

СРАВНИТЕЛЬНАЯ КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ИЗУМРУДОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПОВ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ (КОЛУМБИЙСКАЯ И УРАЛЬСКАЯ ИЗУМРУДНЫЕ  
ПРОВИНЦИИ)

**Николаев А.Г.<sup>1</sup> (anatolij-nikolaev@yandex.ru), Попов М.П.<sup>2</sup>, Лютеев В.П.<sup>3</sup>,  
Хасанова Н.М.<sup>1</sup>, Исаенко С.И.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Казанское отделение. Казанский (Приволжский) федеральный университет. <sup>2</sup>Уральское отделение. Уральский государственный горный университет. Институт геологии и геохимии УрО РАН. <sup>3</sup>Сыктывкарское отделение. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН

COMPARATIVE CRYSTALLOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF  
EMERALDS FROM VARIOUS GENETIC TYPES OF DEPOSITS (COLOMBIAN  
AND URAL EMERALD PROVINCES)

**Nikolaev A.G.<sup>1</sup>, Popov M.P.<sup>2</sup>, Lutoev V.P.<sup>3</sup>, Khasanova N.M.<sup>1</sup>, Isaenko S.I.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Kazan branch. Kazan (Volga region) Federal University. <sup>2</sup>Ural branch. Ural State Mining University, Institute of Geology and Geochemistry UB RAS.  
<sup>3</sup>Syktывkar branch. Institute of Geology Komi SC UB RAS

В данной работе представлены результаты исследования кристаллохимических особенностей изумрудов с месторождений Музо-Коскуэс-Чивор (Колумбия) и Изумрудных копей Урала (Россия). Они были взяты как основные эталонные типы месторождений различного генетического типа. Задача данной работы заключается в выявлении различий в кристаллохимии изумрудов из данных месторождений и показаны особенности их формирования в различных геологических обстановках. Основными методами исследований изумрудов были: оптическая абсорбционная спектроскопия, инфракрасная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, электронный парамагнитный резонанс, люминесцентная спектроскопия. Дополнительно были исследованы колориметрические особенности и включения в изумрудах для идентификации сырья и ограненного материала для данных типов месторождений.

В результате исследований кристаллохимических особенностей изумрудов с месторождений Музо-Коскуэс-Чивор (Колумбия) и Изумрудных копей Урала (Россия) были получены следующие результаты исследований:

Общей особенностью оптических спектров поглощения изумрудов является наличие двух широких интенсивных полос поглощения в видимой области связанные с ионами  $\text{Cr}^{3+}$ , которые изоморфно замещают ионы  $\text{Al}^{3+}$  в октаэдрических позициях структуры берилла. В ближней инфракрасной области спектра уральских изумрудов фиксируется широкая и интенсивная полоса поглощения с максимумом в районе 810 нм. Дополнительно в них в районе 2070 нм наблюдается небольшая по интенсивности полоса поглощения, связанная с ионами двухвалентного железа, изоморфно замещающих бериллий в

тетраэдрических позициях. Узкие полосы поглощения на длинах волн 1152, 1410, 1898 нм связаны с колебаниями молекул воды в каналах структуры берилла. Широкая полоса в районе 2400-3000 нм связана с колебаниями воды в газожидких включениях.

Расчет координат цветности по международной колориметрической системе МКО – 1931: уральские изумруды –  $\lambda = 535 - 547$  нм, величина насыщенности основного цветового тона – 15,13 - 23,03 %, а для колумбийских изумрудов –  $\lambda = 512 - 527$  нм и цветовой тон изменялся в пределах 42,13 - 55,03 %.

Результаты исследования линии колебания воды на длине волны 1898 нм и включений в изумрудах можно использовать для практических геммологических целей для идентификации природных и синтетических ограненных камней и выявлять месторождение, откуда было добыто природное сырье.

