

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Петроченкова Дмитрия Александровича
на диссертационную работу 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»

Актуальность темы исследования.

Первичная классификация и сортировка цветных драгоценных камней является важным этапом при проведении оценки показателей их качества. Одним из наиболее перспективных и эффективных методов для этого – машинное зрение. Эта технология обеспечивает бесконтактную визуализацию, идентификацию и анализ объектов контроля и их состояния с минимальным участием человека или полностью в автоматическом режиме.

Стандарт ГОХРАН России (СТО 45866412-16-2014) устанавливает ключевые показатели качества цветных драгоценных камней и определяет методы их оценки с использованием визуальных и оптических средств, а также контрольных образцов. Важные параметры включают цвет (тон, оттенок, насыщенность), прозрачность и чистоту, оцениваемую через наличие дефектов, размер.

Для визуальной оценки указанных параметров необходимо соблюдать стандартные условия освещения и методики анализа. Даже небольшие изменения в них могут привести к ошибкам. Оценка основана на использовании цветных мер-имитаторов, характеристики которых с течением времени могут ухудшаться даже при правильном хранении и использовании. Таким образом, в оценке качества цветных драгоценных камней существует значительная субъективность, что может привести к существенным ошибкам. Для подготовки специалиста по оценке драгоценных камней необходимо продолжительное время. Оценка большого числа образцов также требует много времени, а устаревшие иностранные меры-имитаторы подвержены риску деградации.

Решение данных проблем за счет разработки новых инструментальных методов и средств оценки качества драгоценных камней геммологами позволяет сократить время, затрачиваемое на анализ, повысить точности оценки, минимизировать влияние внешних факторов на результаты, обеспечить более надежную и современную методику оценки драгоценных камней, а также позволит обеспечить конкурентоспособность отечественной ювелирной отрасли и соответствие её современным требованиям.

Структура диссертации и ее краткое содержание.

Диссертация содержит 155 страниц и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников.

В первой главе представлен анализ результатов нормативных документов и существующих методов оценки цветных драгоценных камней. Выявлены проблемы с выбором эталонов цвета камней, оценкой и различением оттенков. Предложено применять цифровой анализ изображения для определения цветовых

характеристик и чистоты камней. Технические средства контроля качества цветных драгоценных камней ограничены, поэтому предлагается переходить к бесконтактным методикам, основанным на машинном зрении и колориметрии.

Во второй главе исследования представлены основы создания цветовой модели набора Gemset, включающие данные о светлоте, насыщенности и оттенке драгоценных камней, адаптированные для человеческого зрения. Описан экспериментальный стенд для оптического анализа, с помощью которого проводился спектральный анализ набора GIA GemSet. Созданная цифровая база позволяет определять цвет драгоценных камней при различных условиях освещения и анализа.

В третьей главе описан экспериментальный стенд для анализа цветных драгоценных камней. Он позволяет получать изображения камней в режимах "на отражение" и "на пропускание" и определение их цветовых характеристик и чистоты. Для равномерного освещения камней и исключения бликов разработаны светодиодные модули подсветки. Точность определения показателей качества обеспечивается за счет проведения калибровки стенда перед каждой серией измерений.

В четвертой главе проведено исследование драгоценных камней с использованием разработанного стенда. Оценена стабильность определения геометрических и цветовых параметров, а также чистоты образцов бериллового сырья. Среднее отклонение цветовых параметров составило менее 1,5%, а относительная площадь дефектов – 3,3%. Проанализированы синтетические минералы и изумрудные мастер-камни с участием экспертов-геммологов. Получено подтверждение от экспертов об эффективности стенда в оценке качества драгоценных камней и его потенциал в ювелирной индустрии.

В пятой главе приведен анализ ошибок при использовании экспериментального стенда для оптического анализа цветных драгоценных камней. Выделены основные факторы, влияющие на точность определения показателей качества цветных драгоценных камней: метамеризм цвета, спектральные характеристики подсветки и нестабильность компонентов. Влияние этих факторов учитывается за счет колориметрической калибровки и назначения нового ахроматического ряда. Погрешность определения цвета составила 1,3%, а определения прозрачности – 1,0%.

