

Л. Н. Россевский, А. Н. Шостацкий

ПЕГМАТИТЫ С ХРИЗОБЕРИЛЛОМ  
В ОДНОМ ИЗ РАЙОНОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Пегматиты с хризобериллом были обнаружены в одном из открытых в последние годы пегматитовых полей Средней Азии.

Пегматитовое поле расположено среди пород останца кровли глубоко эродированного интрузива биотитовых и двуслюдяных гранитов нижнемелового возраста. Останец кровли сложен разнообразными биотитовыми, биотито-гранатовыми, биотито-гранат-амфиболовыми гнейсами и кристаллическими сланцами, часто обогащенными силлиманитом. Нередко встречаются прослой метаморфических пород, в которых содержание силлиманита достигает 50% и более.

В пределах пегматитового поля развиты пегматиты, которые по классификации А. Е. Ферсмана (1940) относятся к III типу — шерлово-мусковитовому и V типу — натро-литиевому.

Породами, непосредственно вмещающими пегматиты, являются тонкополосчатые биотитовые гнейсы, обладающие лепидогранобластовой структурой и имеющие следующий минеральный состав: средний олигоклаз 60%; кварц 25%; биотит 15%; аксессуарные минералы — циркон, анатит, рудный (ближе не определен). Химический состав вмещающих пород приведен в табл. 1.

Среди биотитовых гнейсов встречаются также редкие прослой биотитовых кварцитов. Вмещающие породы имеют простирание СВ 30° и падают на ЮВ под углом 30—35°. Пегматиты с хризобериллом обнажаются в виде свиты трех сближенных жил, залегающих согласно с вмещающими породами. Длина отдельных жил 20, 33 и 40 м, при мощности от 0,5 до 3 м. Контакты жил с вмещающими породами четкие. Экзоконтактовые изменения проявляются в замещении биотита гнейсов мусковитом и хлоритом не далее, чем на 5 см в сторону экзоконтакта. В отдельных участках гнейсы непосредственно у контакта с пегматитом превращены в породу, состоящую из кварца, мусковита, биотита и шерла, находящихся примерно в равных соотношениях. Мощность зоны этой породы не превышает 2—3 см. Эндоконтактовые изменения выражаются в том, что на расстоянии 5—10 см от контакта с гнейсом пегматит приобретает мелкозернистую структуру с размером зерен 0,5—1 см; местами в эндоконтакте развивается кварцево-мусковитовый агрегат с размером зерен минералов не более 3 см.

Ниже приводится краткое описание пегматитовой жилы, в которой было обнаружено наибольшее количество хризоберилла.

Внутреннее строение описываемой жилы зональное (рис. 1). Наблюдаются следующие зоны: 1) среднезернистого пегматита; 2) мелкоблокового пегматита; 3) блокового кварца — кварцевое ядро; 4) мусковитовая зона замещения.

