод дискриминантного анализа.

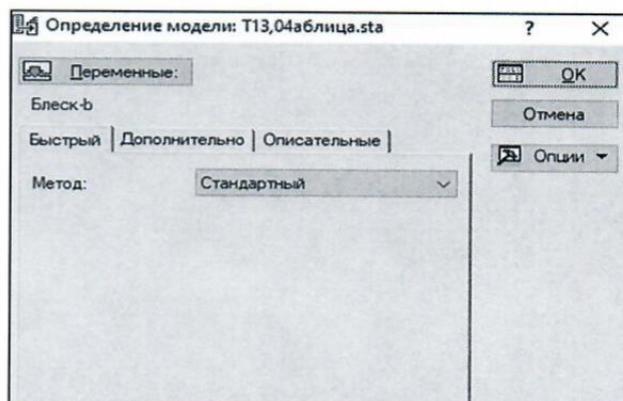


Рисунок 5 - Элементы пользовательского интерфейса окна - метод дискриминантного анализа

3. После выполнения команды появляется окно результатов анализа дискриминантных функций (рис. 6).

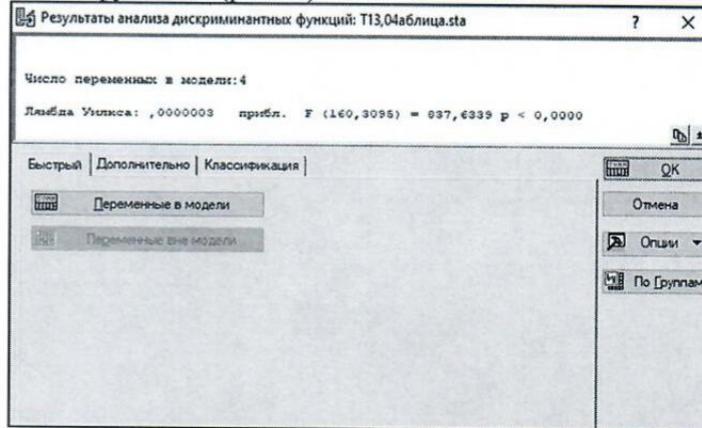


Рисунок 6 - Элементы пользовательского интерфейса окна - результаты анализа дискриминантных функций

В верхней части окна пользовательского интерфейса представлены значения проверки модели: критерий Лямбда-Уилкса (чем ближе к нулю, тем лучше дискриминация), критерий F-статистики с числом степеней свободы (при уровне значимости $p < 0,0000$).

7. Проанализировать результаты дискриминантного анализа, оценив Classification of cases (результаты классификации объектов), Posterior probabilities (апостериорные вероятности), Classification matrix (матрица классификации) (рис. 7). Оценить, какая из переменных вносит наибольший вклад в процедуру цветоразличия/классификации.

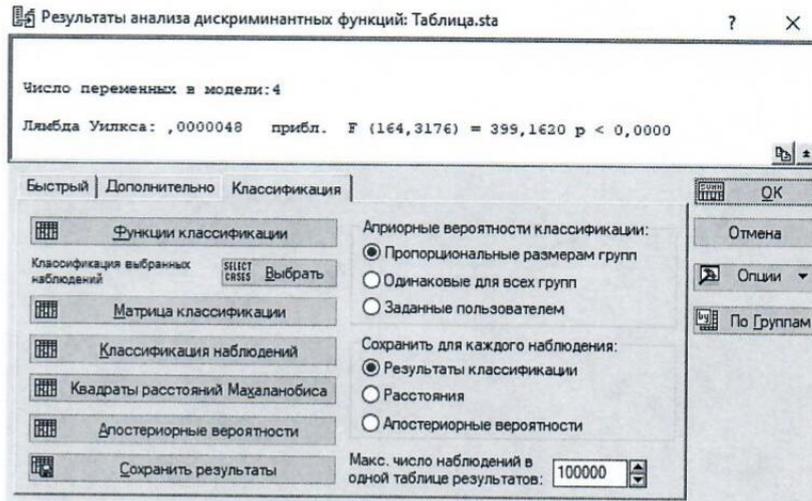


Рисунок 7 - Элементы пользовательского интерфейса окна - результаты анализа дискриминантных функций

8. Оценить правильность классификационного разделения путем расчета таких показателей канонического анализа, как стандартизованные коэффициенты дискриминантных функций (коэффициенты для канонических переменных) (рис. 8), позволяющих определить, какой из используемых классификационных признаков вносит наибольший вклад в различия между цветовыми типами.

