

Литература:

1. А.А. Маракушев, Л.Б. Грановский, Н.Г. Зиновьева, О.Б. Митрейкина, О.В. Чаплыгин. Космическая петрология. Л.: Наука, 2003. 387 с.
2. S. Pizzarello, G.W. Cooper, G.J. Flynn. The nature and distribution of the Organic Material in Carbonaceous Chondrites and Interplanetary Dust Particles. из журнала Meteorites and the Earth Solar System//, Lauretta & McSween ed, s. University of Arizona press, 2006. P.625-650.

ТИПОМОРФИЗМ ИЗУМРУДОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОСКУЕС, ЛА ПИТА, КУНАС И ПОЛЬВЕРОС (КОЛУМБИЯ)

Машкина Алевтина Александровна

Геологический ф-т МГУ, Москва, almashkina@mail.ru

Введение

Изумруд является окрашенной в насыщенный зеленый цвет разновидностью берилла, относится к группе кольцевых силикатов. Кольца (Si_6O_{18}) расположены в структуре друг над другом и связаны Be–тетраэдрами в колонки, которые, в свою очередь, сочлены между собой через Al–октаэдры.

Существование в структуре берилла полостей – каналов определяет возможность широкого проявления гетеровалентного изоморфизма с вхождением в них ионов–компенсаторов. При этом происходит потеря части атомов Be^{2+} , замещающихся на Li^+ или Mg^{2+} . Изоморфизму подвержены ионы Al^{3+} в октаэдрических позициях структуры, которые могут быть замещены не только трех-, но и двухвалентными катионами: $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Fe}^{2+}$. В качестве ионов–компенсаторов в каналы структуры при этом внедряются крупные катионы щелочных металлов (Na^+, Cs^+), а также группы $(\text{OH})^-$, молекулы H_2O , ионы F^- . [1]

Месторождения изумруда представлены тремя генетическими классами: пегматитовый (миароловые микроклиновые пегметиты) – США (шт. Сев. Каролина – Митчелл), Норвегия (Эйдсволл);

пневматолито–гидротермальный (флогопитовые слюдиты) – Урал (Малышево, Таковая), Зимбабве (Сандавана), Танзания (Лейк–Маньяра);

гидротермальный (телетермальные кальцитовые и пирит–альбитовые жилы) – Колумбия (Музо, Чивор, Коскез), Афганистан (Панджшер) [2].

Задача данной работы – выявление типоморфных особенностей изумрудов из действующих месторождений Колумбии, по которым можно было бы определить их принадлежность к конкретному месторождению.

Образцы и методы

Объектом изучения стала коллекция изумрудов из четырех месторождений Колумбии: Коскез (Cosquez), Кунас (Cunas), Пита (Pita) и

Польверос (Polveros), предоставленная Геммологическим центром МГУ (по 10 кристаллов с каждого месторождения).

Для изучения внутренних особенностей изумрудов из них были сделаны пластинки толщиной 1 мм и размером 5x5 мм параллельно и перпендикулярно оси с. С помощью рефрактометра для пластинок определены показатели преломления. Получены оптические спектры в ультрафиолетовой, видимой и ближней ИК области на спектрофотометре СФ-56А, а также ИК-спектры на инфракрасном фурье-спектрометре «ФСМ 1201» (кафедра минералогии геологического факультета МГУ).

Включения и внутренние особенности образцов изучены с применением оптического микроскопа Carl Zeiss Axoplan2 imaging (Германия). Определена плотность изумрудов гидростатическим методом.

Результаты и обсуждение

Визуальное описание. Кристаллы имеют насыщенный зеленый, голубовато-зеленый цвет, прозрачные, часто трещиноватые, с четко выраженными гранями гексагональной призмы, пинакоида и менее развитыми гранями гексагональной бипирамиды. Преобладающий размер изученных кристаллов – около 1 карата.

Физические характеристики. Измерены следующие показатели преломления изумрудов:

месторождение Коскез – $n_e = 1,570 - 1,573$, $n_o = 1,569 - 1,571$; двупреломление 0,004;

месторождение Кунас – $n_e = 1,575 - 1,580$, $n_o = 1,574 - 1,577$; двупреломление 0,004 - 0,006;

месторождение Пита – $n_e = 1,572 - 1,576$, $n_o = 1,568 - 1,570$; двупреломление 0,004 - 0,008.

месторождение Польверос – $n_e = 1,573 - 1,577$, $n_o = 1,569 - 1,572$; двупреломление 0,005 - 0,008.

