

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА ИЗУМРУДА НА СПЕКТРОМЕТРЕ EDX-8000

© 2018 г. М. П. Попов, Н. П. Горбунова

С помощью рентгенофлуоресцентного анализа изучен состав изумрудов из ведущих месторождений мира (Китай, Замбия, Россия и др.). Показано, что этот вид анализа минерального сырья является перспективным и производительным методом для предварительной оценки состава и происхождения изумрудов.

Для изучения особенностей состава изумрудов из ведущих месторождений мира был использован рентгенофлуоресцентный анализ. Ранее подобная работа проводилась на приборе EDX-900HS в ИГГ УрО РАН [Поротников и др., 2013].

Данное исследование осуществлено с помощью нового спектрометра EDX-8000 фирмы Shimadzu (Япония) (рис. 1). Наличие CMOS камеры в этом приборе выделяет область измерения диаметром 1, 3, 5 и 10 мм. Кроме того, камера позволяет первоначально визуально исследовать образец на предмет дополнительных минеральных включений и неоднородностей (зональности, сростания с другими минералами). Фото, спектр и результаты измерений сохраняются в файле под именем изученного образца.

Режимы измерения на спектрометре EDX-8000: напряжение 15 кВ для легких элементов (Na, Mg, K) и 50 кВ (V, Cr, Fe, Rb, Cs); сила тока 350–

1000 мкА; коллиматор 3 мм; время измерения пробы 100 с; съемки в вакууме.

В рамках программного обеспечения спектрометра создана аналитическая группа IZUMRUD для определения элементов Na, Mg, K, Fe, Rb, Cs, V, Cr. Данный выбор для изучения особенностей химического состава основывался на следующем:

- содержание Al и Si в бериллах малоизменчиво и не зависит от условий образования;
- основными хромофорами, влияющими на окраску изумруда, являются Fe, V, Cr;
- содержание Na, Rb, Cs может указывать на различные источники вещества и условия образования месторождений;
- минеральные включения в изумрудах (слюды, ПШ) могут влиять на содержание Na, Mg, K.

Вариации состава бериллов, особенно содержание Na, Cs, Fe и Mg, могут служить индикатором



Рис. 1. Общий вид спектрометра EDX-8000 фирмы Shimadzu (Япония).

фракционирования и эволюции минерала и вмещающей породы. Сильное увеличение содержания цезия (отношения Cs/Na) и очень низкое отношение Mg/Fe свидетельствуют о первичном магматическом тренде. В свою очередь вторичные, вероятно постмагматические, процессы частичного растворения-переосаждения приводят к формированию бериллов, обедненных цезием, с низким Cs/Na, но высоким отношением Mg/Fe [Uher et al., 2010].

Для построения градуировочных графиков были выбраны пять видов камней различной интенсивности окраски по три образца в каждом, различных по размеру. Образцы отобраны из месторождений Бразилии и России, корректировку высоко-го содержания Cs, V и Cr дополнили еще три изумруда из Китая.

Анализ образцов сравнения методом ИСП-МС. Мелкие фракции этих восьми камней (навески 10–20 мг) были растерты до состояния пудры. Далее по программе химической пробоподготовки

к методу ИСП-МС проводилось разложение в смеси суперчистых кислот под давлением на приборе “СВЧ-Лаборант” производства “Уралгефест” до полного растворения твердого образца и перевода его в нитраты. Полученные растворы измеряли на спектрометре ELAN-9000 фирмы PerkinElmer в следующих операционных условиях: мощность радиочастотного генератора – 1300 Вт, материал конусов интерфейса – платина или никель, для построения градуировочных зависимостей использовались мультиэлементные стандартные растворы. На рис. 2 в качестве примера представлен градуировочный график для определения рубидия.