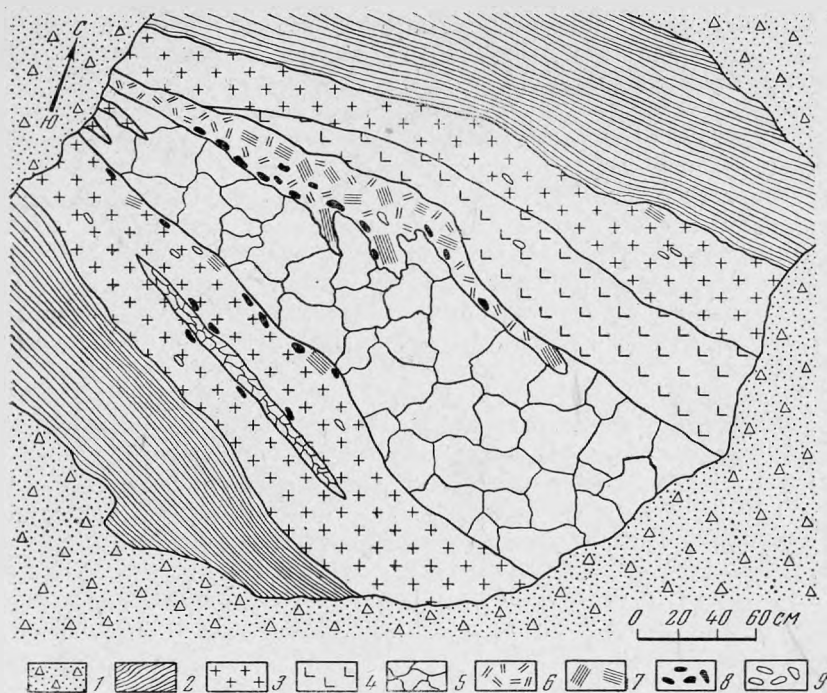


Рис. 1. Внутреннее строение пегматитовой жилы с хризобериллом:  
 1 — делювий; 2 — вмещающие породы; 3 — зона среднезернистого пегматита; 4 — зона мелкоблокового пегматита; 5 — зона блокового кварца; 6 — мусковитовая зона замещения; 7 — отдельные крупные пачки мусковита; 8 — желваки хризоберилла; 9 — гранат

Т а б л и ц а 1

Химический состав вмещающих пород

Компоненты	Биотитовые гнейсы, в 7 м ниже лежащего зальбанда пегматитовой жилы с хризобериллом	Биотитовые гнейсы в 0,1 м выше всящего зальбанда пегматитовой жилы с хризобериллом
SiO <sub>2</sub>	77,21	79,43
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,78	9,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,64	0,08
FeO	2,96	3,56
MnO	0,06	0,06
CaO	1,59	1,82
MgO	0,81	0,96
K <sub>2</sub> O	1,55	1,10
Na <sub>2</sub> O	1,99	1,78
Н. п. л.	1,22	1,09
С у м м а	99,50	99,55

Аналитик Л. Ф. Миропова.

1. Зона среднезернистого пегматита расположена в лежащем боку жилы между гнейсами и кварцевым ядром и в висячем боку между гнейсами и зоной мелкоблокового пегматита. Мощность зоны от 30 до 70 см. Контакты зоны с гнейсами и с зоной блокового кварца четкие, с зоной мелкоблокового пегматита контакт постепенный. Структура зоны линзовидная, размер зерен минералов 1—3 см.

Все минералы образуют удлиненные линзовидные зерна, вытянутые по простиранию жилы. Зона состоит из кислого олигоклаза № 15—20 на 70—80% и на 30—20% из кварца, кроме того, встречается мелкочешуйчатый мусковит, развивающийся по трещинам, и гранат темно-красного цвета. Гранат образует кристаллы в форме тетрагонтриоктаэдра, достигающие 4 см в поперечнике, и сростки линзовидной формы размером до  $4 \times 7$  см.

2. Зона мелкоблокового пегматита расположена выше кварцевого ядра. Мощность зоны достигает 0,5 м. Контакт зоны с кварцевым ядром четкий, с зоной среднезернистого пегматита — постепенный.

Структура зоны мелкоблоковая-линзовидная. Зона имеет следующий минеральный состав: микроклин 60%, кислый олигоклаз 20%, кварц 20%.

Микроклин образует блоки серого цвета, вытянутые по простиранию жилы и сильно катаклазированные. Размер блоков от  $3 \times 5$  до  $15 \times 25$  см. Большая часть блоков микроклина почти не содержит вросток кварца. В отдельных блоках встречаются графические и неяснографические вростки кварца. Олигоклаз вместе с кварцем образует агрегат среднезернистой структуры между блоками микроклина.

3. Зона блокового кварца — кварцевое ядро — расположена в осевой части жилы и состоит из массивного серовато-белого кварца. Мощность ее достигает 1 м. Контакты зоны блокового кварца с другими зонами четкие. При углублении карьера на 2 м мощность блокового кварца уменьшилась почти наполовину. В местах выклинивания по простиранию жилы зона блокового кварца разветвляется и в виде прожилков проникает в среднезернистый пегматит.

