

**XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

НОВЫЕ ИДЕИ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

**3 – 4 АПРЕЛЯ 2025 г.
МОСКВА**



ТОМ 2

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых,
минералогия**

УДК 082 + [550.8+553] (082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

Новые идеи в науках о Земле: в 9 т. Материалы XI Международной научной конференции «Новые идеи в науках о Земле» - М. : Издательство МГРИ, 2025.

Т. 2: ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ / ред. коллегия: Ю.П. Панов, Р.Н. Мустаев.
- М.: Издательство МГРИ, 2025 – 411 с.

ISBN 978-5-907595-10-1

УДК 082 + [550.8+553] (082)
ББК 94.3 + 26.21я43 + 26.34я43

978-5-907595-02-6 (Том 2)

© РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ, 2025

Ахметшин Э.А., Долматова П.Ф.* Перспективы получения костных материалов на основе органоминерального природного сырья для производства декоративно-прикладных изделий	252
Климкин И.А.*, Ахметшин Э.А. Улучшение цветовых характеристик малханских турмалинов радиационными методами воздействия	256
Ахметшин Э.А., Смирнова В.В.* Перспективы улучшения оптико-спектральных характеристик природного александрита Малышевского месторождения.....	260
Миронова Н.В.*, Кирсанова Е.А. Разработка классификации фактур текстильных полотен образованными минеральными ограниченными вставками	264
Петроченков Д.А.*, Чинова И.А. Мономинеральные агрегаты касситерита – новый вид ювелирно-поделочного сырья	268
Брусов А.А. Применение лазерных технологий в 3d гравировке каменей из гагата	272
Рогова А.Р.*, Романова Е.И. Интересные имитации природных минералов в геммологической практике	276
Пономарева А.Н.*, Петроченков Д.А. Исследование математической закономерности характеристик фотоаппарата от свойств драгоценных камней при фотографировании.....	280
Горюнов П.Д. Использование РФА для диагностики синтетического малахита	284
Вилесова В.Д.*, Романова Е.И. Лунный камень – диагностика и реальные минералы на современном рынке	287
Солодовникова П.Н.*, Моисеева С.Б. Аквамарин с «сюрпризом»: выявление облагораживания методом заполнения трещин	292
Чжу Шуань* Технические приемы резьбы по нефриту в китайской традиции “Цяодяо” (Умное использование цвета).....	296
Чжу Шуань* Использование разноцветных глин Домодедовского карьера Московской области в качестве сырья для изготовления художественных изделий.....	300
Подсекция 2.4. Общая, региональная геология и палеонтология.....	304
Верета З.А.*, Ерофеева К.Г., Окина О.И. Рутит – как источник информации об источниках сноса терригенного материала	304
Графеев О.Е.* Изучение атмосферных предвестников землетрясений Камчатки	308
Дьяконов В.В.*, Махмуд Х.А., Погребс Н.А. Особенности геологического строения Иорданской рифтовой долины	312
Дьяконов В.В.*, Май Варди, Наравас А.К. Палеовулканическая реконструкция Африкано-Сицилийского «порога».....	316
Зенкаева А.В.*, Павлова Т.В., Верчеба А.А. Верхневендские отложения Московской синеклизы Восточно-Европейской платформы в скважине Солигаличская-1	319
Межеловская С.В. Карельская учебная геологическая практика: цели, задачи и результаты	323
Рахматуллаева Ш.Д.*, Туляганова Н.Ш. Региональная геодинамическая обстановка при формировании Марджанбулакского рудного поля	327
Кальбова П.И.*, Лебедянцева В.Я. Признаки прижизненного и посмертного прикрепления эпибионтов к организму-субстрату	331
Короленко П.С.*, Лебедянцева В.Я., Кальбова П.И., Миронова Д.Н. Находки эпибионтов на четырёхлучевых кораллах <i>Tabulophyllum normale</i> (Walth.) из сирачойской свиты (верхний фран) Южного Тимана.....	335
Маленкина С.Ю.* Новые данные о различных микробных образованиях Европейской России	339
Меркулов И.Е.*, Шалимова Т.И. Новые данные о находках эпибионтов на раковинах спириферид <i>Cyrtospirifer</i> (<i>Cyrtospirifer</i>) <i>pamiricus pamiricus</i> (Reed) из фаменского яруса Северо-Западного Каратау (Центральный Казахстан).....	343

