

УДК 622.33

**М.И. Пшеничный****ПОЛИХРОМНОСТЬ МИНЕРАЛОВ ГРУППЫ  
ТУРМАЛИНА**

*Рассмотрены особенности полихромной окраски турмалинов. Приведены сведения о причинах такой окраски. Выделены четыре основных типа распределения зональной окраски в полихромных турмалинах. Дана информация по основным мировым месторождениям, а также по использованию полихромных турмалинов в ювелирном искусстве.*

*Ключевые слова:* турмалин, поперечная зональность, концентрическая зональность, концентрическо-поперечная зональность, пирамидальная зональность.

Семинар № 25

**Т**урмалин – сложный кольцевой силикат, ювелирные разновидности которого превосходят по разнообразию окрасок любой другой самоцвет. Этот факт обусловлен, в первую очередь, особенностью кристаллической структуры, широкой изменчивостью химического состава минералов группы турмалина и разнообразием вхождения хромофоров в их структуру.

Турмалин кристаллизуется в дитригонально-дипирамидальном виде симметрии тригональной сингонии. Для него весьма характерны длиннопризматические кристаллы с четкой продольной штриховкой и поперечным сечением в виде сферического треугольника, реже – шестиугольника. Кристаллы с большим числом призматических граней выглядят почти цилиндрическими.

Обычные размеры кристаллов ювелирного турмалина 1–5 см в длину и 0,5–2 см в поперечнике. Изредка встречаются экземпляры длиной до 20–25 см при ширине до 5–10 см. Зафиксированы случаи добычи кристаллов турмалина длиной более 1 метра.

Помимо широкой гаммы расцветок группа турмалина характеризуется большим количеством минеральных видов, отличающихся химическим составом. Это обуславливает существование двух независимых классификаций минералов группы турмалина: кристаллохимической – название камню дается, исходя из его химического состава; и классификации турмалинов по цвету, часто используемой в коммерции.

Обобщенная химическая формула турмалина по А.А. Годовикову:  
 $XY_3Z_6\{Si_6O_{18}\}[BO_3]_3(OH,F)_{3+1}$ ,  
 где X – Na, Ca, K;  
 Y – Mg, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Li, Cr<sup>3+</sup>,  
 Z – Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

Кристаллическая структура турмалина допускает возможность широких изоморфных замещений, главным образом, в его катионной части. Обычно выделяется два главных изоморфных ряда: железо-магниевый (шерл-дравитовый) и железо-литиевый (шерл-эльбаитовый). Конечные члены этих рядов:

1) шерл –  
 $NaFe^{2+}_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$ ,

2) дравит –  
 $\text{NaMg}_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH},\text{F})_4$ ,

3) эльбаит –  
 $\text{Na}(\text{Li},\text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH},\text{F})_4$ .

В итоге, учитывая промежуточные разновидности между конечными членами рядов, по кристаллохимической классификации могут выделяться следующие разновидности турмалина: шерл, дравит, эльбаит, бюргерит, хромдравит, оленит, россманиит, повондраит, лиддиккоатит, тсилаизит, увит, ферридравит, ферувит, фойтит и ferric iron – турмалин.

Ювелирные турмалины чаще всего представлены эльбаитами и лиддиккоатитами, реже – тсилаизитами, дравитами, увитами и шерлами.

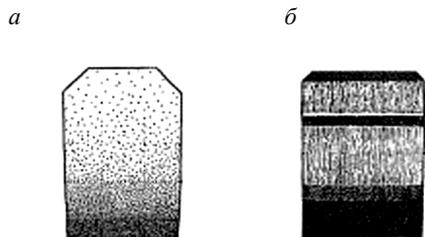
В классификации турмалинов по цвету прочно утвердились следующие названия: ахроит – бесцветный, шерл – черный, рубеллит – розовый до красного, верделит – зеленый, индиголит – синий. В коммерции турмалины интенсивно-зеленого цвета могут именоваться хромтурмалинами, а турмалины с эффектом смены цвета с зеленого на красный цвет (в зависимости от освещения) – хамелеонитами. Парайба-турмалины, впервые найденные в 80-х гг. прошлого века в Бразилии, в штате Парайба, считаются самыми дорогостоящими турмалинами в мире. Эти турмалины окрашены в яркие «неоновые» голубые, зеленые и сине-фиолетовые цвета. Встречаются также турмалиновые кошачьи глаза различных цветов.

Часто при описании разновидностей турмалинов ограничиваются только указанием цвета, не используя при этом каких-либо других названий, например, розовый турмалин, зеленый турмалин и т.д.

Природа разнообразной и богатой по цветовой гамме окраски турмалина изучалась М.М. Сливко, С.В. Грум-Гржимайло, К. Нассау, Б. Прескоттом, Р. Лекебушем, П. Маннингом, А.Н. Платоновым и многими другими исследователями. Она связана с находящимися в составе минерала разнозарядными ионами-хромофорами переходных металлов – железа и марганца, а также примесными ионами титана, хрома, ванадия и даже меди. В окраске железосодержащих турмалинов, в том числе индиголита и верделита основную роль играет перенос заряда в ионной паре  $\text{Fe}^{2+}\text{-Fe}^{3+}$ . При этом зеленая, желто-зеленая, бурая и коричнево-красная окраска возникает даже при незначительном содержании в турмалине ионов  $\text{Fe}^{3+}$ . Устойчивая ярко-розовая и малиновая окраска обусловлена примесью  $\text{Mn}^{3+}$  и переносом заряда в паре  $\text{Mn}^{2+}\text{-Mn}^{3+}$ , а бледно-розовая, выцветающая на солнце — дырочным центром  $\text{O}^-$ . Оранжево-коричневый цвет дравита может зависеть от полосы переноса заряда  $\text{Ti}^{3+}\text{-Ti}^{4+}$ .

Помимо упомянутых выше, окрашенных в один цвет турмалинов, также существуют полихромные турмалины, т.е. многоцветные. В этом случае, в одном и том же кристалле турмалина невооруженным глазом могут наблюдаться два, три и даже более цветов. Такая полихромная окраска кристаллов обычно характерна для некоторых зонально-окрашенных эльбаитов и лиддиккоатитов.

Эльбаит —  $\text{Na}(\text{Li},\text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH},\text{F})_4$ . Назван по месту находки на о-ве Эльба в Италии. Бывает как одноцветным, так и полихромным. Окраска цветовых зон по своей природе аналогична вышеописанным цветовым раз-



**Рис. 1. Поперечная зональность:** *a* – с плавным переходом цвета, *б* – с резким переходом цвета

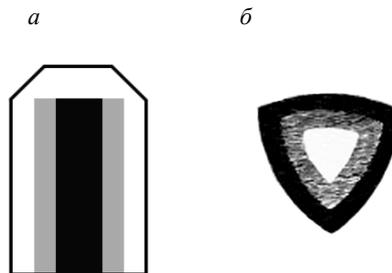
ностям эльбаита – ахроита, рубеллита, верделита и индиголита. Достаточно редко встречаются турмалиновые кошачьи глаза эльбаитового состава, и еще реже – полихромные турмалиновые кошачьи глаза.

Лиддикоатит —  $\text{Ca}(\text{Li,Al})_3 \text{Al}_6 [\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH,F})_4$ . Это кальциевая разновидность эльбаита. Он так назван по имени американского геолога и геммолога Д.Т. Лиддикоата. Всегда зонален, окраска полихромная. Цветовые зоны в таких полихромных камнях оказываются расположенными самым различным образом и представляют собой обычно резко ограниченные участки.

Характер распределения окраски в данных типах турмалина можно наблюдать по продольным и поперечным срезам кристаллов. Рассмотрим основные типы зональности окраски в полихромных турмалинах.

### 1. Поперечная зональность

Окраска меняется перпендикулярно к главной кристаллографической оси. Не все зоны одинаково хорошо развиты. В некоторых кристаллах между зонами наблюдаются постепенные переходы. Отсюда выделяются два подтипа: с плавным переходом



**Рис. 2. Концентрическая зональность:** *a* – продольный разрез кристалла, *б* – поперечный разрез кристалла

цвета вдоль кристалла (рис. 1 *a*) и с резким переходом цвета (рис. 1 *б*). Одна из типичных схем смены окраски турмалина в одном и том же кристалле: черная — темно-синяя — темно-зеленая — бесцветная — розовая. Известна так называемая турмалиновая «голова мавра» - это бесцветный или светло-зеленый кристалл турмалина с верхушкой черного цвета. Турмалиновая «голова турка» - бесцветный или многоцветный кристалл турмалина, завершение которого окрашено в красный цвет.

### 2. Концентрическая зональность

Цветные зоны расположены вокруг центра кольцеобразно, параллельно граням призмы, т. е. главной оси кристалла (рис. 2 *a, б*). В поперечном сечении эти зоны обычно представляют собой фигуры, повторяющие контуры внешних границ кристалла, обычно это сферические треугольники. Последовательность смены цвета разнообразна, чаще всего у эльбаита с концентрической зональностью ядро сложено розовым рубеллитом с зеленой верделитовой оболочкой, это так называемый «арбузный турмалин». Встречается и обратная последовательность смены цвета.

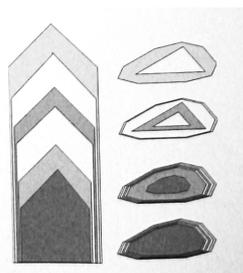
### 3. Концентрическо-поперечная зональность



**Рис. 3. Концентрическо-поперечная зональность**

Смешанный тип концентрической и поперечной зональностей менее распространен, чем первые два типа, но также встречается в некоторых эльбаитах. Примерная схема такой зональности показана на рис. 3.

