

## ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ ДИОПСИДА ИЗ КАРЫШСКОГО РАЙОНА ХАКАССИИ

Г. А. ИВАНКИН

### Введение

На западном склоне горы Заводской, примерно в 1 км южнее месторождения Терезия, входящего в состав Карышской группы скарновых месторождений Хакассии, летом 1946 г. были найдены пустоты выщелачивания неизвестного минерала. Данные пустоты приурочены к кварц-полевошпатовым образованиям, секущим аплит-пегматиты.

Летом 1947 г. был собран дополнительный материал. Были найдены в пустотах остаточные продукты разрушения, которые, как оказалось, представлены марганцево-железистыми титан- и ванадийсодержащими охрами, пропитывающими губчатый агрегат кварца, и остатками разрушенного минерала диопсид-геденбергитового ряда.

Подобные пустоты выщелачивания также были встречены в кварц-полевошпатовых образованиях к северу от Кладбищенского месторождения скарнов и на месторождении „Хакассия“. В последнем случае кварц-полевошпатовая жила, до 10 см толщиной, сечет гранатовые скарны.

Исключительно хорошие отпечатки выщелоченных кристаллов обратили на себя внимание и побудили заняться выяснением их природы. Исследование данного материала выполнялось автором под руководством профессора А. М. Кузьмина.

Ниже кратко излагаются результаты исследований заинтересовавшего нас материала.

### Геология минерала

Кварц-полевошпатовые образования, в которых были встречены пустоты выщелачивания неизвестного минерала, слагают жилу, мощностью 15—20 см, прослеженную по простиранию на 12—15 м. Жила имеет симметричное строение и состоит из центральной и боковых зон. Центральная зона жилы сложена преимущественно крупнозернистым агрегатом кварца, составляющим 75—85% зоны, и редкими кристаллами ортоклаза. Кварц нередко образует крупные хорошо образованные призматические кристаллы с развитыми гранями гексагональной призмы и ромбоэдров. Иногда кристаллы кварца выходят за пределы центральной зоны жилы, как бы вдаваясь в кварц-полевошпатовый агрегат боковых зон.

В строении боковых зон жилы принимают участие ортоклаз, кварц и в меньшем количестве—альбит-олигоклаз. Кроме того, присутствует альбит, который в виде перитовых вростков внедряется в ортоклаз. Изредка встречаются слабо развитые мирмекитовые образования.

Основная масса пустот, представляющих собою отрицательные формы кристаллов, приурочена к центральной части жилы, где пустоты выглядят более крупными и более правильными по своим очертаниям. В боко-

вых зонах жилы пустоты обычно мелкие, большей частью неправильной формы и встречаются относительно реже.

Кварц-полевошпатовая жила сечет дайку аплит-пегматита под углом 25—30°, последняя сечет гранодиориты, простираясь в широтном направлении. Значительные свалы аплит-пегматитов, покрывающие весь склон горы, не позволили проследить кварц-полевошпатовую жилу за пределами аплит-пегматитовой дайки.

### Описание пустот выщелачивания

Пустоты отличаются исключительно хорошей сохранностью элементов ограничения кристаллов выщелоченного минерала и представляют собою часто идеальные отрицательные их формы. Судя по пустотам, кристаллы имеют тетрагоналоидное сечение, а отпечатки головок свидетельствуют о их принадлежности к моногириной сингонии. Габитус кристаллов длинно-призматический с отношением диаметра к длине равным от 1:5 до 1:10.



Рис. 1



Рис. 2

Отрицательные формы кристаллов диопсида в кварц-полевошпатовой породе.

Наиболее крупные пустоты достигают 1—1½ см в диаметре и 7—8 см в длину и приурочены, как отмечалось выше, к центральной части жилы. Нередко они веерообразно отходят от центра жилы к периферии (рис. 2) и, как правило, имеют отпечаток только одной головки кристалла, направленной в сторону от средней плоскости жилы. По объему пустоты иногда составляют в образцах 10—15%.

Общий характер проявления пустот можно видеть на рис. 1 и 2.

### Методы и результаты исследований

#### Методы изучения

Хорошая сохранность в отпечатках кристаллографической огранки выщелоченного минерала позволила применить, с целью установления природы последнего, кристаллохимический метод. Для гониометрического исследования готовились модели кристаллов из свинца или воска.

Остаточный материал продуктов разрушения и остатки неразрушенного минерала были изучены всесторонне с использованием химического и спектрального методов.

## Кристаллографическое изучение моделей

Для получения моделей кристаллов использовались два метода: 1) заполнение пустот расплавленным свинцом и 2) заполнение пустот воском.

