

Природа окраски турмалинов месторождения Канакан (Афганистан)

© *А. Г. Николаев*¹, *Г. А. Юргенсон*², *А. Д. Михеева*¹, *В. М. Галиуллин*¹

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия. E-mail.ru: Anatolij-nikolaev@yandex.ru

² Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. E-mail.ru: yurgga@mail.ru

В данной работе представлены исследования природы окраски турмалинов с месторождения Канакан (провинция Нуристан, Афганистан). Выявлены кристаллохимические особенности турмалинов и изучен изоморфизм элементов хромофоров в кристаллическую структуру минерала.

Ключевые слова: турмалин; кристаллохимия; оптическая спектроскопия; природа окраски.

The nature of the coloring of tourmalines in the Kanakan field (Afghanistan)

*A. G. Nikolaev*¹, *G. A. Yurgenson*², *A. D. Mikheeva*¹, *V. M. Galiullin*¹

¹ Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia. E-mail.ru: Anatolij-nikolaev@yandex.ru

² Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia. E-mail.ru: yurgga@mail.ru

In this paper studies of the nature of the coloring of tourmalines from the Kanakan field (Nuristan province, Afghanistan) are presented. Crystallochemical features of tourmalines are revealed and the isomorphism of elements by the chromophore into the crystalline structure of the mineral.

Keywords: tourmaline; crystal chemistry; optical spectroscopy; nature of coloring.

Цель данной работы — исследование природы окраски турмалинов с месторождения Канакан и выявления кристаллохимических особенностей их кристаллической структуры. Турмалин как ювелирный камень интересен, прежде всего, разнообразной красивой окраской, охватывающей всю цветовую гамму спектра, нередко глубокой и яркой с множеством тонов и оттенков. Все образцы имели яркий зеленый цвет с небольшим голубым оттенком.

Оптические спектры поглощения записывались на специализированном спектрофотометре SHIMADZU UV — 3600 в диапазоне длин волн 185–3300 нм. Дополнительно оптические спектры записывались на стандартизированном спектрофотометре МСФУ-К. Регистрация оптических спектров поглощения производилась в интервале длин волн 400–800 нм, с шагом 1 нм. Анализ химического состава турмалинов изучался с помощью сканирующего электронного микроскопа Phoenix XL-30 ESEM фирмы FEI с ЭДС-детектором EDAX.

Турмалин — сложный кольцевой боросиликат со следующей обобщенной кристаллохимической формулой, которая имеет вид $XY_3Z_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$, где X — Na, Ca, K; Y — Mg, Fe²⁺, Mn²⁺, Fe³⁺, Al³⁺, Li⁺, Cr³⁺, Z — Al³⁺, Fe²⁺, Fe³⁺.

Кристаллическая структура турмалина допускает возможность широких изоморфных замещений главным образом в его катионной части. Обычно выделяются два главных изоморфных ряда: железо-магниевый (шерл-дравитовый) и железо-литиевый (шерл-эльбаитовый). Конечными членами этих рядов являются шерл (происхождение термина точно не установлено) — $NaFe^{2+}_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$, дравит (по месту первой находки — району Драве в Югославии) — $NaMg_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$ и эльбаит (по острову Эльба) — $Na(Li,Al)_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$. При этом между дравитом и эльбаитом предполагается разрыв смесимости [2].

При исследовании химического состава турмалинов было выявлено, что основными его элементами-хромофорами являются марганец и железо (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав турмалина (вес. %):

	O	Na	Al	Si	Ca	Mn	Fe
Край кристалла	53,70	3,81	22,80	18,47	0,29	0,89	0,54
Центр кристалла	53,81	1,99	22,71	18,96	0,48	1,06	0,98

Общей особенностью оптических спектров поглощения турмалинов является наличие двух широких интенсивных полос поглощения в видимой и ближней инфракрасной области на длинах волн 715 и 1272 нм. Конфигурация спектров поглощения и значение энергий позволяет приписать наблюдаемые полосы электронным переходам в ионах Fe²⁺, которые изоморфно входит в октаэдрические Y-позиции структуру турмалина. Полосы поглощения связанные с ионами Fe²⁺ в спектрах обуслов-

лены разрешенными по спину переходами с основного состояния терма ${}^5T_{2g}$ на более высокий энергетический уровень 5E_g соответственно [1, 3, 4, 5]. Низкая точечная симметрия Y-позиции способствует расщеплению и вырождению 5E_g -уровня кристаллическим полем, что в свою очередь дает в спектрах две полосы поглощения в области 715 и 1272 нм.

Полоса поглощения в районе 510–530 нм связана по своему характеру и положению в спектре с ионами Mn^{3+} , в которых разрешены по спину ионные d-d переходы ${}^5E_g \rightarrow {}^5T_{2g}$. Данные ионы находятся в октаэдрической Y-позиции в структуре турмалина.

В ближней инфракрасной области спектров турмалинов фиксируются узкие полосы поглощения в области 1300–1500 и 2100–2500 нм. Эти узкие линии связаны с колебаниями ОН-групп в кристаллической структуре минерала. В области 2600–3100 нм фиксируются бесструктурные колебания, связанные с молекулами воды во флюидных включениях в турмалинах.

По результатам интерпретации оптических спектров поглощения турмалинов был проведен расчет координат цветности по международной колориметрической системе МКО-1931, источник цвета D-65. Для турмалинов доминирующая длина волны (λ) основного цветового тона составила 521,9–576 нм, а величина насыщенности основного цветового тона изменялась от 0,42 до 11,4 %.

В ходе проведенных исследований были проанализированы оптические спектры поглощения изумрудов с месторождения Канакан (провинция Нуристан, Афганистан) и исследована природа их окраски. Природа окраски связана исключительно с ионами Fe^{2+} , которые изоморфно входят в Y-позицию структуры турмалина [5]. Незначительно на окраску также влияют ионы Mn^{3+} .

Литература

1. Бахтин А. И. Породообразующие силикаты: Оптические спектры, кристаллохимия, закономерности окраски, типоморфизм. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1985. 192 с.
2. Киевленко Е. Я. Геология самоцветов. М.: Земля. Ассоциация ЭКОСТ, 2000. 582 с.
3. Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. М.: Недра, 1984. 196 с.
4. Свиридов Д. Т., Свиридова Р. К., Смирнов Ю. Ф. Оптические спектры ионов переходных металлов в кристаллах. М.: Наука, 1976. 266 с.
5. Николаев А. Г., Фахардо Бехарано Э. Л., Попов М. П. Оптическая спектроскопия и сравнительные кристаллохимические особенности изумрудов различных промышленно-генетических типов месторождений. // Металлогения древних и современных океанов-2016. От минералогенеза к месторождениям. Миасс: ИМин УрО РАН, 2016. С. 236–239.

Николаев Анатолий Германович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань.