

который, помимо входящих в него элементов В, Mg и Ca, показывает разной интенсивности линии Al и W, а также металлических элементов—Pb, Fe, Mn, Ag и Ti.

Суммируя изложенный выше материал и данные, помещенные в таблице, можно сделать следующие выводы.

1. Бораты являются типичными минералами гипергенной зоны. Осадителями бора, кроме Mg, Ca, Fe, могут служить, очевидно, также Ti, Al и Si.

2. Закономерное и постоянное присутствие титана в боратах обязано не только первичной парагенетической ассоциации его с бором, но также, видимо, исключительно широкой распространенности титана в зоне гипергенеза вследствие его рассеяния.

3. Первоисточником для бора, по видимому, служат вулканические эггалации, что же касается титана, то он также является весьма обычным для эффузивных породообразующих темноцветных минералов типа авгита и роговой обманки.

Наличие сравнительно малых количеств титана в боратах может быть объяснено слабым выветриванием вулканических пород и главным образом стойкостью титансодержащих минералов на поверхности по сравнению с соединениями бора, обладающими, видимо, более значительной растворимостью.

В заключение пользуюсь случаем выразить благодарность д-ру физ. наук С. А. Боровику за выполненные им спектральные анализы боратов и за ценные указания.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых. ОНТИ, 1937.  
 Вернадский В. И. и Курбатов С. М. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги, ОНТИ, 1937.  
 Гинзбург И. И. и Рукавишников А. А. Минералы древней коры выветривания Урала. Изд. АН СССР, 1951.  
 Гольдшмидт В. М. Сборник статей по геохимии редких элементов. ОНТИ, 1938.  
 Полюнов Б. Б. Кора выветривания, т. I. Изд. АН СССР, 1934.  
 Ферсман А. Е. Геохимия, т. II, стр. 319 и т. IV, стр. 49—55, ОНТИ, 1937.  
 Фиолетова А. Ф. О содержании титана, ванадия, циркония в глинах. Минер. сырье., № 12, 1927.

#### Г. Н. ТАРНОВСКИЙ

### ПОЛИХРОМНЫЕ ТУРМАЛИНЫ ИЗ ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛ БОРЩОВОЧНОГО КРЯЖА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Крупные кристаллы черного турмалина (шерла) в пегматитовых жилах встречаются довольно часто. Исключительно редко в пегматитах встречаются крупные, хорошо ограненные кристаллы полихромных турмалинов.

В 1949 г. в занорыше одной из пегматитовых жил нами был обнаружен кристалл полихромного турмалина длиной 17 см и весом около 1 кг<sup>1</sup>. Поперечник кристалла в нижней части равен 3 см, в верхней, наиболее

<sup>1</sup> Кристалл ныне хранится в Минералогическом музее АН СССР.

широкой, части — 6 см, так что кристалл обладает ярко выраженной конусообразной формой. Описываемый кристалл, по существу, представляет собою лучисто-шестоватый сросток кристаллов, в котором выделяются два крупных индивидуума с наросшими на призматические грани их многочисленными более мелкими кристаллами (рис. 1). Угол между тройными осями симметрии двух крупных индивидуумов равен  $17^\circ$ , вследствие чего сросток имеет V-образную форму. К сожалению, один из индивидуумов на высоте 10 см от основания был сколот по трещине перпендикулярно к тройной оси; эта же трещина прослеживается и в другом, сохранившемся, индивидууме.

Процесс образования пегматитовой жилы сопровождался тектоническими подвижками типа сброса, что нашло свое отражение на многих минералах занорышей в виде сколовых трещин и сложных, нередко ступенчатых, поверхностей залечивания.

Пегматитовая жила, в которой были встречены занорыши с полихромными турмалинами, имеет богатый и разнообразный минеральный состав. В числе важнейших минералов могут быть названы альбит, микроклин, кварц, мусковит, литиевый мусковит, лепидолит, спессартин, амблигонит, апатит, турмалины, черный и полихромный, кукцит и др.

Необходимо отметить, что наблюдались занорыши с дымчатым кварцем, микроклином, гребенчатым альбитом и лепидолитом при полном отсутствии турмалина.

Пегматитовую жилу можно отнести по классификации пегматитов А. Е. Ферсмана к V типу — натро-литиевым пегматитам.

Занорыши в основном приурочены к центральной части раздува пегматитовой жилы на участке резкого изменения угла ее падения. Всего было вскрыто 15 занорышей. Форма занорышей большей частью округлая, удлиненная, реже неправильная, щелевидная. Размеры занорыша, в котором был найден кристалл турмалина:  $1,0 \times 0,6 \times 0,4$  м, объем  $0,24$  м<sup>3</sup>.