Первый метод очень удобен тем, что получаются довольно прочные модели, позволяющие свободно обращаться с ними. Недостатком этого метода является то, что слабо развитые грани на моделях получаются не совсем отчетливыми ввиду того, что свинец дает усадку при затвердевании. Наиболее подходящим материалом для этих целей может явиться типографский сплав. Несмотря на указанные недостатки свинца, модели, изготовленные из него, вполне пригодны для кристаллографических исследований, как это показали измерения сравнительно большого числа слепков.

Для получения ясных сигналов наклеивались покровные стеклышки как на грани уже приготовленных моделей, так и на отпечатки граней в пустотах перед их заполнением. В последнем случае получались модели с вплавленными стеклышками.

Второй метод, еще более удобный, заключается в следующем: слегка размягченный до пластического состояния воск, применяемый в кристаллографии, вдавливался в пустоты. На отпечатки граней предварительно наклеивались покровные стеклышки. Результаты получаются хорошие, но требуется крайняя осторожность при извлечении из пустот слепков, чтобы не испортить их.

При приготовлении моделей кристаллов использовались преимущественно образцы расколотые, так что в одной половине образца содержалась одна часть отрицательной формы кристалла, в другой—другая. Это позволяло получать модели полной головки и несколько моделей, пользуясь одной и той же пустоткой. Последнее дало возможность определить степень совершенства приготовленных моделей и избежать случайных ошибок.

Тем или иным способом приготовленные модели кристаллов измерялись с помощью гониометра. Результаты измерений можно представить в виде следующей таблички, предварительно наметив символы граней по моделям:

$$a : b = (100) : (010) = 90^{\circ}00'$$

$$m : m = (110) : (\bar{1}10) = 92^{\circ}47'$$

$$b : m = (010) : (110) = 43^{\circ}36'30''$$

$$c : a = (001) : (100) = 74^{\circ}00'$$

$$e : a = (okl) : (100) = 76^{\circ}05'$$

$$\mu : a = (hkl) : (100) = 61^{\circ}15'$$

$$\rho : b = (hkl) : (010) = 48^{\circ}07'$$

$$i : a = (\bar{h}kl) : (100) = 53^{\circ}53'$$

$$i : b = (\bar{h}kl) : (010) = 65^{\circ}23'40''$$

На основании данных измерений и слепков можно вычертить стереографическую и ортогональную проекции кристалла (рис. 3), из которых видно, что кристалл относится к моногибно-панаксиальному виду симметрии и представляет собою комбинацию семи простых форм: трех пинакоидов ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) и четырех призм ( $m$ ,  $\mu$ ,  $i$ ,  $e$ ).

Чтобы определить константы кристалла, а по ним решить, какому химическому веществу отвечает данный тип кристаллов, необходимо правильно выбрать кристаллографические оси и единичную грань. Пользуясь общими правилами, примем за кристаллографическую ось  $Y$ —ось симметрии  $[\perp (010)]$ ; за  $Z$ —ось наиболее развитой зоны граней  $a, b, m$ ; за ось  $X$ , в данном случае, можно принять направление, параллельное грани  $c (001)$  и лежащее в плоскости симметрии.

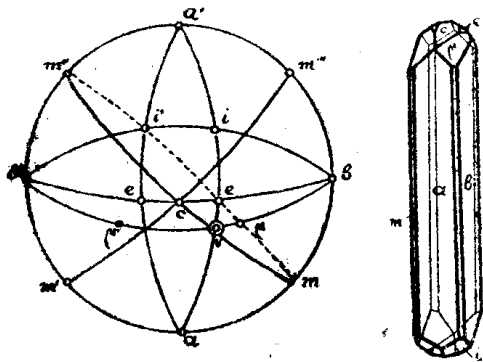


Рис. 3. Стереографическая и ортогональная проекции кристалла диопсида.

Наиболее ответственным моментом является выбор единичной грани. Можно полагать, что грань  $m$  будет иметь символ  $(110)$ , так как грани призмы  $m$  всегда хорошо развиты, иногда они не уступают по размерам граням  $a$  и  $b$ . Тогда рассмотрим пояс  $mtm''$  (рис. 3). Этот пояс объединяет грани  $\{hkl\}$ ; первые два индекса  $h$  и  $k$  будут единичными, а  $l$ —переменным. Кроме граней  $m\{110\}$  и  $c\{001\}$  в этот пояс не попадет ни одна из действительных граней. Однако в

точке пересечения трех поясов  $mtm''$ ,  $bm'b'$  и  $aeia'$  лежит полюс возможной грани, которая располагается на кристалле по отношению к  $\{100\}$ ,  $\{010\}$  и  $\{001\}$  так же, как грань  $i$ , но находится в положительном октанте. С большой долей вероятности эту грань можно принять за единичную. Обозначим ее через  $V$  и приведем расчеты (табл. 1).