Особенности измерения рентгеновских спектров. Во время работы было зарегистрировано около 750 рентгеновских спектров. Исследуемые образцы природных изумрудов малы и неоднородны. В качестве диафрагмы использовалась крышка к кювете для рентгеновского спектрометра с диаметром центрального отверстия 5 мм (рис. 3а). В случае изучения мелких образ-

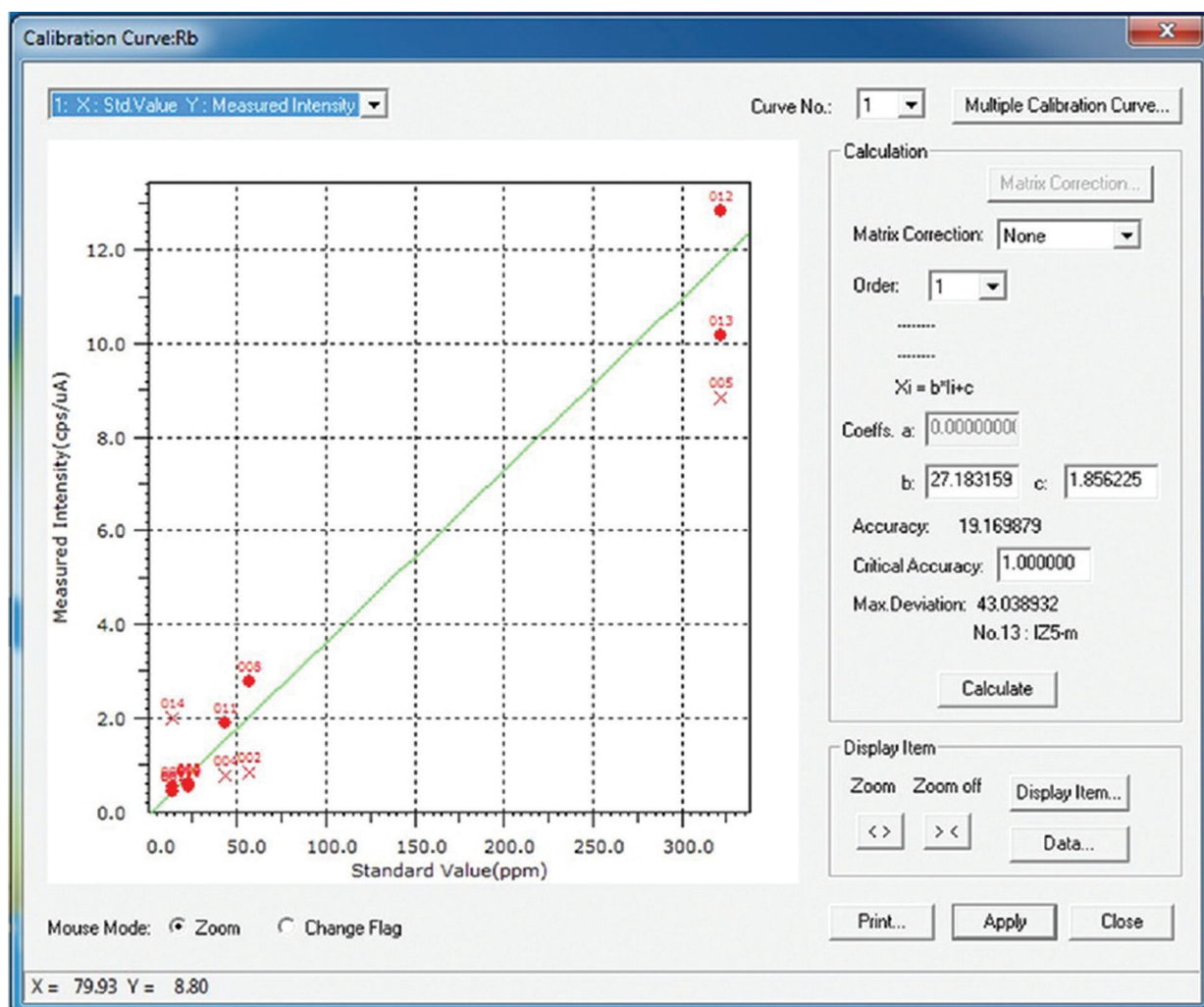


Рис. 2. Градуировочный график для определения рубидия.