В занорыше наблюдалась определенная закономерность в распределении минералов. Свод занорыша выстилали крупные, хорошо ограненные кристаллы дымчатого кварца (до  $45 \times 20$  см); в средней части занорыша стенки были покрыты кристаллами микроклина (до  $15 \times 20 \times 10$  см) с наросшими

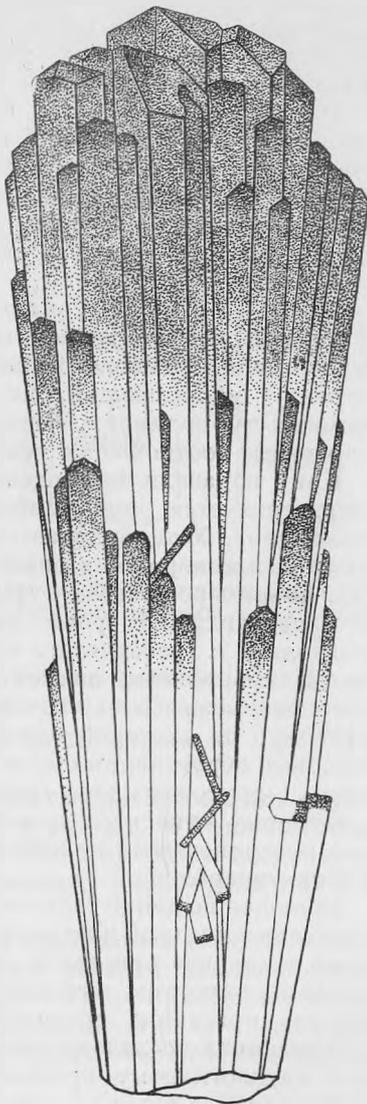


Рис. 1. Кристалл полихромного турмалина. Зеленая окраска показана точками, розовая — белым.

на грани последнего щетками и розетками гребенчатого альбита. Нижняя часть занорыша была сложена щетками сложного минерального состава (до девяти минералов). Полость занорыша заполняла глина шоколадного цвета, содержащая обломки кристаллов турмалина, кварца, микроклина и других минералов. В этой же глине в нижней части занорыша был найден описываемый кристалл полихромного турмалина, находившийся в горизонтальном положении. При промывке глины были обнаружены округлые, гроздевидные стяжения черного цвета размером до 0,5 см, оказавшиеся пиролюзитом.

В результате изучения большого количества кристаллов турмалина (выше 300) представилась возможность выделить 8 типов (генераций?) полихромного турмалина из занорышей пегматитовой жилы.

В качестве классификационных признаков, при помощи которых выделяются типы кристаллов турмалина, приняты кристаллографические формы, закономерности в распределении окраски и парагенетические ассоциации.

Наиболее ранним турмалином, задолго предшествующим образованию в занорышах лепидолита, является длиннопризматический темнозеленый турмалин; наиболее поздний — тонкоигльчатый бесцветный турмалин (ахроит), нарастающий, как правило, на призматические грани полихромных турмалинов. Последние занимают промежуточное положение, и возрастные соотношения между некоторыми из них установить не удалось.

Как показали наблюдения, каждый турмалиносодержащий занорыш характеризуется лишь определенной ассоциацией типов полихромных турмалинов. Устанавливается весьма интересная парагенетическая связь некоторых минералов с определенными типами полихромных турмалинов. Так, например, розовые турмалины — рубеллиты, как правило, образуют гроздевидными, реже линзовидными агрегатами мелкочешуйчатого лепидолита и гребенчатого альбита. Обрастание рубеллита лепидолитом иногда проявляется настолько интенсивно, что кристаллы турмалина часто оказываются заключенными в сравнительно толстую (до 1,5 см) оболочку, из которой только выделяются конечные грани кристалла. Подобные образования обычно имеют призматическую или сфероидальную форму. С другой стороны, грани кристаллов полихромного турмалина типа, к которому относится описываемый крупный кристалл, всегда чисты, и на поверхности их не наблюдается включений или наростов кристаллов других минералов.

Большая по длине часть исследуемого кристалла (до 12 см от основания) окрашена в розовый цвет, причем интенсивность розовой окраски в направлении к головке кристалла (антилогичному полюсу) ослабевает и на сравнительно коротком интервале (1—2 мм) переходит в травяно-зеленую. Головка кристалла прозрачна.