В среднезернистом пегматите под кварцевым ядром наблюдается прожилок блокового кварца мощностью 10—15 см и длиной в 1,6 м.

4. Мусковитовая зона замещения развита главным образом в верхнем зальбанде кварцевого ядра и имеет мощность от 5 см до 0,5 м. Кроме того, отдельные пачки и гнезда мусковита встречаются в кварцевом ядре, вблизи его верхнего зальбанда, в нижнем зальбанде кварцевого ядра и у контактов пегматита с гнейсами (см. рис. 1). Мусковитовая зона развивается главным образом по мелкоблоковому и частично среднезернистому пегматиту и состоит на 60—80%, местами на 100% из мусковита, остальную часть занимают реликты полевых шпатов и кварца. Пачки мусковита располагаются в зоне хаотично, но большинство из них, в особенности крупные, ориентированы в плоскости падения жилы. Размер пачек мусковита достигает в толщину 15 см, при площади кристалла  $15 \times 25$  см. Мусковит исключительно сильно деформирован, иногда наблюдается ельчатость. Часто пачки мусковита измяты, имеют скорлуповатое строение.

Помимо крупного мусковита зоны замещения, по всем зонам пегматита, кроме кварцевого ядра, неравномерно, но довольно широко развит агрегат позднего мелкочешуйчатого белого мусковита. Особенно интенсивно последний распространен на контакте кварцевого ядра с полевошпатовыми зонами. В верхнем зальбанде кварцевого ядра агрегат этого мусковита в виде слоя мощностью в 2—3 см прослеживается почти непрерывно.

Агрегат мелкочешуйчатого белого мусковита как бы рубашкой одевает отдельные блоки микроклина и все желваки хризоберилла. Однако состав внешне очень похожего слюдяного агрегата вокруг микроклина и хризо-

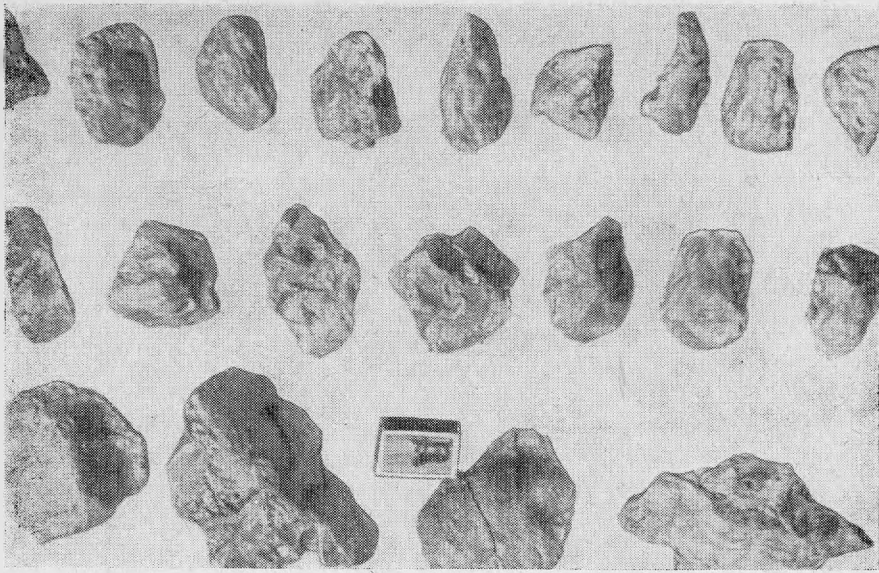


Рис. 2. Наиболее крупные желваки хризоберилла

берилла резко отличен: в первом случае—это мелкозернистый кварц и мусковит; во втором — мелкозернистый берилл и мусковит.