***Перспективы улучшения оптико-спектральных характеристик природного
александрита Малышевского месторождения***

***Ахметшин Э.А. (РХТУ им. Д.И. Менделеева, 496645@mail.ru),
Смирнова В.В.* (РХТУ им. Д.И. Менделеева, val.s.7865@mail.ru)***

Аннотация

Проблема улучшения качественных характеристик александрита до сих пор не решена. При этом существует потенциальная возможность улучшить не только цветовые характеристики, но и александритовый эффект – реверс. В результате проведения серии экспериментов, которые включали в себя термообработку в различных средах при 750 и 1100°C и рентгеновское облучение образцов бледно окрашенных александритов Малышевского месторождения, удалось незначительно улучшить как цвет, так и александритовый эффект. Термообработка в восстановительной среде позволяет улучшить цвет, а облучение рентгеновским излучением заметно увеличивает поглощение за счет появления точечных радиационных дефектов. Термообработка в окислительной среде приводит к осветлению образцов и приобретению ими желтоватых оттенков.

Ключевые слова

Александрит, александритовый эффект, спектр поглощения, модифицирование свойств, Малышевское месторождение

Теория

Александрит – наиболее редкая и ценная природная разновидность минерала хризоберилла (BeAl_2O_4). В кристаллической решетке александрита часть ионов Al^{3+} замещено ионами Cr^{3+} , что обуславливает его изумрудно-зеленую окраску [2]. Данный минерал находит широкое применение в качестве ювелирного камня, а также как активное сырье для создания перестраиваемых твердотельных лазеров инфракрасного диапазона. Особым свойством александрита является наличие александритового эффекта, заключающегося в изменении окраски минерала в зависимости от источника освещения. При дневном свете александрит имеет изумрудно-зеленую окраску, при искусственном – фиолетово-красную. Данный феномен обусловлен определенным расположением спектральных полос поглощения, находящихся в видимой области значений длины волны. Для полос поглощения, вызванных электронными переходами ${}^4\text{A}_{2g} \rightarrow {}^4\text{T}_{1g}$ и ${}^4\text{A}_{2g} \rightarrow {}^4\text{T}_{2g}$, значения длин волн 418 нм и 580 нм являются «критическими», при достаточной интенсивности которых данные значения создают избирательную чувствительность кристалла к источникам освещения. При дневном коротковолновом освещении доминируют волны сине-зеленой области спектра, поэтому минерал воспринимается зеленым. А при освещении лампой накаливания камень воспринимается красным, так как в его спектре преобладает интенсивность красных лучей [3].

В настоящее время месторождения александрита известны в Мьянме, Шри-Ланке, Бразилии, Танзании, Индии и России [2]. Россия долгое время являлась основным поставщиком александрита на мировой ювелирный рынок. Однако, в связи с редкостью данного минерала, на сегодняшний день объем поставок значительно сократился. Месторождение, располагающееся в районе поселка городского типа Малышева, на Среднем Урале, является классическим. Александриты, добываемые на этом месторождении, демонстрируют эталонную смену цвета с голубовато-зеленого на пурпурно-красный. Согласно техническим условиям (ТУ 7026-001-26420171-94), распространяющимся на природные александриты в сырье, в зависимости от проявления этого эффекта в соответствии с образцами-эталоны камни подразделяются на 3 группы:

1. с сильным александритовым эффектом;
2. со средним александритовым эффектом;
3. со слабым александритовым эффектом.

Камни, александритовый эффект которых выражен значительно слабее или полностью отсутствует относятся к группе хризоберилла.

Россия обладает значительными запасами александрита, однако, подавляющее большинство добываемых александритов представляют собой низкосортное дешевое сырье. Появление технологии улучшения александритового эффекта позволит существенно увеличить доходы РФ от продажи ювелирного сырья и готовых ювелирных камней.

