

В. А. КОРНЕТОВА, А. И. ГИНЗБУРГ

ГИДРОКСИЛ-ГЕРДЕРИТ ИЗ ПЕГМАТИТОВ
ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

В 1953 г. при изучении минералогии одного из пегматитовых полей Восточного Забайкалья А. И. Гинзбургом были обнаружены кристаллы весьма редкого бериллиевого фосфата — гидроксил-гердерита. В последующие годы эти пегматиты изучались В. А. Корнетовой, которая собрала дополнительный материал, в том числе и уникальные по своей величине кристаллы гидроксил-гердерита, и изучила их кристаллографические и оптические свойства.

Гидроксил-гердерит был обнаружен в сильно замещенных пегматитах натро-литиевого типа, залегающих среди песчано-сланцевых толщ и характеризующихся своеобразной сигарообразной или грибообразной формой. Первичное строение пегматитовых тел почти совершенно замаскировано интенсивно проявившимися процессами альбитизации. В контактовых частях этих тел иногда развивается среднезернистый кварц-мусковитовый агрегат, содержащий касситерит, сменяющийся ближе к центральным частям тел альбитизированным средне- и крупнозернистым микроклиновым пегматитом, содержащим турмалин, берилл, мусковит, минералы группы колумбита-танталита, апатит. Спорадически в пегматитах встречались кристаллы почти нацело измененного сподумена, превращенного в агрегат альбита и мусковита (циматолит). Центральные участки жил на 70—80% состоят из мелко- и среднепластинчатого альбита, а в отдельных местах — из клевеландита. Среди альбита часто встречаются изъеденные кристаллы берилла, иногда даже пустотки от полностью растворенных кристаллов его или реликты в виде сосулькообразных (даже игольчатых) сростков. Характерная особенность интенсивно альбитизированных участков пегматита — появление в них многочисленных пустот различной формы и размера, так что пегматит в отдельных местах приобретает своеобразное ячеистое строение. Гидроксил-гердерит нарастает на стенки пустот вместе с кристаллами полупрозрачного альбита, прозрачного и молочного кварца в форме длинных призмочек с хорошими гранями головки и листочками серебристо-зеленого мусковита. Помимо указанных минералов, в большинстве пустот встречаются толстотаблитчатые кристаллы голубовато-зеленого апатита и розоватого полупрозрачного адуляра. Гидроксил-гердерит встречается в этих пустотах в постоянной ассоциации с кварцем и альбитом. При изучении сотен образцов лишь в единичных случаях наблюдалось нарастание чечевицеобразных кристаллов гидроксил-гердерита на голубоватый короткопризматический апатит или адуляр. Очень интересно и показательное нарастание гидроксил-гердерита на полурастворенные кристаллы берилла, превратившиеся

Таблица 1

Результаты измерения кристаллов гердерита

Грань	Индекс	Дана, 1951		Результаты измерений (средние)		Примечание
		φ	ρ	φ	ρ	
<i>c</i>	001	90°00'	0°06'	90°00'	0°09'	Серии сигналов. Грани иногда покрыты штриховкой в «елочку»
<i>b</i>	010	0 00	90 00	0 00	90 00	Матовые грани
<i>m</i>	110	57 45 ¹ / ₂	90 00	57 40	90 00	Слабые, но четкие сигналы
<i>t</i>	012	0 09 ¹ / ₂	32 40	90 00	32 24	Среднее из семи измерений
<i>v</i>	041	0 04 ¹ / ₂	52 03	90 00	51 58	Отсчет взят по яркому пятну. Одно наблюдение
<i>s</i>	021	0 02 ¹ / ₂	68 42	90 00	68 35	Среднее из шести измерений. Грани яркие и блестящие, но сигналы нечеткие
<i>e</i>	102	90 00	45 31	90 00	45 29	Слабые, но четкие сигналы
<i>q</i>	112	57 48 ¹ / ₂	50 16 ¹ / ₂	57 26	49 20	Среднее из шести измерений
<i>q:</i>	112	57 43	50 12	57 30	51	Яркие и четкие сигналы
<i>x*</i>	122	38 21	58 30	~38	~58.20	Абсолютно матовые грани, сильно изогнутые. Отсчет по пятну
<i>n</i>	111	57 47	67 25 ¹ / ₂	~58	~67	Грани шероховатые
<i>n:</i>	111	57 44 ¹ / ₂	67 24	~57.40	~67	Неясные блики, редко слабые сигналы
<i>r:</i>	123	38 20	47 27 ¹ / ₂	~37.46	~47	Слабые сигналы
<i>h</i>	214	Нет значений углов		~69.20	~43	Встречена только в одном случае
<i>h</i>	214	Нет значений углов		~69.20	~43	Грани видны. Отсчет весьма приблизителен, взят по пятну
<i>λ**</i>	114	—	—	~58	~30	Грани видны. Отсчет взят по пятну. Грани изогнуты и покрыты кольцевидными бугорками

* Из кн. V. Goldschmidt. Winkeltabellen (1897), так как этих данных у Дана нет.