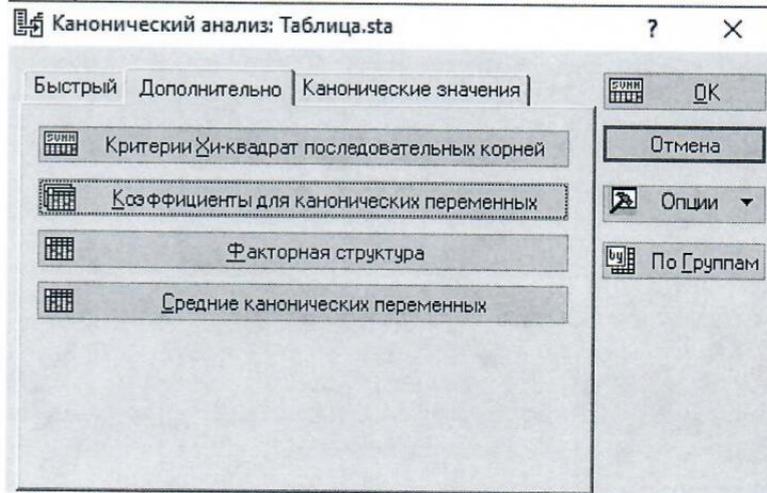


Рисунок 8 - Элементы пользовательского интерфейса окна - канонический анализ

9. Нажать кнопку *Scatterplot of canonical scores* (диаграмма рассеяния для канонических значений). В результате будет построен график расположения точек, соответствующих образцам шкурок норки различных цветовых типов и степеней блеска, в координатах осей ДФ1 и ДФ2: ось абсцисс - ДФ1; ось ординат - ДФ2. Проанализировать результаты полученной визуализации и сделать выводы.

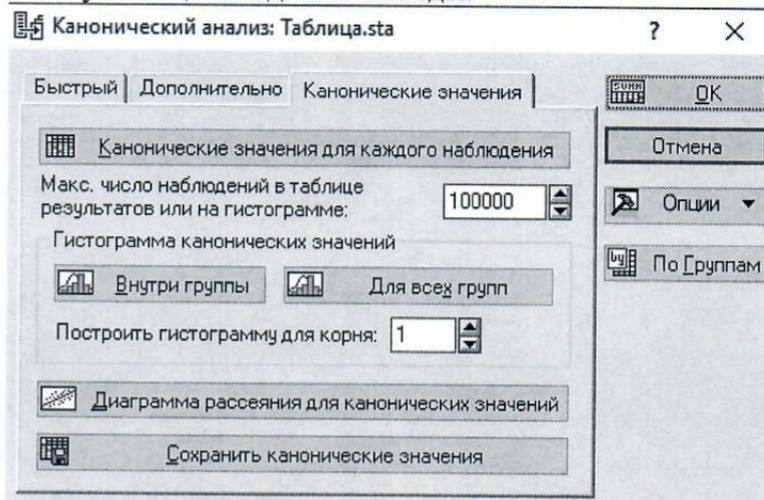


Рисунок 9 - Элементы пользовательского интерфейса окна - канонический анализ

10. Определить критерий принадлежности оптических характеристик образца к определенному виду пушного материала. В качестве решающего правила использовать Classification functions (классификационная функция) (рис. 10).

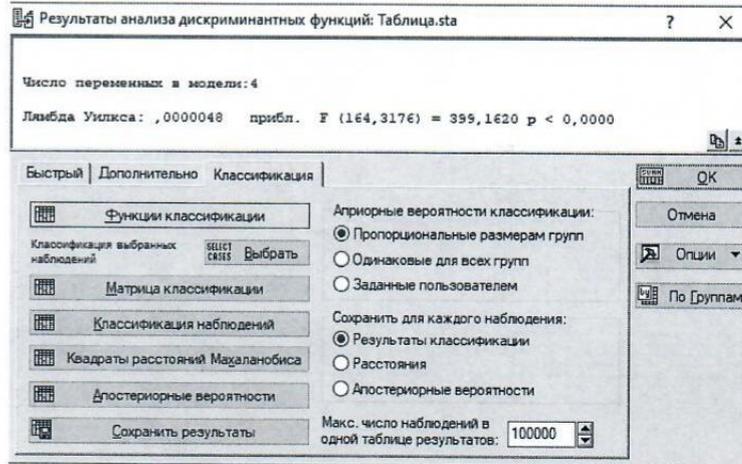


Рисунок 10 - Элементы пользовательского интерфейса окна - *результаты анализа дискриминантных функций*

11. Используя полученные значения цветовых характеристик в системе CIE $L^*a^*b^*$ и блеска, произвести расчет классификационных функций по формуле (1) для анализируемых объектов.