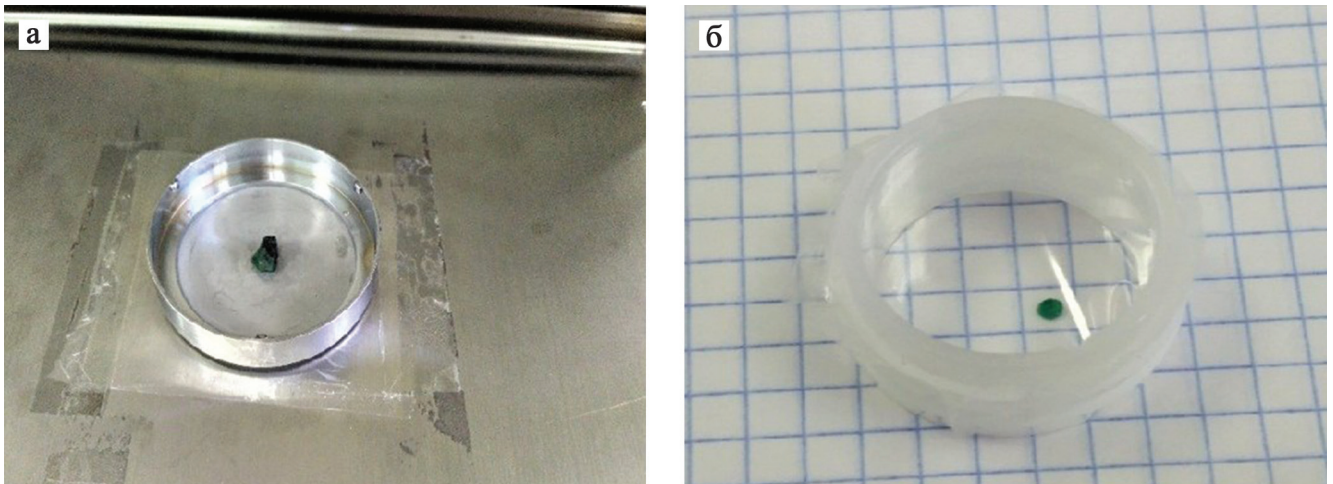


Рис. 3. Использование крышки и кюветы для съемки образцов.

Пояснения см. в тексте.

цов и огранок, например из месторождения Замбии, применялась стандартная кювета для анализа сыпучих материалов или жидкостей, которая закрывалась полипропиленовой пленкой толщиной 5 мкм (рис. 3б).

Для изучения возможных наложений линий соседних элементов получены спектры образцов в режиме качественно-количественного анализа (рис. 4). При исследовании китайских образцов обнаружено высокое содержание в них ванадия. Из спектра видно, что содержание титана мало и интенсивность Ti K_{β} -линии практически не влияет на интенсивность аналитической K_{α} -линии V. K_{β} -линия V совпадает с аналитической K_{α} -линией Cr и

в китайских образцах может незначительно влиять на интенсивность K_{α} -линии Cr, а именно завышать ее (см. зеленую зону на рис. 4).

По результатам исследований построены графики соотношений основных элементов в исследуемых образцах на предмет выделения особенностей месторождений (рис. 5).

Таким образом, рентгенофлуоресцентные измерения большого количества образцов изумрудов является перспективным производительным методом для предварительной оценки их состава и происхождения.

Авторы работы благодарят за помощь в проведении исследований сотрудников лаборато-