Указанная последовательность в смене окраски от аналогичного полюса к антилогичному противоречит нормальной схеме изменения окраски в кристаллах полихромного турмалина: черный — синий — зеленый — бесцветный — розовый.

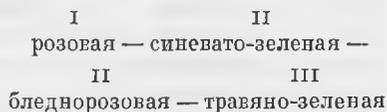
По всей вероятности, различно окрашенные зоны в этом турмалине представляют собой зоны II порядка, для которых характерна обратная последовательность. Для зон II порядка весьма характерно выпадение бесцветной (ахроитовой) зоны, что имеет место и для описываемого турмалина.

Как показывают наблюдения над двуконечными кристаллами, в полихромном турмалине преобладает зеленая зона, которая обычно составляет 60—65% длины кристалла.

В кристаллах турмалина описываемого типа наблюдаются два рода зональных окрасок. Одна из них — поперечно-полосатая — резко преобладает, другая — концентрическая — встречается сравнительно редко.

В первом случае розовая зона, слагающая нижнюю часть кристалла (аналогичный полюс), сменяется тонкой (не более 1 мм) синевато-зеленой зоной, параллельной граням тригональной пирамиды  $r$  ( $10\bar{1}0$ ) с  $\rho = 27^\circ 20'$ . Зеленая зона сменяется бледнорозовой зоной (не более 2 мм), и последняя постепенно переходит в травяно-зеленую, которая и слагает основную по длине часть кристалла.

Таким образом, если нижняя розовая часть кристаллов представляет собой зону первого порядка, то бледнозеленая зона, слагающая основную часть кристаллов, является уже зоной третьего порядка. Эту интересную закономерность можно выразить следующей схемой (рис. 2):



Среди полихромных турмалинов имеется один весьма интересный тип кристаллов, который представляет собой как бы недоразвившийся тип описываемого нами кристалла, так как в нем ярко выражены розовая зона I и синевато-зеленая II порядков и у самого антилогичного полюса — тонкая розовая зона II порядка, параллельная граням  $r$  с  $\rho = 27^\circ 20'$ . На головке кристаллов этого типа (ангилогичном полюсе) развиты лишь пирамида  $r$  ( $10\bar{1}1$ ) и в слабой степени моноэдр  $s$  ( $0001$ ).

На основании вышеприведенной закономерности в распределении окраски в кристаллах обоих типов можно прийти к выводу, что описываемый крупный кристалл полихромного турмалина является более поздним по сравнению с типом кристаллов, в которых развиты лишь грани  $r$  ( $10\bar{1}1$ ) и  $s$  ( $0001$ ).

Небезинтересно отметить, что на головках кристаллов (антилогичных полюсах) розового, более раннего, турмалина развита исключительно грань  $s$  ( $0001$ ). В последующих по времени образования кристаллах полихромного турмалина грань  $s$  ( $0001$ ) играет подчиненную роль и, наконец, в кристаллах полихромного турмалина, к которому относится описываемый крупный кристалл, вовсе отсутствует.

Таким образом, не только окраска и облик кристаллов, но, повидимому, концевые формы и их комбинации также являются типоморфными, на что указывала Т. Н. Агафонова (1949).

В случае концентрической зональности центральная зона окрашена в розовый цвет, и тонкая периферийная зона (обычно 1,5 мм) окрашена в бледнозеленый цвет.

Различно окрашенные зоны кристаллов турмалина описываемого типа были подвергнуты спектральному анализу, любезно произведенному в лаборатории спектрального анализа ИГН АН СССР Н. В. Лизуновым (табл. I).

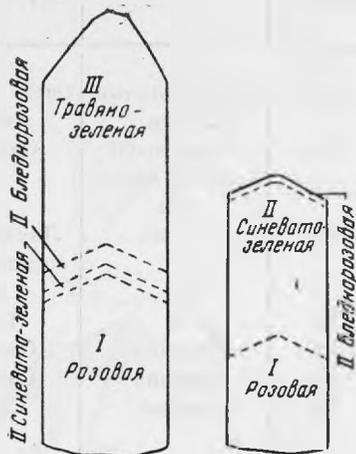


Рис. 2. Схема распределения окраски различного порядка в кристаллах полихромного турмалина.

Как видно из табл. I, единственное существенное отличие зеленой зоны от розовой заключается в более значительном содержании Mn, что находится в полном соответствии с общеизвестными фактами.