За основу может быть взято типовое уравнение:

$$F_n = F_n 0 + F_n 1 GU_n + F_n 2 L_n^* + F_n 3 a_n^* + F_n 4 b_n^* \quad (1)$$

где F_n – значение функции образцов шкурок n-группы (1... n);

$F_n 0$ – константа функции;

$F_n 1, F_n 2, F_n 3, F_n 4$ – коэффициенты классификационных функций n-группы;

$GU_n, L_n^*, a_n^*, b_n^*$ – координаты блеска и окраски образцов шкурок.

12. Результаты выполнения задания представьте по форме, указанной в таблице 2.

Таблица 2 - Функции классификации

№ образца	Функция классификации
1	$F_1 =$
2	$F_2 =$
...	...
n_i	$F_i =$

13. Использовать систему классификационных функций, чтобы оценить правильность отнесения шкурок к одному к одному из цветовых типов с учетом их колористических характеристик и степеней блеска.

14. Взять любые неотсортированные шкурки норки. Провести инструментальную оценку общего цветового тона их волосяного покрова на

спектрофотометре X-Rite SP62 и блеска на блескомере. Данные записать в таблицу 3.

Таблица 3 - Цветовые координаты и единицы блеска волосяного покрова шкурок норки

Шкурки норки № образца	Цветовые координаты			Блеск
	L*	a*	b*	GU
1				
2				
...				
n _i				

15. Воспользоваться системой классификационных функций, характеризующих цветовые типы. Вставить полученные данные в таблицу 4 классификационными функциями, рассчитать значение каждой функции F.

Таблица 4 – Расчет значений классификационных функций цветовых типов

Классификационная функция
F ₁ =
F ₂ =
...
F _i =

16. Принять решение о принадлежности шкурок к определенному цветовому типу по максимальному значению классификационной функции. Результаты оформить в виде таблицы 5.

Таблица 5 - Принятие решения о цветовом типе шкурки норки по значениям классификационных функций

№ функции	Цветовой тип с учетом степени блеска	Значение классификационной функции	Принятие решения о цветовом типе шкурки норки
1			
2			
...			
n _i			

17. Оформить отчет, сделать выводы.

Приложение А (справочное)**Список рекомендуемой литературы:**

1. ГОСТ 13088–67. «Колориметрия. Термины, буквенные обозначения» / утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 24.07.67. Дата введения 01.01.1968. – М.: Издательство стандартов. 1967. 15 с. - Текст : непосредственный.
2. ГОСТ 31975–2017 «Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий под углом 20°, 60° и 85°» национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 сентября 2017 г. № 1005-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31975-2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2018 г. / разработан Комитетом по стандартизации ТК 35 "Краски и лаки". – Москва: Стандартинформ, 2017. – 20 с. - Текст : непосредственный.
3. ГОСТ Р 55587–2013 «Шкурки норки клеточного разведения невыделанные. Технические условия»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06 сентября 2013 г. № 865-ст. введен впервые: дата введения 2015-01-01 / разработан ГНУ НИИПЗК Россельхозакадемии. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 25 с.; 29 см. - Текст : непосредственный.
4. ГОСТ Р ИСО 24153-2012 «Статистические методы. Процедуры рандомизации и отбора случайной выборки»: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1272-ст / разработан Автономной некоммерческой организацией "Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем" (АНО "НИЦ КД"): Стандартинформ, 2014. – 30 с.; 29 см. - Текст : непосредственный.
5. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ./Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка [и др.]; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – С. 215. - Текст : непосредственный.
6. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер.с англ.; под ред. И.С. Енюкова. - М.: Финансы и статистика, 1989. - С. 145-160. - Текст : непосредственный.
7. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. - 3-е изд. - М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – С. 512. - Текст: непосредственный. - Текст : непосредственный.