#### **4. Пирамидальная зональность**



**Рис. 4. Пирамидальная зональность**

При таком характере окраски цветовые зоны параллельны граням пирамиды (рис. 4). Пирамидальная зональность окраски типична для лиддикоатитов, но также встречается и у эльбаитов. Данный тип зональности очень интересно наблюдать в поперечных срезах кристаллов лиддикоатита. В одном срезе могут наблюдаться более четырех цветов одновременно (розовые, зеленые, желтые, коричневые и др. цвета). В таких срезах типично наблюдение

вписанных друг в друга правильных треугольников (рис. 4, справа). Также по центру среза могут наблюдаться трех-лучевые звезды и другие фигуры симметрии третьего порядка, рисунок которых зависит от концевых форм кристалла.

Типы зональности окраски турмалинов следует учитывать при их обработке, находя оптимальные дизайнерские решения для камня.

Изучение зональности позволяет также получить самую различную генетическую информацию: по изменению химического состава в ходе кристаллизации, о последовательности смены формы турмалина в процессе роста, о смене условий минералообразования и т. п.

Образование полихромных кристаллов турмалина связано с тем, что их рост происходит в таких условиях, когда все компоненты можно считать фактически подвижными и понижение концентрации в растворе идет постепенно. Когда концентрация достигает определенного уровня, ниже которого уже не могут происходить данные процессы, наступает резкое изменение последних — образуется новый парагенезис. Так возникают полосчатые текстуры.

Месторождения полихромных турмалинов известны в разных частях мира.

В США это месторождения: Турмалин-Кинг, Турмалин-Квин, Пала-Чиф, Хималей, Сан-Диего, Дантон и Маунт Майка.

Крупным поставщиком полихромного турмалина является Бразилия. В этой стране основные месторождения расположены в штате Минас-Жерайс: Итатаяя, Крузейро, Голконда, Салинас и др.

Важная роль в добыче полихромного турмалина принадлежит Мадагаскару. На месторождении Анджанабонойна добываются самые богатые по расцветке лиддикоатиты.

В Мозамбике многоцветные турмалины добываются в пегматитах района Алту-Лигоньи.

Целый ряд месторождений турмалина связан с альпийскими пегматитовыми поясами Памира, Гиндукуша и Гималаев. Наиболее крупными из них являются Рангульское (Мика) в Таджикистане, Дарай-Пич в Афганистане, Гилгит в Пакистане.

Проявления цветного турмалина зафиксированы и в Европе – в Италии (о-в Эльба).

В России полихромный турмалин добывается из пегматитов Борщовочного кряжа и на Малханском месторождении (Забайкалье).

Полихромные турмалины различных месторождений в своем большинстве от-

личаются друг от друга неповторимостью окраски. Такие турмалины особенно подходят для индивидуальных украшений, так как каждый камень уникален. Это очень вдохновляет ювелиров и дизайнеров. Они охотно превращают такие камни в «сердце» индивидуального украшения.

При обработке полихромного турмалина чаще всего применяется изумрудная огранка. Также достаточно часто его кабошонируют. «Арбузные» турмалины обычно используют в изделиях в виде тонких поперечных срезов кристалла. Для изготовления бус и браслетов производят галтовку турмалинов. Встречается и резьба по полихромному турмалину.

Кристаллы полихромных турмалинов и их поперечные срезы благодаря своей уникальной красоте также всегда высоко ценятся среди коллекционеров.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киевленко Е.Я. Геология самоцветов. М.: ЭКОСТ, 2001. – 582 с.
2. Корнетова В.А. Турмалин. // Минералы. М.: Наука, 1981. – Т.3. – Вып. 2. – с. 160–194.
3. Матвеев К.К. Из наблюдений над многоцветными турмалинами. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. Изд. АН СССР, 1946. – с. 82–88.
4. Сливко М.М. О полихромных турмалинах. Минерал. сб. Львов. геол. об-ва, 1952, № 6. – с. 211–220.
5. Wohrmann B. Cut Longitudinally with Drafting Pen and Paintbrush. extraLapis English, 2002, N. 3, Tourmaline: A Gemstone Spectrum, p. 34–37. **ГИАБ**

---

#### Коротко об авторе

Пишеничный М.И. – Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru



---

**ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Р У К О П И С И ,**

**Савченко Е.С., Привалов А.А.** Современные способы борьбы с пучением почвы в подготовительных выработках (740/02-10 от 05.10.09 г.) 11 с.,

*Приводятся результаты анализа методов и способов борьбы с пучащими породами в подготовительных выработках. Автор предлагает способ, в котором путем варьирования НДС массива вмещающих пород эпицентр пучащих пород, находящийся в выработке, перемещается за ее пределы.*

**Savchenko E.S., Privalov A.A.** MODTRN WAYS OF STRUGGLE WITH GROUND IN PREPARATORU UNDERGROUND MININGS