Полученные значения полностью соответствуют литературным данным [4].

Измеренная относительная плотность изумрудов варьирует от 2,61 до 2,67 г/см³ (Коскез – 2,62 - 2,67 г/см³; Кунас – 2,61 - 2,66 г/см³; Пита – 2,61 - 2,65 г/см³) и примерно одинакова для всех образцов. Сравнение полученных результатов с плотностью изумрудов, взятой из литературных данных [4], обнаруживает достаточно хорошую корреляцию.

Микроскопические характеристики. В изученных изумрудах выявлено обилие залеченных трещин. В камнях также присутствует цветовая зональность, которая может быть как слабо проявленной, так и четко выраженной. Зональность прямая и параллельна граням призмы и пинакоида. Интенсивность окраски повышается от центра к периферии кристаллов. По цветовой зональности можно выделить две основные стадии в росте кристалла: первая стадия характеризуется бледно-зеленой окраской и наличием больших трещин;

вторая стадия – значительно более насыщенной зеленой окраской и наличием зон деформационного двойникования, которые видны в скрещенных николях (рис. 1 а). Данные кристаллы, имеющие довольно высокое анамальное двулучепреломление, в процессе роста испытывали значительное направленное стрессовое давление [7]. Таким образом, кристаллы, состоящие из слабоокрашенной «сердцевины», окруженной цветной зоной, представляют собой две (или более) генерации изумруда. Между двумя стадиями роста был перерыв, который маркируется зоной коррозии кристалла первой стадии и наличием больших газово-жидких включений, расположенных параллельно граням призмы [6].

Колумбийские изумруды известны наличием вторичных и первичных трехфазовых включений, состоящих из солевого раствора, газового пузырька (CO_2), и одного или более изотропных кубических кристаллов (галит, сильвин) (рис. 1, б). Трехфазовые включения зубчатой формы в изумрудах являются доказательством их колумбийского происхождения (рис. 1 в) [3].