** Вероятно, новая форма.

в хрупкий игольчатый агрегат. На иголочках реликтового кристалла берилла развивается гидроксил-гердерит в ассоциации с мусковитом в виде сростка-розетки уплощенных кристаллов с округлыми гранями, покрытыми бугорками роста и, очень редко, гладкими.

В пустотах среди альбита наблюдались два типа кристаллов гердерита: а) толстые таблитчатые кристаллы размером до 2—2,5 см с соотношением длины к толщине и ширине 3:1:1,5 и б) тонкотаблитчатые, чечевицеобразные с широким развитием верхнего пинаконда и с многочисленными, но узкими гранями призм.

В пустотах кристаллы гердерита располагаются обычно таким образом, что к центру их направлен конец, у которого угол между главным

габитусными гранями составляет примерно 63° , что придает им шестиугольные контуры.

Вообще по внешнему виду, своим цветом и блеском гердерит весьма напоминает апатит, хотя по форме кристаллов резко от него отличается.

Одиночные кристаллы гидроксил-гердерита сравнительно редки, чаще встречаются их сростки или двойники по (010), на что, по-видимому, указывает характерная штриховка в «елочку» на верхнем пинакоиде. Грани кристаллов, несмотря на кажущуюся правильность их развития, чрезвычайно неровные, покрыты бугорками роста (или растворения?), часто округлы. Ребра между гранями призм (особенно горизонтальных) также часто закруглены.

В. А. Корнетова измерила кристаллы гидроксил-гердерита на двукружном гониометре системы Е. Е. Флинта. Результаты измерения сведены в табл. 1.

Вследствие большого развития вициналей большинство граней при измерении давало серию крестов или даже световые пятна. Для удобства изображения, наилучшим образом отражающего тип природного кристалла, а не идеализированного, мы поменяли местами кристаллографические оси z и x , т. е. повернули кристалл вокруг оси y на 90° . Таким образом, ось z направлена на наблюдателя, а ось x смотрит вверх (рис. 1, 2).

Ребра между гранями λ и h , как правило, представляют собой изогнутые или ломаные линии. У всех описываемых кристаллов из граней призм только грани t (012) всегда шероховаты, покрыты мельчайшими бугорками; остальные грани блестящие и дают яркие сигналы, хотя и не всегда четкие. Грани b (010) несут штриховку, но блестящие, а грани c (001) покрыты либо штриховкой в «елочку», либо характеризуются развитием вициналей, хотя и дают при измерении на гониометре хорошие яркие сигналы.

Грани λ ($\bar{1}14$) и h (214) крайне перовные, искривленные, вся поверхность их покрыта бугорками. Форма бугорков копьевидная и они своими утолщенными концами обычно направлены в одну сторону. Грани x (122) совершенно матовые, сильно шероховатые, производят впечатление корродированных, хотя и плоские. Грани m (110) покрыты слабой штриховкой, параллельной ребру с гранью n (111), блестящие. Остальные грани n :

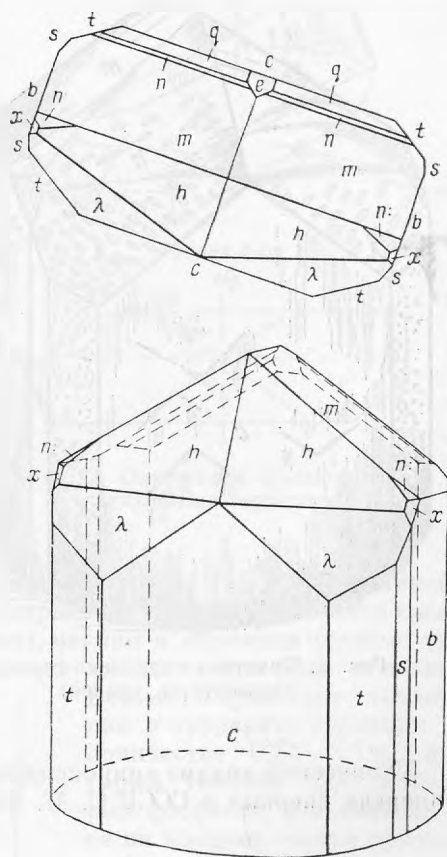


Рис. 1. Кристалл гидроксил-гердерита Повернуто на 90° вокруг оси Y ; ось Z направлена на наблюдателя: c (001), b (010), m (110), t (012), s (021), e (102), q (112), x (122), n (111), n ($\bar{1}11$), h (214), λ ($\bar{1}14$)

(111), n (111), q (112), особенно, e (102), блестящие и в большинстве случаев дают яркие и четкие сигналы.