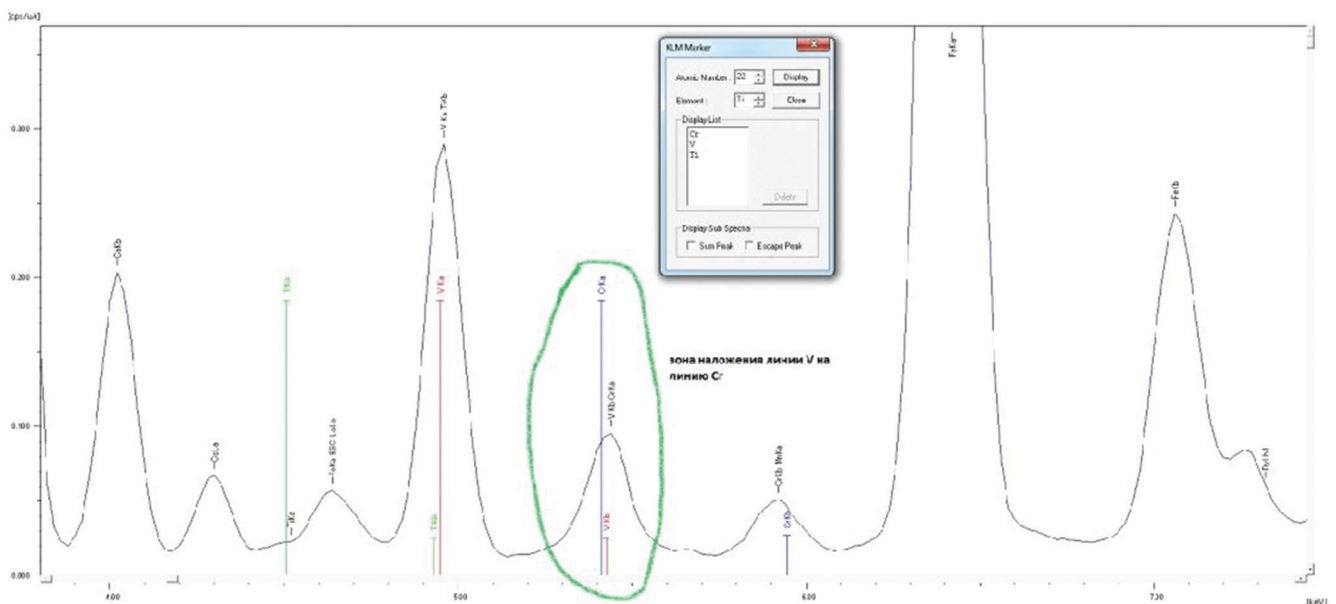


Рис. 4. Характерный рентгеновский спектр образца из месторождения Китая.

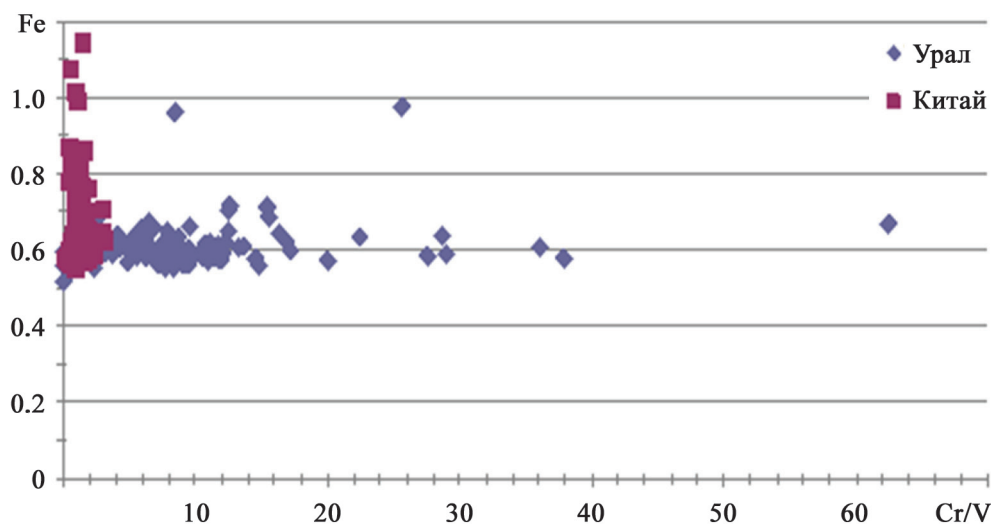


Рис. 5. Диаграмма отношения Fe к Cr/V в изумрудах.

рии ФХМИ Л.А. Татаринovu, Н.В. Чередниченко, Д.В. Киселеву, Л.К. Дерюгину.

Работа выполнена в ЦКП “Геоаналитик” в рамках научно-исследовательской работы “Развитие аналитически-информационного обеспечения криминалистических исследований цветных драгоценных камней”, а также поддержана темой № 0393-2016-0025 государственного задания ИГГ УрО РАН и темой № г/р АААА-А18-118052590033-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Поротников А.В., Попов М.П., Горбунова Н.П. Применение линейного дискриминантного анализа для автоматического определения происхождения изумруда по данным рентгенофлуоресцентного анализа // Ежегодник-2012. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 160. Екатеринбург, 2013. С. 353–355.
- Uher P., Chudík P., Bačí P.K., Vaculovič T., Galiová M. Beryl composition and evolution trends: an example from granitic pegmatites of the beryl-columbite subtype, Western Carpathians, Slovakia // J. Geosci. 2010. V. 55. P. 69–80.