Таблица 1

Грани	Координаты			Натур. $\cos P$			Отношения $\frac{\cos P}{\cos P_0}$			Символы граней
	$X$	$Y$	$Z$	$X$	$Y$	$Z$	$X$	$Y$	$Z$	
$a$	$16^{\circ}00'$	$90^{\circ}$	$90^{\circ}$	0,9613	0	0	2,544	0	0	(100)
$b$	$90^{\circ}$	$90^{\circ}$	$90^{\circ}$	0	1	0	0	2,402	0	(010)
$m$	$48^{\circ}27'$	$43^{\circ}36'30''$	$90^{\circ}$	0,6633	0,7241	0	1,755	1,737	0	(110)
$c$	$90^{\circ}$	$90^{\circ}$	$16^{\circ}00'$	0	0	0,9613	0	0	1,378	(001)
$e$	$90^{\circ}$	$59^{\circ}21'$	$34^{\circ}00'$	0	0,507	0,8290	0	1,219	1,19	(011)
$\mu$	$72^{\circ}00'$	$48^{\circ}07'$	$55^{\circ}15'$	0,309	0,6676	0,5700	0,818	1,604	0,817	(434)
$i$	$139^{\circ}20'$	$65^{\circ}23'-0''$	$45^{\circ}48'$	0,7585	0,4163	0,6972	2,007	1	1	(211)
$V$	$67^{\circ}48'$	$65^{\circ}23'40''$	$45^{\circ}48'$	0,3778	0,4163	0,6972	1	1	1	(111)

$$a:b:c = \frac{0,4163}{0,3778} : \frac{0,4163}{0,4163} : \frac{0,4163}{0,6972} = 1,1019:1:0,5971$$

$$\beta = 74^{\circ}00' = 106^{\circ}00'$$

Отношение  $a:b$  можно уточнить, рассчитав его по грани  $m$ , для которой мы располагаем большим числом замеров:

$$a:b = \frac{0,7241}{0,6633} : \frac{0,7241}{0,7241} = 1,0916:1.$$

Пользуясь справочниками, приходим к выводу, что изученные кристаллы очень близки к кристаллам диопсида, для которых по Рату:

$$a:b:c = 1,09213:1:0,58931 \text{ и } \beta = 74^{\circ}10'09''.$$

Расхождения можно считать незначительными (они не превышают в угловом значении  $10'$ ) и вполне допустимыми, так как нами измерялись кристаллы достаточно крупные.

Итак, на основании констант и формы кристаллов приходим к выводу, что пустоты представляют собою отрицательные формы кристаллов диоксида.

### Изучение остаточного материала

Для подтверждения правильности вывода, сделанного на основании кристаллографического изучения, был исследован остаточный материал продуктов разрушения.

В процессе изучения среди бурых охр, заполняющих пустоты, были обнаружены обломки темнозеленого минерала, распределение которых в охрах указывает на то, что разрушению подвергается именно этот минерал (рис. 4).

Для получения больших количеств указанного минерала бурые охры были подвергнуты обработке соляной кислотой. При сравнительно кратковременном кипячении бурые охры, преимущественно железистые, переходили в раствор, а на дне пробирки скапливались зерна бутылочно-зеленого минерала и кварца. Таким путем из сравнительно небольшого 8—10 г количества охры было получено около 1,5 г нужного минерала. Отделение исследуемого минерала от кварца проводилось с помощью бромформа.

Выделенный таким образом минерал показал следующие свойства. Цвет минерала бутылочно-зеленый. Под микроскопом прозрачный, бесцветный или чуть зеленоватый в тонких осколках и зеленый—в крупных. Плеохроизма не обнаруживает. Угол погасания  $Ng : c = 41^\circ - 42^\circ$ ; удлинение положительное. Показатель преломления по  $Ng$ , определенный иммерсионным методом с точностью  $\pm 0,004$ , равен 1,714. Спайность ясная, плоскости спайности пересекаются под углом около  $87^\circ$ , параллельны третьей кристаллографической оси и отвечают граням  $\{110\}$ . Удельный вес, определенный с помощью пикнометра для навески в 1,3 г, с точностью до  $\pm 0,005$ , оказался равным 3,265—3,270.

