



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ул. Ивана Черных, 31-33, лит. А, Санкт-Петербург, 198095, а/я 140, тел.: (812) 363-07-19, факс: (812) 363-07-20
ОКПО 04699534, ОГРН 1027810289980, ИНН 7809003600, КПП 780501001, e-mail: iap@ianin.spb.su, www.iairas.ru



Утверждаю

Директор
ИАИР РАН
Д.Т.Н.

А.А. Евстапов

«11» апреля 2024 г

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Кушковой Анастасии Сергеевны
«Метод и экспериментальный стенд для оптического анализа показателей
качества цветных драгоценных камней», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики

Диссертация Кушковой А.С. посвящена повышению эффективности (степени автоматизации, производительности, точности и скорости) определения основных показателей качества цветных драгоценных камней за счет применения методов машинного зрения колориметрии.

Актуальность темы диссертационной работы определяется постоянным увеличением объемов добычи сырья драгоценных камней на территории Российской Федерации и необходимостью разработки методов и средств их высокопроизводительной оценки и объективного контроля.

Основными показателями качества, приведенными в нормативной документации ГОХРАН и определяющимися в настоящее время органолептическими методами, являются цвет и чистота. Эти параметры в значительной степени определяют стоимость драгоценного камня. Для корректной оценки экспертам требуется соблюдать стандартные условия освещения и утвержденные методики, несоблюдение которых может привести к некорректному заключению, а используемые при анализе цвета меры-имитаторы даже при правильном хранении и эксплуатации

деградируют со временем. Повышение объективности определения показателей качества цветных драгоценных камней может достигнуто за счет использования методов машинного зрения и колориметрии. Для реализации данного подхода требуется усовершенствовать существующие методики органолептического анализа качества драгоценных камней, а именно разработать технические средства и цифровые эталоны.

Структура и содержание диссертации. Диссертационная работа А.С. Кушковой содержит 150 страниц, включая 50 рисунков и 17 таблиц, список использованных источников из 80 наименований. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

Диссертационная работа по содержанию и структуре отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, практическая значимость полученных результатов и научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведены результаты анализа нормативных документов и методов оценки цветных драгоценных камней. Описаны проблемы использования мер-имитаторов, в том числе сложность различения зрительным аппаратом человека цветовых оттенков одного ряда. Предложено применение методов машинного зрения и колориметрии для определения размеров, чистоты и цветовых характеристик драгоценных камней.

Во второй главе рассмотрены основные принципы создания пространственных моделей набора Gemset, содержащего данные о светлоте, насыщенности и тоне цветных драгоценных камней. Результаты анализа набора мер-имитаторов GIA GemSet 324 на основе измерения спектров пропускания и методов машинного зрения позволили создать базу координат цвета всех мер-имитаторов. Предложена методика перехода от качественного анализа к количественному для определения цвета и чистоты камней.

В третьей главе описан разработанный экспериментальный стенд для анализа качества цветных алмазов. Он позволяет регистрировать изображения цветных драгоценных камней в режимах «на отражение» и «на пропускание». Первый режим используется для определения цветовых параметров, второй - для анализа прозрачности, наличия внутренних включений и трещин, что определяет показатель качества «чистота». Разработаны узлы освещения и регистрации, обеспечивающие получение изображений высокого качества цветных драгоценных камней. Разработаны процедуры колориметрической и геометрической калибровки стенда и коррекции регистрируемых данных.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований цветных драгоценных камней с применением разработанного стенда. Проверена стабильность определения геометрических и цветовых параметров, а также их чистоты, используя образцы бериллового сырья.

Установлено, что среднее отклонение значений цветовых параметров не превышает 1,5% от диапазона измерений при их смещениях в пределах зоны анализа. Среднее отклонение значений для суммы площадей включений и трещин составляет 3,3%, то есть влияние этого фактора на присваиваемый класс чистоты незначительно. Проведено определение показателей качества синтетических минералов (компания RusGems) и изумрудных мастер-камней (компания GemLovers) в присутствии экспертов-геммологов. Сравнение результатов, полученных с помощью экспериментального стенда и на основании экспертной оценки, показали высокую эффективность разработанных аппаратно-программных средств. Полученные результаты подтверждены протоколами испытаний.

Пятая глава посвящена анализу погрешностей результатов, получаемых с использованием разработанного экспериментального стенда при анализе качества цветных драгоценных камней. Определены основные факторы, влияющие на эффективность работы стенда. Приведены экспериментально полученные оценки погрешностей определения цвета, прозрачности и размеров драгоценных камней при использовании разработанных методов и стенда.