Метод инфракрасной спектроскопии используется преимущественно для изучения спектров молекул, поскольку именно в ИК-области расположено большинство энергетических переходов между колебательными и вращательными уровнями молекулярных систем. Инфракрасные спектры изумрудов записывались в диапазоне  $350-8000 \text{ см}^{-1}$ , информативные полосы колебаний кристаллической решетки были обнаружены в районе  $400-3800 \text{ см}^{-1}$ . Полоса  $1201 \text{ см}^{-1}$  соответствует коротковолновому валентному колебанию  $\text{BeO}_4$  тетраэдра,  $959 \text{ см}^{-1}$  – коротковолновому колебанию  $\text{SiO}_4$  тетраэдра. Полоса  $808 \text{ см}^{-1}$  – кольцевая структурная полоса. В интервале  $770-590 \text{ см}^{-1}$  – интенсивные полосы деформационного типа отнесены к колебаниям  $\text{BeO}_4$  тетраэдра. Полоса  $523 \text{ см}^{-1}$  отнесена к колебаниям  $\text{AlO}_6$  октаэдра. Полосы в области спектра ниже  $500 \text{ см}^{-1}$  обычно относят к длинноволновым колебаниям деформационного типа в  $\text{SiO}_4$  тетраэдрах.

В результате исследований ИК спектров бериллов в диапазоне  $3000-4000 \text{ см}^{-1}$  было выявлено, что в структуре каналов присутствует структурная вода в виде линий на длине волны 3598, 3660 и  $3698 \text{ см}^{-1}$ . Линии с длинами волн 3598 и  $3660 \text{ см}^{-1}$  относятся ко второму типу «щелочной» воды, а линия  $3698 \text{ см}^{-1}$  относится к первому типу «без щелочной» воды. По результатам анализов в основном в структуре всех изумрудов преобладает вода II типа, а в изумрудах с месторождения Чивор (Колумбия) очень низкое содержание воды II типа, в основном в этих изумрудах находится вода I типа. Исходя из этого, можно говорить об особенных условиях формирования изумрудов в месторождение Чивор по сравнению с другими месторождениями данного вида сырья.

Спектры комбинационного рассеяния изумрудов записывались в диапазоне  $150-4000 \text{ см}^{-1}$ , информативные полосы валентных колебаний кристаллической решетки были обнаружены в районе  $200-1200 \text{ см}^{-1}$ . Для Уральских изумрудов свойственны следующие линии 230, 323, 398, 421, 528, 687, 1013,  $1070 \text{ см}^{-1}$ . Для колумбийских изумрудов характерны следующие линии Музо: 327, 340, 444, 530, 688, 1012 и  $1069 \text{ см}^{-1}$ , для месторождения Чивор – 323, 398, 422, 452, 530, 687, 1015 и  $1070 \text{ см}^{-1}$ . Сравнительная характеристика спектров комбинационного рассеяния показала, что есть небольшие различия линий для изумрудов с

Колумбии и Урала. На длине волны  $528 \text{ см}^{-1}$  для уральских образцов есть небольшое смещение, это связано, скорее всего, с изоморфным вхождением железа в структуру октаэдрической позиции алюминия. Для уральских образцов присутствует типичная полоса на длине волны  $230 \text{ см}^{-1}$ , и интенсивная линия на длине волны  $421 \text{ см}^{-1}$ . Природа данных полос не выявлена, но их можно использовать для диагностики уральских образцов.

Спектры ЭПР записаны при сканировании магнитного поля в диапазоне 40 – 380 мТл с центром 210 мТл, амплитуда модуляции составила 200 мкТл. Спектры ЭПР с месторождения Чивор показали только линии с g-фактором которые связаны с линиями хрома. В спектрах ЭПР с месторождения Коскуэс были выявлены линии, которые связаны с трехвалентным железом g-фактор 2,35. Наблюдаются еще дополнительные линии предположительно от иона  $\text{Mn}^{2+}$ . Спектры ЭПР уральских образцов аналогичных спектрам с месторождения Чивор. Во всех четырех спектрах присутствует сигнал фактором 3,96, но с разной интенсивностью. Образец уральского изумруда показал, что отличается интенсивным сигналом эффективным фактором 2,009 и широкой подложкой.

Люминесценция в изумрудах был выявлен в образцах с Уральских и Колумбийских месторождений. Длина волны, при которой происходило возбуждение люминесценции – 450 нм. Есть небольшие смещения в диапазоне 650-750 нм, они связаны с особенностями кристаллохимии, которые типичны для различных типов месторождений. При сравнении интенсивности полос люминесценции на длине волны 711-732 нм, из Колумбийских месторождений люминесценция более интенсивная, а с Уральских месторождений менее интенсивная. Это связано с большим содержанием железа, что и приводит к частичному тушению люминесценции в Уральских образцах.