Химический анализ тщательно отобранного материала в количестве около 1,5 г, выполненный аналитиком геохимической лаборатории кафедры минералогии Е. П. Антоновой, показал следующий состав минерала:

$SiO_2$  — 48,85%,

$TiO_2$  — 0,023%,

$Al_2O_3$  — 0,59%,

$FeO$  — 10,00%,

$MnO$  — 0,88%,

$MgO$  — 12,62%,

$CaO$  — 23,93%

$\Sigma = 96,893\%$

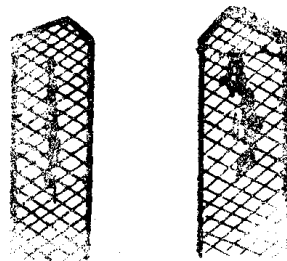


Рис. 4. Остатки первичного минерала (черный) в охре, выполняющей пустоты.

Не принимая во внимание содержания  $MnO$ ,  $TiO_2$  и  $Al_2O_3$ , данные химического анализа можно пересчитать на следующие молекулы, определив их участие в составе минерала:

$Ca SiO_3$  — 50,51%,  
 $Mg SiO_3$  — 32,14%,  
 $Fe SiO_3$  — 17,35%

$\Sigma = 100\%$ .

Допуская изоморфизм  $CaSiO_3$ ,  $MgSiO_3$ <sup>1)</sup> и  $FeSiO_3$ , химический состав минерала можно представить как изоморфную смесь этих молекул в виде  $(Ca, Mg, Fe) SiO_3$  или как изоморфную смесь диопсида и геденбергита в виде  $m [Ca Mg (SiO_3)_2]$  .  $n [CaFe (SiO_3)_2]$  и для данного конкретного случая: 67,45  $[CaMg (SiO_3)_2]$  . 32,55  $[CaFe (SiO_3)_2]$ .

Данные химического анализа и изучение физических и оптических свойств позволяют уточнить вывод, сделанный на основании кристаллографического изучения, и отнести минерал к геденбергитовому диопсиду.

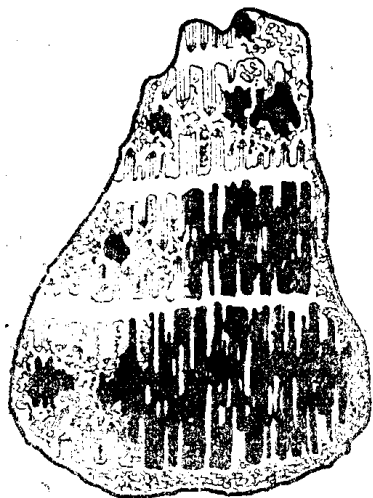


Рис. 5. Характер выщелачивания диопсида, остатки диопсида (черный) в губчатом кварце.

#### Разрушение минерала

Минерал на поверхности полностью выщелочен даже в тех местах, которые кажутся трудно доступными для поверхностных агентов разрушения (например, воды). В лучшем случае в центре больших глыб породы сохранились лишь бурые железистые продукты разрушения и незначительные остатки первичного минерала.

Разрушение идет от периферии кристаллов к центру (рис. 4). В результате разрушения минерала образуется кварц<sup>2)</sup> и бурая, преимущественно железистая охра.

После выщелачивания бурых охр гидрата окиси железа путем растворения можно хорошо рассмотреть картину разрушения минерала (рис. 5). Кварц, образующийся, повидимому, при разрушении диопсида, в первую очередь отлагается вдоль трещин отдельности и трещин спайности.

От трещин отдельности, выполненных плотным тонкозернистым кварцем, как это можно видеть под микроскопом, отходят удлиненные кристаллики кварца, которые образуют губчатый каркас.

Спектральным анализом в продуктах разрушения установлены содержания  $Mg$ ,  $Fe$ ,  $Ti$ ,  $Si$ ,  $Mn$ ,  $V$ , следы  $Cr$  и  $Ga$ .

#### Заключение

Итак, изучение отпечатков кристаллов и остаточного материала, сохранившегося в пустотах, привело нас к выводу, что выщелоченный минерал по своим морфологическим, физическим и химическим свойствам относится к геденбергитовому диопсиду и по своему характеру, вероятно, будет близок к байкалиту месторождения Слюдянка.

<sup>1)</sup> Д. П. Григорьев. Изоморфизм соединений магния и кальция. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. АН СССР. 1946 г.

<sup>2)</sup> Образование кварца при разрушении некоторых метасиликатов, например, эгирина, указывается в литературе, — А. К. Болдырев и др. Курс минералогии, 1936 г.