

# ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ И КРИСТАЛЛОХИМИЯ ГРАНАТОВ УРАЛА

*Н. М. Баймуратов*

*Казанский государственный университет, г. Казань,  
baimuratov.niyaz@gmail.com*

Целью данной работы являлось изучение кристаллохимических особенностей гранатов Урала и природы окраски этих самоцветов.

Исследования проводились на специализированной оптико-спектрофотометрической установке, на базе микроскопа МИН-8, монохроматора МДР-4 и управляющей ЭВМ в лаборатории оптической спектроскопии Казанского университета. Съёмка оптических спектров поглощения велась в видимом и инфракрасном диапазоне длин волн (400–1200 нм), с интервалом 2 нм. Для проведения экспериментов были изготовлены полированные петрографические утолщенные шлифы с гранатами, на просвет имеющими различные тона окраски.

Минералы группы гранатов относятся к островным силикатам с общей кристаллографической формулой  $R^{2+}_2 R^{3+}_3 [SiO_4]_3$ , где  $R^{2+} = Ca, Mg, Mn, Fe$ , а  $R^{3+} = Al, Fe, Mn, Cr, Ti, Zr$ . Структура гранатов составлена тетраэдрами  $SiO_4$  и октаэдрами  $R^{3+}O_6$ , связанными между собой вершинами в каркас. Двухвалентные катионы  $R^{2+}$  располагаются в полостях каркаса и окружены восемью ионами кислорода, занимающими вершины координационного полиэдра, имеющего форму сильно искажённого куба. Все координационные полиэдры структуры граната в различной степени искажены. В зависимости от степени изоморфизма между Mg и Ca, Mg и Fe, Fe и Mn, Al и Cr, Fe и Al и вариантов сочетания  $R^{2+}-R^{3+}$  – катионов выделяются различные изоморфные серии (ряды), между крайними членами которых существует совершенный изоморфизм [Платонов и др., 1984]. Наиболее известными крайними членами изоморфных рядов гранатов являются: пироп  $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ , гроссуляр  $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ , альмандин  $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ , андрадит  $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ , спессартин  $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$  и уваровит  $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$ . Химический состав любого граната можно условно выразить через содержание этих крайних членов или миналов, а также некоторых других, практически не встречаемых в чистом виде, например, кноррингита ( $Mg_3Cr_2[SiO_4]_3$ ) или «гипотетических» миналов. Окраска природных гранатов изменяется в очень широких пределах как по тональности, так и по густоте.

В процессе выполнения работы были изучены гранаты альмандинового ряда, отобранные из пегматитовых жил Ильменских гор (Юж. Урал), а также гранаты андрадитового ряда: демантоиды Каркодинского месторождения (Сред. Урал) и уваровиты Сарановского месторождения (Сев. Урал).

## **Альмандиновый ряд гранатов**

Красная окраска альмандинов обусловлена присутствием в их структуре примеси ионов двухвалентного железа в восьмерной координации и трёхвалентного железа в шестерной координации, полосы поглощений которых проявляются в коротковолновой области оптического спектра (в диапазоне волн от 400 до 510 нм).

Кроме полос поглощения в коротковолновой области оптического спектра имеется широкая полоса поглощения, которая по литературным данным приурочена к ИК-области спектра. Эта полоса при длине волны 1200 нм связана с присутствием в структуре гранатов примеси ионов двухвалентного железа в восьмерной координации, и обусловлена разрешёнными по спину d–d-переходами (рис. 1).

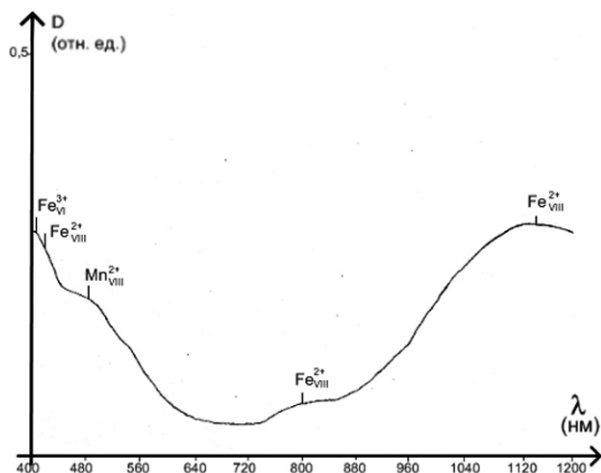


Рис. 1. Оптический спектр поглощения алмазина.

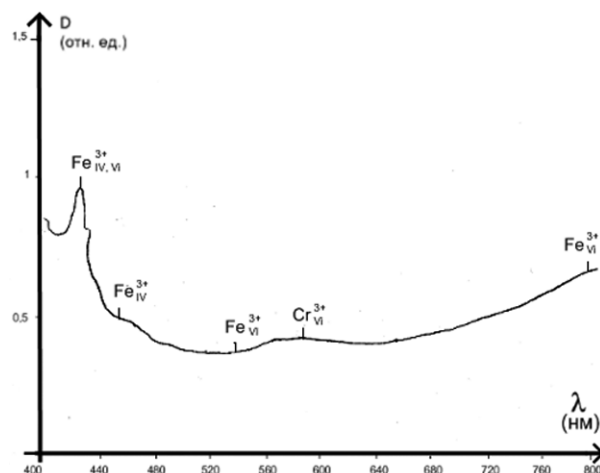


Рис. 2. Оптический спектр поглощения демантоида.

### Андрадитовый ряд гранатов

Окраска хромсодержащих ярко-зеленых и изумрудно-зеленых демантоидов обусловлена совместным хромофорным действием ионов  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Cr}^{3+}$ ; последние изоморфно входят в октаэдрические позиции структуры андрадита, замещая ионы  $\text{Fe}^{3+}$ . Возникновение желтых окрасок в демантоидах объясняется примесью ионов  $\text{Fe}_4^{3+}$ , обуславливающих интенсивную УФ-полосу переноса заряда  $\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Fe}_4^{3+}$  или титана, в частности ионов  $\text{Ti}^{4+}$ , вызывающих, как в некоторых пиропсах, усиление интенсивности полос запрещенных переходов в ионах  $\text{Fe}^{3+}$  (Ti-эффект) (рис. 2).

Окраска бледно-зеленых гроссуляров имеет ту же природу, что и окраска бесхромистых демантоидов, т.е. обусловлена примесью ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , входящих в октаэдрические позиции структуры (примесь андрадитового минала).

Окраска ярко-зеленых уваровитов объясняется электронными переходами в ионах трехвалентного хрома, находящихся в структуре гранатов в шестерной координации.

### Литература

Платонов А. Н., Таран М. Н., Балицкий В. С. Природа окраски самоцветов. Недра, 1984. 197 с.