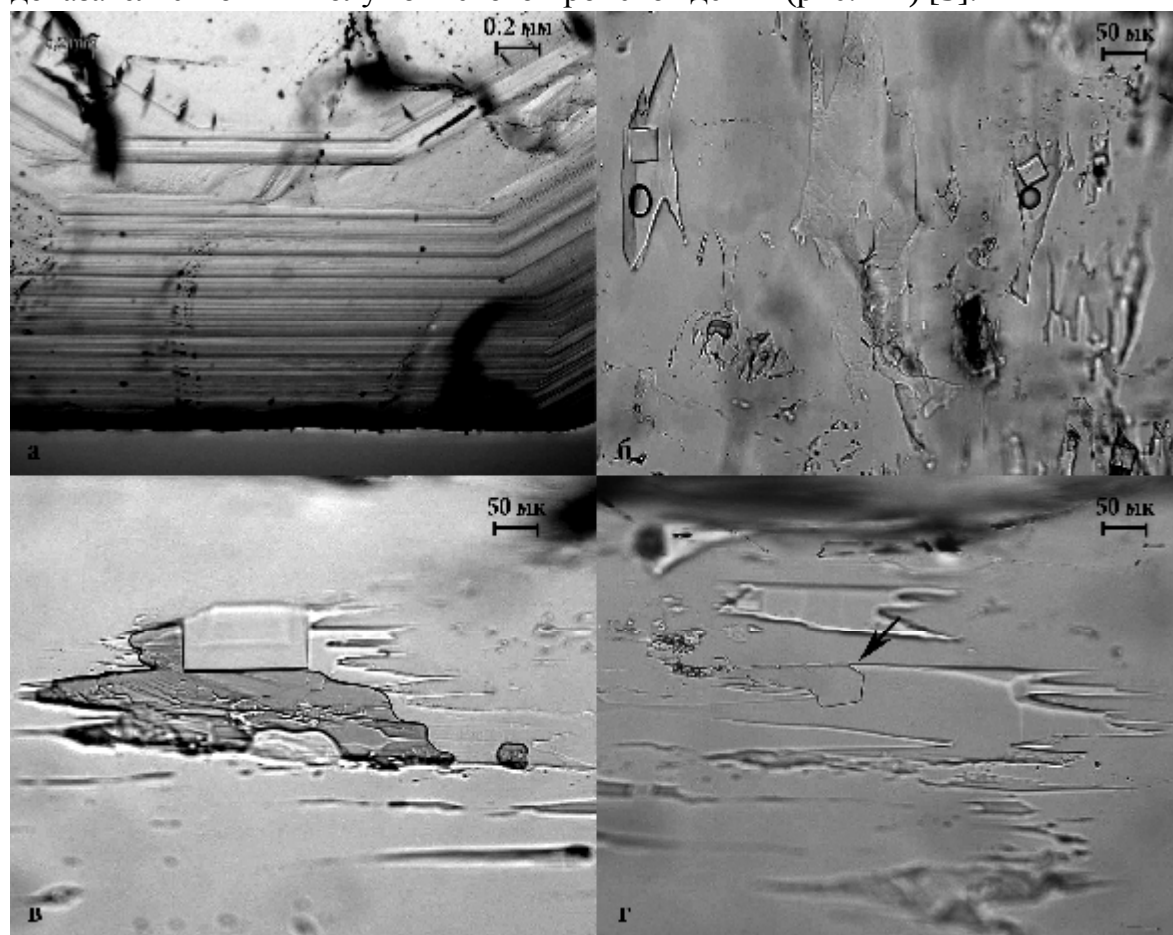


Рис. 1. Включения и зональность в изумрудах.

а – ростовая зональность, перпендикулярно оси с (месторождение Польверос); б – трехфазовые включения (месторождение Кунас); в – трехфазовые включения зубчатой формы (месторождение Коскез); г – минеральное включение, возможно, карбонат (месторождение Коскез).

В исследуемых изумрудах обнаружены минеральные включения. Некоторые из них анизотропны и, предположительно, являются карбонатом (рис. 1, г). Изотропные включения, вероятно, представлены флюоритом.

Оптическая спектроскопия. В спектрах поглощения изумрудов появляются полосы поглощения, связанные с Cr^{3+} , V^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} . Хром обуславливает широкие полосы поглощения около 430 нм и 600 нм и четкие линии поглощения 685-687 нм. Изумруды, окрашенные V^{3+} , имеют полосы поглощения в тех же интервалах, что и окрашенные Cr^{3+} , но линии поглощения 685-687 нм у них отсутствуют. Fe^{2+} дает широкую полосу поглощения около 820 нм. Узкие полосы поглощения около 365-380 нм связаны с Fe^{3+} [5].

По оптическим спектрам изученных образцов можно установить, что зеленая окраска в них связана с Cr^{3+} , а не с V^{3+} или Fe, поскольку в спектрах имеются четкие линии поглощения 685-687 нм (рис. 2, а-г). Для образцов изумрудов из месторождений Коскез и Кунас интенсивность широкой полосы поглощения 430 нм заметно больше, чем 600 нм, что обуславливает их желтоватый оттенок (рис. 2, а, в). Присутствие узких полос поглощения в изумрудах из месторождения Коскез в интервале 365-380 нм свидетельствует о наличии Fe^{3+} (рис. 2, а).

В оптических спектрах всех изученных образцов присутствует полоса поглощения в районе 820 нм, что говорит о присутствии Fe^{2+} в их составе.

В изученных изумрудах из месторождения Коскез и Польверос интенсивность полос поглощения Cr^{3+} центральной слабо окрашенной зоны заметно меньше интенсивности полос поглощения краевой ярко окрашенной зоны (рис. 2, а, г).

Оптические спектры колумбийских изумрудов сходны со спектрами изумрудов из Центральной Нигерии. Однако изумруды Нигерии характеризуются широкой полосой поглощения в районе 810 нм (Fe^{2+}), обладающей гораздо большей интенсивностью, нежели соответствующая полоса поглощения в колумбийских образцах. В спектрах изумрудов Бразилии присутствует полоса поглощения 365-380 нм, связанная с наличием в их составе Fe^{3+} , чего не наблюдается в изумрудах из колумбийских месторождений. Спектры бразильских изумрудов, окрашенных V^{3+} , не дают четких линий поглощения в районе 685-687 нм, которые дает Cr^{3+} [7].

Выводы

Полученные с помощью микроскопии и оптической спектроскопии данные могут быть использованы как диагностические при определении типа месторождения изумрудов Колумбии и их отличия от синтетических камней. Однако для разработки способов определения принадлежности образца к конкретному месторождению необходимо дальнейшее изучение образцов методами количественного анализа и изотопии кислорода.