Хризоберилл в жиле встречается главным образом в зальбандах кварцевого ядра. Большая часть хризоберилла приурочена к верхнему зальбанду, меньшая — к нижнему. Несколько кристаллов хризоберилла было вынута также из контактов второй маломощной кварцевой зоны, расположенной ниже кварцевого ядра (см. рис. 1). Значительно меньшее количество хризоберилла найдено в мусковитовой зоне замещения на расстоянии 10—20 см от контакта с кварцевым ядром.

Всего из описываемой жилы при углублении карьера на 2 м было извлечено 58 кристаллов хризоберилла, общим весом около 15 кг (рис. 2).

Хризоберилл встречается только в виде желваков, которые представляют собой кристаллы хризоберилла, всегда одетые в рубашку из агрегата описанного выше мелкочешуйчатого белого мусковита. Желваки хризоберилла имеют чаще всего уплощенную линзовидную и толстотаблитчатую форму. Наиболее крупные отдельные желваки имеют размер  $16 \times 8 \times 4$  см, наиболее мелкие —  $2 \times 1,5 \times 1$  см. Каждый желвак представляет собой отдельный кристалл хризоберилла, изредка встречаются сростки двух кристаллов.

Цвет хризоберилла бутыльно-зеленый, грязно-зеленый, местами желтовато-зеленый; блеск стеклянный; излом раковистый; спайность выражена плохо; твердость более 8; удельный вес, измеренный пикнометрически,  $3,76$  г/см<sup>3</sup>.

Межплоскостные расстояния описываемого хризоберилла, вычисленные по дебаграмме, полученной в лаборатории ВИМС Г. А. Сидоренко, приведены в табл. 2.

В шлифах у хризоберилла наблюдается серая, желтая, реже оранжевая интерференционная окраска первого порядка. Довольно часто на фоне желтой интерференционной окраски появляются яркие аномальные малиновые и синие пятна. Иногда у хризоберилла, имеющего серую интерференционную окраску, при погасании появляется очень яркая аномальная синяя окраска, которая при дальнейшем повороте столика переходит в аномальную красновато-фиолетовую и бронзовую, а затем снова

Порошкограмма хризоберилла  
(Си-нефилътрованное<sup>1</sup> излучение,  $D = 57,3$  м.м)

<i>i</i>	<i>d/n</i>	<i>I</i>	<i>d/n</i>	<i>I</i>	<i>d/n</i>	<i>I</i>	<i>d/n</i>
1	1,413	2	4,40	6	1,106	1	2,001
8	1,363	5	3,97	5	1,077	3	1,867
3	1,335	3	3,51	5	1,069	1	1,825
4	1,301	7	3,20	1	1,058	4	1,775
6	1,285	3	2,814	8	1,043	3	1,657
6	1,251	6	2,55	3	1,040	10	1,609
1	1,220	1	2,47	4	1,022	3	1,547
5	1,209	5	2,305	3	1,007	4	1,504
2	1,191	5	2,25	5	1,002	1	1,486
1	1,166	1	2,14	5	0,9936	4	1,486
4	1,140	10	2,07				

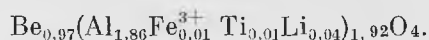
в нормальную серую, т. е. в этом случае минерал не угасает. Очень редко у хризоберилла наблюдаются простые двойники с четкой границей между ними. Угол погасания одного двойника относительно другого в одних случаях составляет  $5^\circ$ , в других —  $23^\circ$ .

Спайность у минерала в шлифах выражена довольно ясно, но наблюдается не всегда. Гораздо чаще в хризоберилле встречаются грубые трещины разных направлений. Угасание минерала относительно спайности прямое; удлинение положительное. В проходящем свете хризоберилл в одних случаях прозрачен и бесцветен, в других — замутнен мельчайшими частичками. В некоторых кристаллах хризоберилла наблюдались мелкие газово-жидкие включения. Плеохроизма у хризоберилла не наблюдается даже в тех шлифах, толщина которых значительно превосходит обычную. Показатели преломления хризоберилла, измеренные в иммерсионных жидкостях, следующие:  $N_g = 1,754 \pm 0,004$ ;  $N_m = 1,746 \pm 0,002$ ;  $N_p = 1,744 \pm 0,002$ ;  $N_g - N_p = 0,010$ . Угол оптических осей положительный и сильно колеблется в разных образцах. Получены следующие значения:  $+2V = 16, 58, 60, 72^\circ$ .