Таблица I

## Результаты спектрального анализа

Элементы	Розовая зона (I порядка)	Зеленая зона (III порядка)	Элементы	Розовая зона (I порядка)	Зеленая зона (III порядка)
Al, Si	Очень сильные линии	Очень сильные линии	Mg	Слабые	Слабые
Mn	Линии выше средней яркости	Сильные	Be	Слабые	Слабые
Li	То же	Линии выше средней яркости	Sn	Слабые	Слабые
			Pb	Слабые	Слабые
Fe	»	То же	Zn	Следы	Следы
Ca	Средние	Средние	Sr	Следы	Следы
Ga	Средние	Средние	Cu	Ничтожные следы	—
Na	Слабые	Слабые	As	Ничтожные следы (?)	Ничтожные следы (?)

Исследование оптических свойств в белом свете для розовой и зеленой зон турмалина показало следующие результаты:

Розовая зона	Зеленая зона
$N_0 = 1,641 \pm 0,002$	$N_0 = 1,640 \pm 0,002$
$N_e = 1,626 \pm 0,001$	$N_e = 1,622 \pm 0,001$
$N_0 - N_e = 0,015$	$N_0 - N_e = 0,018$

Таблица II

## Результаты измерения на гониометре

Индекс и буквенные обозначения (по А. К. Голдыреву)	Ранее известные		Измеренные		Примечание
	$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	
<i>m</i> 1010	60°	90°	60°	89°30'	Формы вертикального пояса богаты ициальными поверхностями
<i>a</i> 1120	30°	90°	30°	89°30'	
<i>l</i> 5270	13°54'	90°	15°	89°20'	
<i>h</i> 2310	19°25'	90°	19°20'	89°30'	
<i>r</i> 1011	60°	27°20'	60°	27°30'	Четкий хороший сигнал
<i>t</i> 2131	19°06'	54°04'	19°07'	54°27'	Колебания в измерениях от 52°26' до 56°10'
<i>o</i> 0221	0°	45°57'	0°	45°53'	Четкий сигнал
<i>v</i> 1341	13°54'	61°47'	13°48'	61°50'	То же
<i>Q</i> 1343	?	?	13°54'	37°50'	Ясный сигнал

Эти данные позволяют отнести турмалин к группе эльбаита.

Облик кристаллов полихромного турмалина описываемого типа — длиннопризматический. Поперечные сечения кристаллов обычно дитригональные, но нередко более сложные. Вследствие преобладающего развития отдельных форм вертикального пояса в некоторых случаях кристаллы турмалина обладают уплощенным обликом.

Значительное (по сравнению с другими формами) развитие граней дитригональной пирамиды  $t$  ( $21\bar{3}1$ ), с  $\rho = 54^\circ 04'$  придает головке кристалла (антилогичному полюсу) остроконечный облик, несколько притупленный гранями  $r$  с  $\rho = 27^\circ 20'$  (рис. 3).

Одна из характерных кристаллографических особенностей, отличающих описываемый турмалин, заключается в полном отсутствии на антилогичном полюсе мовоздра ( $0001$ ), играющего первостепенную роль в других типах кристаллов полихромного турмалина.

По развитию граней антилогичного полксса кристаллы нашего турмалина довольно близки к бразильским турмалинам, описанным Мкшлером в 1912 г. (Goldschmidt, 1923).

Для гониометрических измерений были отобраны как типичные по развитию форм кристаллы, так и кристаллы искаженного облика с несимметричным развитием граней.

Измерения производили на двукружном гониометре системы Е. Е. Флинта (табл. II).

Установка кристалла принята по А. К. Болдыреву. Настоящая установка отличается от установки

Дана тем, что угол  $\varphi$  той же единичной грани ( $10\bar{1}1$ ) с  $\rho = 27^\circ 20'$  равен не  $60^\circ$ , как в предыдущем случае, а  $30^\circ$ .

Измерение форм вертикального пояса на гониометре чрезвычайно затруднено обилием вициналей, дающих непрерывный сигнал при вращении кристалла вокруг тройной оси.

Поверхности граней головки (антилогичного полксса) разнообразны. Грани тригональных пирамид  $r$  и  $o$  обычно гладки и блестящи. Грани дитригональной пирамиды  $Q$ , как правило, матовы. Поверхности граней дитригональной пирамиды  $t$  ( $21\bar{3}1$ ) наиболее сложны.