В качестве методов модифицирования оптико-спектральных характеристик природного александрита были выбраны термическая обработка и рентгеновское облучение. Выбор термообработки как одного из методов воздействия обусловлен следующими причинами: охват всего объема камня, устойчивость во времени, необратимость при нормальных условиях, безопасность для человека. Также, важнейшим аспектом термообработки является возможность изменения не только валентного состояния хромофорных центров, но и их структурной локализации. Примером успешной реализации метода термообработки является ее применение для улучшения цветовых характеристик природных корундов [1]. В свою очередь рентгеновское облучение позволяет усиливать или изменять цвет ювелирного камня за счет наведения радиационных центров окраски. Метод уже применялся для изменения цветовых характеристик искусственного александрита, выращенного из расплава [4].

Для проведения экспериментальной работы по установлению влияния термообработки и рентгеновского облучения на оптико-спектральные свойства александрита была изучена партия природного сырья александрита с Малышевского месторождения и проведен отбор двух групп образцов. Обе группы состояли из светло-зеленых прозрачных александритов с неявно выраженным александритовым эффектом и разной степенью выраженности флуоресценции. По наличию флуоресценции предполагалось наличие хрома в химическом составе образца: наличие данного эффекта свидетельствовало о наличии примеси хрома [5]. Одна группа подвергалась термообработке при 750°C в различных средах и последующему рентгеновскому облучению. Другая группа – термообработке при 1100°C в различных средах. С целью изучения оптико-спектральных характеристик образцов, а также изменения положения и размеров пиков поглощения, на каждом этапе проводимых экспериментов выполнялся оптико-адсорбционный анализ, осуществляемый с помощью спектрофотометра UNICO 2800 (UV/VIS) с использованием диафрагмы диаметром 4 мм в диапазоне 190 - 1100 нм.



Рисунок 1. Кристаллы александрита, использованные в данной работе: а – широкополосный белый источник; б – желтый свет; в – УФ 254/365 нм.

Термообработка осуществлялась в электропечи с резистивным нагревателем марки СНОЛ, позволяющей контролировать нагрев в диапазоне до 1600°C. Была проведена серия экспериментов в различных средах при температурах 750 и 1100°C в течение 60 минут. Окислительная термообработка проводилась на воздухе, восстановительная – в закрытом контейнере с добавлением восстановительных агентов на основе углерода.

Для изучения влияния ионизирующего излучения на образцы александрита, прошедшие термообработку при 750°C, подвергались рентгеновскому облучению. Данная процедура осуществлялась на рентгеновской установке с применением катодной трубки с молибденовым катодом 5БХВ6-М. Параметры режима облучения: сила тока – 50 мА, напряжение – 40 кВ, энергия рентгеновского излучения – 20 кэВ. В данных условиях мощность поглощенной образцами дозы составляет 3 Гр/с. Шлифы подвергались облучению в течение 6 часов. Таким образом, величина поглощенной дозы составила 64,8 кГр.