В заключении сформулированы основные полученные теоретические и экспериментальные результаты диссертационного исследования.

Автореферат соответствует тексту диссертации и в полной мере отражает основные результаты диссертационного исследования.

Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов.

Представленная соискателем работа является целостным и завершенным научным исследованием. Основные выводы и положения, выносимые на защиту, представляются достоверными и обоснованы применением апробированных и подтвержденных экспериментальных методов и алгоритмов цифровой обработки изображений. Результаты исследований не противоречат известным результатам

аналогичных исследований, полученных другими исследователями. Их практическая значимость подтверждаются успешной апробацией разработанных методов и экспериментального стенда ювелирными компаниями RusGems и GemLovers.

По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе 4 в изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science. Материалы диссертационного исследования докладывались на 8 конференциях. Получены два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

К наиболее научным значимым результатам диссертационного исследования, на мой взгляд, относятся созданная база цифровых двойников мер-имитаторов большого набора GIA GemSet и экспериментальный стенд для оценки показателей качества цветных драгоценных камней, позволяющие проводить бесконтактную оценку показателей качества камней и обеспечивающие объективность, высокую производительность и точность.

Замечания по диссертационной работе.

1. В работе описана методика определения чистоты камня, которая позволяет определить процент суммы включений и трещин во всем его объеме. При этом существуют типы включений, увеличивающие ценность драгоценного камня. Если это включения, вызывающие различные оптические эффекты, такие как «кошачий глаз», «звёздчатость» или иризация, то они могут увеличить стоимость драгоценного камня. Следовало бы отметить, как работают разработанные методы и средства в таких случаях.

2. Эксперименты по оценке качественных характеристик драгоценных камней проведены только на образцах изумрудов. На других драгоценных камнях из-за особенностей распределения окраски, плеохроизма, александритового эффекта, внутренних дефектов могут получиться немного другие результаты, что может потребовать доработки методики оценки. Не ясно, возможно ли с использованием разработанных методов и средств определение цвета у многоцветного сырья драгоценных камней, например, яшма, опал, хризоколла.

3. Оценка цветовых характеристик ДК проведена по системе GIA, которая используется в мировой практике, однако в России оценка изумрудов, рубинов, сапфиров, александритов проводится по ТУ и СТО, что требует введение в алгоритм работы стенда дополнительных цифровых мер-имитаторов.

4. Выявленные в процессе работы стена погрешности определения характеристик по каждому из параметров требуют введения в алгоритм работы искусственного интеллекта для распознавания всего многообразия драгоценных камней или совершенствования системы сканирования образцов, в т.ч. с использованием построения 3д-моделей исследуемых образцов или иммерсионных жидкостей. В противном случае будет необходим контроль работы стенда специалистом-геммологом для исключения ошибок оценки.

Данные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе и являются пожеланием для продолжения исследований, включая использование искусственного интеллекта. Считаю, что работа выполнена на достаточно высоком уровне, новизна и значимость результатов которой не вызывают сомнений.

Заключение

Учитывая изложенное, считаю, что диссертация Кушкоевой Анастасии Сергеевны «Метод и экспериментальный стенд для оптического анализа показателей качества цветных драгоценных камней» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности и объективности процедуры определения показателей качества цветных драгоценных камней за счет разработки оптических методов и средств их автоматического анализа.

Диссертационная работа Кушкоевой А.С. соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Кушкоева А.С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики».

Кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05. – «Минералогия, кристаллография», доцент, заведующий кафедрой Минералогии и геммологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ)

Петроченков Дмитрий Александрович

Петроченков

Адрес: 117485, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23, каб. 6-77

E-mail: petrochenkovda@mgri.ru

Тел.: +7-903-143-34-33