Гердерит имеет зеленовато-желтый, белый цвет, блеск на гранях перламутровый, в изломе стеклянный, слегка жирный. В сколах он полупрозрачный, иногда почти совсем прозрачный. Спайность прерывистая

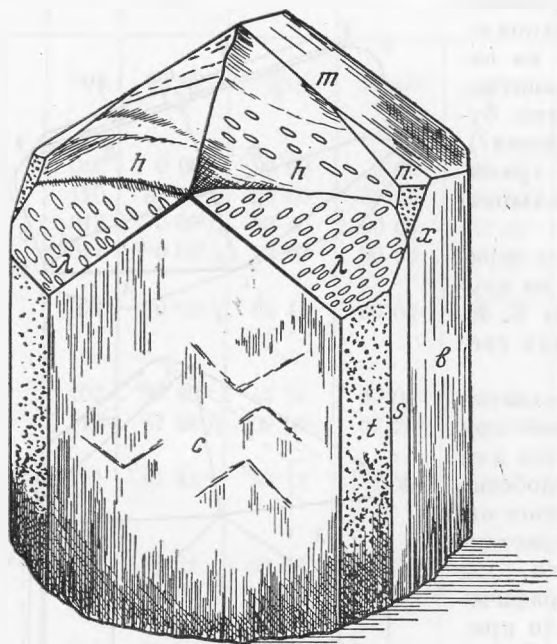


Рис. 2. Кристалл гидроксил-гердерита (скульптуры граней)

по m (110), иногда отчетливая. Угол между трещинами спайности около 63° . Удельный вес, определенный в тяжелых жидкостях в лаборатории ИГЕМ АН СССР В. С. Амелиной, оказался равным 2,982.

Под микроскопом — бесцветный, показатели преломления для белого света: $N_g = 1,627 \pm 0,001$, $N_m = 1,617 \pm 0,002$, $N_p = 1,602 \pm 0,001$, $N_g - N_p = 0,025$. Минерал двусный, отрицательный, $2V$, измеренное на федоровском столике по двум осям, равно 75° , $r > v$ (отчетливо наблюдается; рис. 3).

Сравнение порошков-грамм изучаемого гидроксил-гердерита и гердерита из штата Мэн, Полэнд Майн (табл. 3), обнаруживает весьма незначительную между ними разницу.

Химический анализ гидроксил-гердерита (табл. 2) выполнен для этого минерала впервые в СССР С. М. Федорчук.

Таблица 2

Химический состав гидроксил-гердерита

Окислы	Вес. %	Атомное количество катионов	Атомное количество кислорода	Атомные количества, пересчитанные на четыре атома Р
CaO	34,54	0,615	0,615	4,07
BeO	15,55	0,621	0,621	4,08
P ₂ O ₅	43,25	0,608	1,520	4
F	3,04	0,160		1,05
H ₂ O \pm	5,08	0,548	0,274	1,81
Сумма	101,06		3,030	0=19,95
F ₂ =0	-1,28			
Сумма	99,78			

При пересчете результатов анализа на атомные количества из расчета на четыре атома Р (с учетом $z=4$) получается следующая эмпирическая формула: $\text{Ca}_{4,07} \text{Ve}_{4,08} (\text{PO}_4)_4 (\text{OH}, \text{F})_{4,65}$. Количество воды значительно преобладает над содержанием фтора, что дает основание отнести данный минерал к гидроксил-гердериту. Пониженное содержание фтора в гердерите отражает специфические геохимические особенности изученных пегматитов. На месторождении отсутствуют топаз, флюорит, циннвальдит, лещидолит, амблигонит и другие фторсодержащие минералы.

Как видно из кривой нагревания (рис. 4), общие потери в весе составляют 6,36%, что вполне согласуется с данными химического анализа ($5,08 + 1,28 = 6,36$).

Эндотермический пик дифференциальной кривой при 800° совпадает с переломом у кривой дегидратации, что свидетельствует о том, что вода в минерале конституционная.

Спектральными исследованиями, проведенными С. И. Невониной, установлено наличие в гидроксил-гердерите небольших количеств кремния, железа, алюминия (средние линии), магния и марганца (слабые линии) и следов меди и олова. Весьма характерно появление в гердерите стронция в количестве 0,05—0,1%, который типичен для некоторых фосфатов, развивающихся на поздних этапах процесса (апатит, эсфорит).