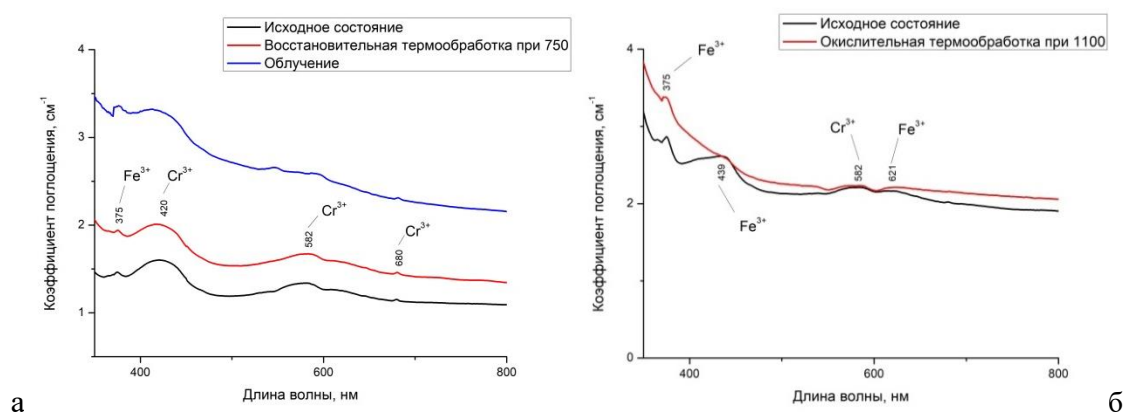


Рисунок 2. Спектры поглощения образцов александрита до и после проведения экспериментов по модифицированию: а – термообработка в восстановительной среде при 750°C и рентгеновского облучения; б – термообработка в окислительной среде при 1100°C

Изучение полученных оптико-спектральных характеристик показало, что восстановительная термообработка при 750°C усиливает поглощение. Рентгеновское облучение приводит к дальнейшему усилению поглощения, а, следовательно, и усилению окраски образцов. При этом особенно сильное усиление поглощения отмечается в коротковолновой области полученного спектра, что, скорее всего, связано с увеличением концентрации хромофорных центров, обусловленных ионами Fe^{3+} , вследствие наведения радиационных дефектов. Окислительная термообработка при 1100°C усиливает поглощение в области 350 – 420 нм, чем обуславливается просветление образцов. Это, вероятно, связано с перестройкой центров окраски: изменением структурной локализации ионов Fe^{3+} , образующих пики поглощения в области 374 – 376 и 438 – 444 нм, которым отвечают электронные переходы ${}^6\text{A}_{1g} \rightarrow {}^4\text{T}_{2g}$ и ${}^6\text{A}_{1g} \rightarrow {}^4\text{E}_g$ соответственно [3]. Центры окраски, связанные с Cr^{3+} и длинноволновый Fe^{3+} , изменений не претерпевают.

Выводы:

- Термообработка в восстановительной среде усиливает голубовато-зеленую окраску образцов за счет увеличения поглощения;
- Ионизирующее излучение увеличивает интенсивность поглощения, особенно в коротковолновой области, обусловленного наведением радиационных центров окраски и, как следствие, происходит усиление окраски;

– Термообработка в окислительной среде приводит к осветлению образцов и приобретению ими желтоватых оттенков, связанных с изменением структурной локализации ионов Fe^{3+} , соответствующих следующим электронным переходам ${}^6\text{A}_{1g} \rightarrow {}^4\text{T}_{2g}$ и ${}^6\text{A}_{1g} \rightarrow {}^4\text{E}_g$.

– Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптико-спектральные характеристики природных александритов Малышевского месторождения могут подвергаться модифицированию окраски и александритового эффекта. Для уточнения влияния методов модифицирования и улучшения качественных характеристик природных александритов необходимо проведение дальнейших исследований.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Национальной аналитической сертификационной лаборатории (НАСЛ) высокочистых веществ и материалов РХТУ им. Д.И. Менделеева за помощь в проведении аналитических (оптико-спектральных) исследований.

Библиография

1. Ахметшин Э. А., Савина Е. И., Плечов П. Ю., Петрова О. Б. Улучшение цветовых характеристик сапфиров fapсу месторождения «Кедрового» методом термообработки // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2022; (2): 30 – 50.
2. Бетехтин А. Г. Курс минералогии: учебное пособие / А. Г. Бетехтин. – М. : КДУ, 2007. – 721 с.
3. Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. – М., Недра, 1984, 196 с.
4. Яровой П. Н., Медведев В. Я., Букин Г. В., Михаленко А. А., Иванова Л. А. Радиационно-наведенные центры окраски в александрите // Письма в ЖТФ, том 17, вып. 8. 1991. С. 70 – 73.
5. Solomonov V. I., Mikhailov S. G., Lipchak A. I., Kozlov Yu. S. Impurity luminescence of alexandrite crystals // Journal of applied spectroscopy, vol. 69, No. 3, 2002.