В заключении диссертационной работы сформулированы основные результаты работы, основным из которых является разработанная и экспериментально апробированная методика автоматизированного определения основных показателей качества цветных драгоценных камней, доказавшая свою эффективность.

Научная новизна исследования

В диссертационной работе предложен метод пересчета спектральных характеристик системы машинного зрения в цветовые характеристики применительно к зрительному аппарату человека, позволяющий автоматизировать оценку цветовых параметров драгоценных камней согласно стандартным методикам.

Разработан метод контроля качества цветных драгоценных камней с применением системы машинного зрения, калибруемой по базе цифровых мер-имитаторов, обеспечивающий стабильное и достаточно точное определение их цвета.

Разработан экспериментальный стенд для автоматизированного и высокопроизводительного контроля основных показателей качества цветных драгоценных камней (цветов, чистоты, размеров) с использованием выявленных оптимальных режимов освещения, регистрации и цифровой обработки изображений.

Теоретическая и практическая значимость работы

В диссертации Кушкоева А.С. получила ряд результатов, представляющих теоретический и практический интерес, среди которых следует отметить следующие: впервые разработан инструментальный способ анализа показателей качества, предназначенный для проведения первичной классификации и сортировки цветных драгоценных камней. Предложенный способ позволил автоматизировать процесс оценки, ранее осуществляющийся только экспертным методом без использования специализированных инструментов. Созданная база цифровых мердвойников позволила получить универсальную эталонную систему сравнения, не подверженную деградации и сохраняющую свои характеристики.

Положения, выносимые автором на защиту, и основные научные результаты получены впервые и являются оригинальными. Они вносят вклад в развитие методов и средств инструментального анализа драгоценных камней.

Результаты диссертации будет полезным использовать в организациях, занимающихся проведением первичной сортировкой и классификацией сырья цветных драгоценных камней, полудрагоценных камней и минерального сырья как в лабораторных условиях, так и на месторождениях за счет компактности и мобильности разработанного стенда. Среди таковых можно отметить ООО «Уральская самоцветная компания» (г. Заречный), АО «Мариинский прииск» (Свердловская обл.) и АО «Калининградский янтарный комбинат» (г. Калининград).

По диссертации имеются следующие замечания.

1. Не приведены параметры, показывающие быстродействие разработанного стенда в сравнении с процедурой экспертной оценки, и как эти параметры зависят от количества одновременно исследуемых образцов и производительности используемых вычислительных средств.
2. Не описано, какими программными средствами проводилась цифровая обработка изображений, то есть было ли это какое-то готовое программное обеспечение или же оригинальное, разработанное автором.
3. Автор описывает в работе использование алгоритма обработки изображения в двух режимах на пропускание и на отражение, но нет сведений о количестве усредняемых изображений и методов снижения шума, а также о погрешности, которую вносят эти алгоритмы в результаты анализа.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки большого объема проведенной научной работы и результатов ее апробации на представительных пробах минерального сырья, полудрагоценных камней и синтетических драгоценных камней.

Достоверность результатов и научная обоснованность результатов и выводов, представленных в диссертации, подтверждается применением

апробированных экспериментальных методов и аппаратуры, соответствием результатов многочисленных экспериментов и результатов экспертной оценки драгоценных камней.

Основные результаты диссертации докладывались на международных и национальных научных конференциях и семинарах. Кушкочева А. С. имеет 16 научных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК и/или входящих в базы Scopus и Web of Science, и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Заключение по работе. Представленная диссертация является самостоятельной и завершённой научно-квалификационной работой, научная новизна, практическая значимость и оригинальность которой не вызывают сомнений. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и включает все представленные в диссертации задачи, выводы и результаты.

Таким образом, диссертационная работа «Метод и экспериментальный стенд для оптического анализа показателей качества цветных драгоценных камней» удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10, 11 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Кушкочева Анастасия Сергеевна, достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 - Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертация Кушкочевой Анастасии Сергеевны «Метод и экспериментальный стенд для оптического анализа показателей качества цветных драгоценных камней» и отзыв на нее прошли обсуждение на научном семинаре ИАП РАН (протокол № 4 от 11 апреля 2024 года).

Зайцева Анна Юрьевна

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,
заведующий лабораторией Медико-аналитических методов и приборов
ФГБУН ИАП РАН

Тел.: +7 921 9664601

Эл.почта: anna@da-24.ru

Подпись Зайцевой А.Ю. удостоверяю

Начальник отдела кадров Шванова Е.Ю.