Химический анализ хризоберилла и расчет формулы минерала приведены в табл. 3. По сравнению с хризобериллом Изумрудных копей в описываемом хризоберилле отмечается повышенное содержание кремнезема.

Спектральным анализом, кроме элементов, установленных химическим анализом, обнаружено присутствие Sn и Ga — сотые доли процента; Си и Ва тысячные доли процента.

Формула хризоберилла, полученная в результате пересчета анализа:



Процессы замещения хризоберилла проявляются исключительно интенсивно. Как уже упоминалось, «рубашка» вокруг кристаллов хризоберилла представляет собой агрегат мелкочешуйчатого мусковита и берилла, развивающихся по хризобериллу. Наименее измененные кристаллы хризоберилла имеют «рубашку» толщиной не больше 0,5 см (рис. 3). Однако большинство кристаллов изменены значительно сильнее и отдельные желваки сложены целиком слюдясто-берилловым агрегатом с мелкими изъеденными реликтами хризоберилла. Замещение хризоберилла агрегатом берилла и мусковита начинается с периферии кристалла. Агрегат берилла и мусковита, как это хорошо видно в шлифах, вначале корроди-

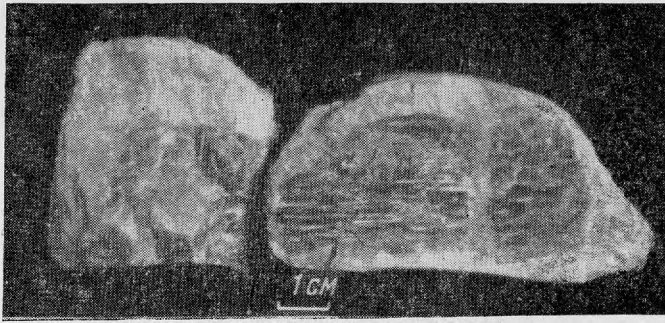


Рис. 3. Расколотые желваки; видна мусковито-берилловая «рубашка»

рует и разъедает хризоберилл (рис. 4). При этом чешуи и таблички мусковита и мелкие зерна берилла ориентированы перпендикулярно к поверхности кристалла хризоберилла. Затем агрегат берилла и мусковита начинает развиваться в виде прожилков мощностью 0,05—1,5 мм по трещинам внутри кристалла хризоберилла (рис. 5). Местами эти прожилки развиваются все более интенсивно, постепенно замещая хризоберилл, пока от последнего не остаются только реликты кристалла, гаснущие одновременно. Соотношение берилла и слюдки между собой в агрегате составляет в среднем 1 : 1. Местами преобладает тот или иной минерал.

Т а б л и ц а 3

Таблица химических анализов хризоберилла

Компоненты	Хризоберилл из Средней Азии *					Хризоберилл	
	Вес. %	молекулярные кол-ва	атомные кол-ва кислорода	атомные кол-ва катионов	число атомов катионов, рассчитанных на O <sub>4</sub>	пластинчатые разности серовато-зеленого цвета	кристаллы зелено-желтого цвета
SiO <sub>2</sub>	3,94	656	1312	656	0,08	1,90	—
TiO <sub>2</sub>	0,59	74	148	74	0,01	0,34	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	73,43	7208	21624	14416	1,86	76,00	78,88
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003	—	—	—	—	0,08	Следы
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,85	53	159	106	0,01	0,57	3,05
FeO	0,36	50	50	50	—	1,39	—
BeO	18,84	7533	7533	7533	0,97	19,05	18,05
MgO	0,20	49	49	49	—	0,65	0,35
CaO	Нет	—	—	—	—	0,27	—
MnO	0,06	9	9	9	—	Нет	0,12
Li <sub>2</sub> O	0,41	137	137	274	0,04	—	—
K <sub>2</sub> O	0,20	21	21	42	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	0,09	15	15	30	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	—	—	—	—	Нет	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,10	—	—	—	—	0,10	—
С у м м а	99,21	—	31057	—	—	100,47	100,45

Общий делитель 31057 : 4 = 7764.