Гидроксил-гердерит появляется в пегматитах только при развитии в них поздних гидротермальных процессов, приводящих к растворению берилла. Весь имеющийся фактический материал показывает, что при образовании гердерита на самых поздних этапах процесса бериллий заимствуется из раннего берилла, который на этих этапах становится неустойчивым

и растворяется. Таким образом, гердерит является типичным минералом пустот, образование которого связано с выщелачиванием элементов из ранее выделившихся минералов. Выше уже указывалось, что гердерит, как правило, не встречается совместно с апатитом или минералами из

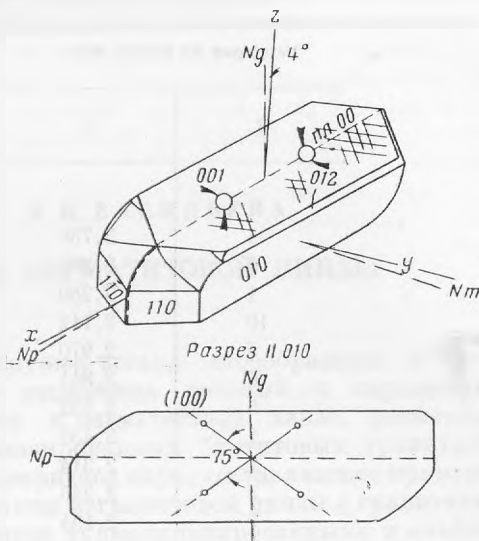


Рис. 3. Оптическая ориентировка гидроксил-гердерита

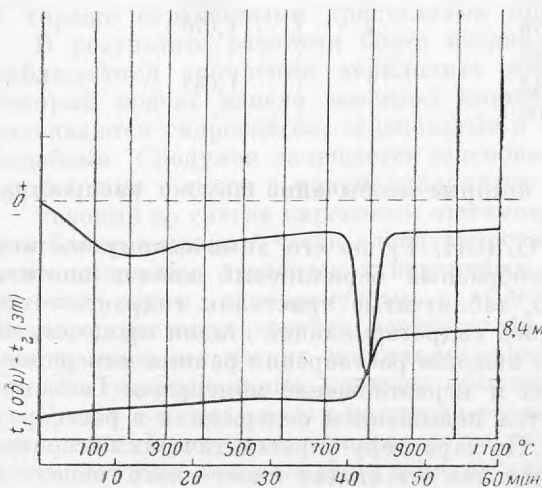


Рис. 4. Кривая нагревания гидроксил-гердерита

Таблица 3

Межплоскостные расстояния гидроксил-гердерита

Гердерит из штата Мэн		Гердерит из Восточного Забайкалья	
l	d	l	d
		2	5,98
4	3,736	4	3,736
6	3,385	6	3,405
1	3,289	—	—
10	3,112	10	3,121
5	2,970	4	2,985
6	2,841	6	2,855
5	2,532	4	2,538
1	2,430	2	2,435
1	2,314	2	2,32
3	2,246	3	2,254
7	2,194	6	2,206
2	1,982	3	1,988
3	1,872	3	1,872
1—2	1,775	2—3	1,785
5	1,645	4	1,649
1	1,537	2	1,540
1	1,323	2	1,410
1	1,264	1	1,267
2	1,152	2	1,153
3	1,098	2	1,095
3	1,076	2	1,076
1	1,066	—	—
1	1,043	2	1,043
1	1,006	—	—

группы чильдренита-эосфорита, которые необычайно широко распространены в аналогичных пустотах.

Гидроксил-гердерит $\text{CaVe}[\text{PO}_4](\text{OH}, \text{F})$ по его химическому составу можно рассматривать как своеобразный бериллиевый аналог апатита $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F})$. Как известно, таблитчатые кристаллы гидроксил-гердерита типичны для самой поздней гидротермальной стадии процесса, на протяжении которой происходит явления растворения ранних минералов, образование пустот растворения и переотложение минералов. Геохимически эта стадия характеризуется повышением содержания в растворах кальция, железа, иногда титана. По характеру парагенетических ассоциаций и способу образования минералов эта стадия имеет много общего с так называемым «альпийским процессом», для которого также весьма типичен таблитчатый гидроксил-apatит. В тех случаях, когда пегматиты были обогащены бериллом (и при соответствующей величине pH), при растворении последнего вместо гидроксил-apatита образуется его бериллиевый аналог — гидроксил-гердерит.