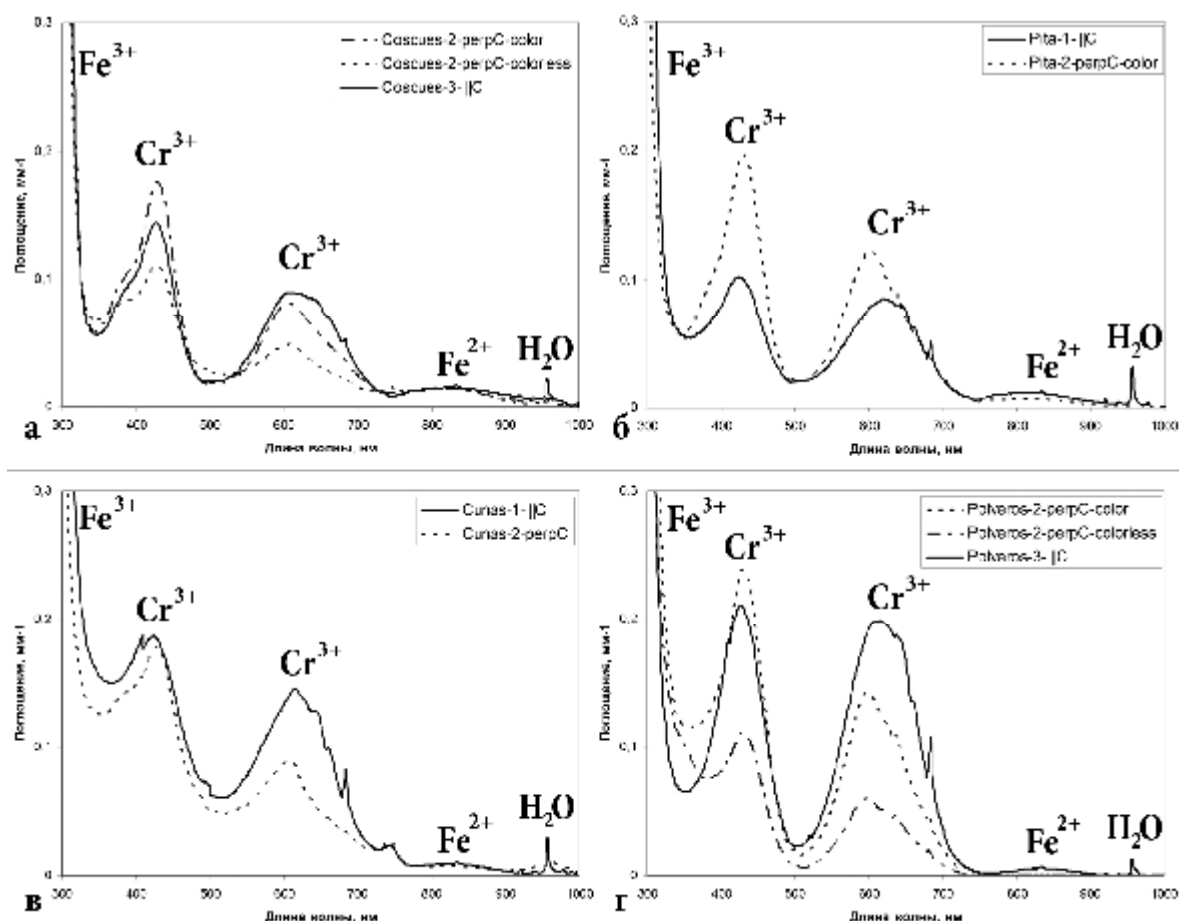


Рис. 2. Оптические спектры исследованных изумрудов

Литература:

1. Егоров-Тисменко Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия: учебник. М., КДУ, 2005 г. 433 с
2. Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П. Геология месторождений драгоценных камней. 2-е изд., М., Недра, 1983 г. 160 с
3. Gubelin, E.J. and Koivula, J.I. Photoatlas of Inclusions in Gemstones, volume 2., Basel (Opinio Publishers), Hardback, 2005, 829 p
4. Gunther Birgit, Tables of gemstone identification, 1988
5. Moroz Inessa I. The visible absorption spectroscopy of emeralds from different deposits. Australian Gemologist, 1999
6. Schwarz Dietmar, Emerald and green beryl from Central Nigeria. J. Gemm, 1996. Vol. 25, № 2, pp 117-141
7. Zwaan J. C. Update on emeralds from the Sandawana Mines, Zimbabwe. Gems&Gemology, 1997. Vol.33, № 2, pp 80-100