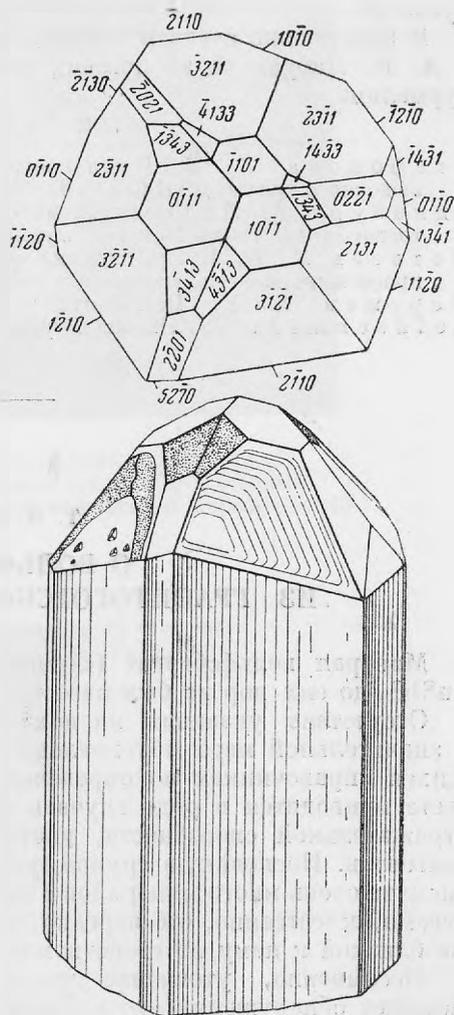


Рис. 3. Кристалл полихромного турмалина. Точками показаны матовые грани.

На головках (антилогичных полюсах) кристаллов полихромного турмалина описываемого типа встречена новая форма — дитригональная пирамида с  $\varphi = 13^\circ 54'$  и  $\rho = 37^\circ 50'$ .

Вычисленный индекс этой формы (1343). Этой форме нами присвоена буква Q.

В заключение считаем необходимым поблагодарить В. А. Корнетову и А. Н. Лабунцова за помощь при кристаллографическом исследовании турмалина.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Агафонова Т. Н. Кристаллографическое исследование турмалинов Борщовочного кряжа. ДАН СССР, 65, № 2, 1949.  
 Гинзбург А. И. Структура минеральных агрегатов сложных пегматитов литиевого типа. Труды Минерал. музея, вып. 1, 1949.  
 Матвеев К. К. Из наблюдений над многоцветными турмаллинами. Сб. «Вопросы минералогии, геохимии и петрографии». Изд. АН СССР, 1949.  
 Ферсман А. Е. Пегматиты, т. 1, 1940.  
 Goldschmidt V. Atlas der Krystallformen. Heidelberg, 1923.

Т. Н. ШАДЛУН

### О ВОЛЬФСБЕРГИТЕ ИЗ ГРАНИТОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Минерал вольфсбергит (синоним — халькостибит, гуэйарит) состава  $\text{CuSbS}_2$  до сих пор не был известен на территории Советского Союза.

Отсутствие указаний на нахождение этого минерала может быть в значительной мере обусловлено трудностью его диагностики. В имеющихся справочниках по определению рудных минералов в отраженном свете приводятся в ряде случаев очень резко расходящиеся данные об отражательной способности, цветовом оттенке и действии химических реагентов. Поскольку в группе сульфоантимонитов меди, меди и свинца, висмута очень много минералов с весьма близкими диагностическими свойствами, естественно, что нередко вольфсбергит мог приниматься за весьма близкий к нему по свойствам бурнонит или другой сульфоантимонит.

Несомненно, уточнение диагностических признаков вольфсбергита поможет обнаружению его в большем числе месторождений.

В материале, который был нами подвергнут изучению, вольфсбергит был установлен под микроскопом среди кварца в тесной ассоциации с борнитом и халькопиритом, а также пиритом, галенитом, ковеллином.

Размер выделений вольфсбергита не превышал 0,1—0,2 мм, поэтому не было возможности произвести ни химический, ни точный спектральный анализы. Однако спектральный анализ рудного образца, содержавшего наряду с другими сульфидами вольфсбергит, показал присутствие сурьмы. Поскольку других сурьмяных минералов в образце не установлено, наличие сурьмы следует относить за счет вольфсбергита.

Отражательная способность вольфсбергита заметно ниже таковой у халькопирита и, несомненно, ниже, чем у галенита; непосредственной границы с последним наблюдать не удалось, но нахождение всех трех упомянутых сульфидов в одном поле зрения позволило сделать соответствующие сопоставления. Различие в отражательной способности вольфсбергита