\* Анализ произведен в химической лаборатории геологического факультета МГУ, [аналитик Л. М. Либина.

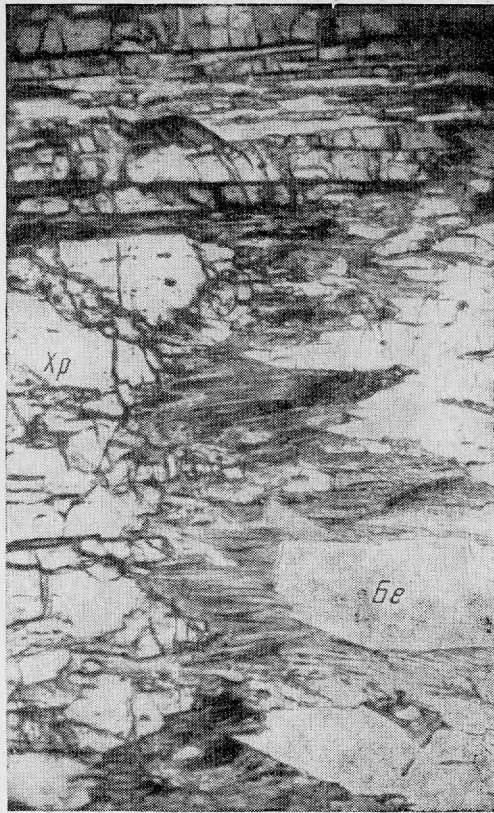


Рис. 4. Разъединение хризоберилла (Хр) мусковитоберилловым (Бе) агрегатом. Увел. 24. Ник. †

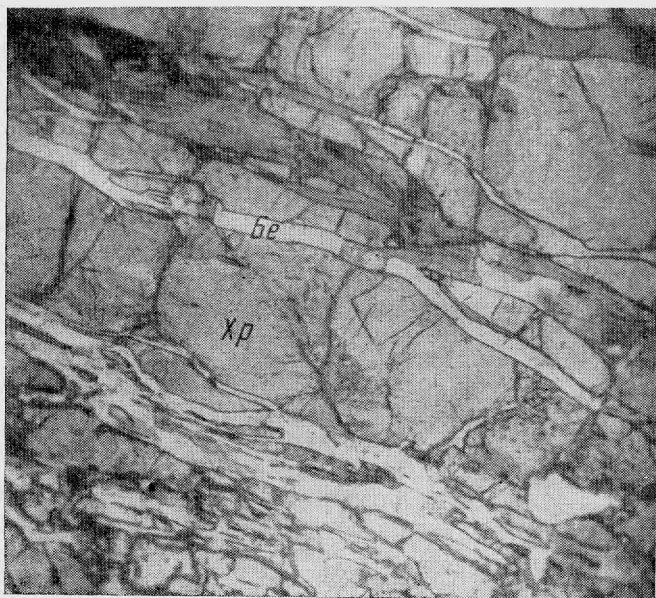


Рис. 5. Прожилки берилла (Бе) и мусковита в хризоберилле (Хр) Увел. 24. Ник. †

Отдельные наиболее крупные индивиды берилла достигают размера  $3 \times 7$  мм. Контуры зерен берилла, как правило, четкие и ровные. Довольно часто берилл содержит включения слюдки и реликты зерен хризоберилла. Интерференционная окраска берилла серая, серовато-белая, белая. Удлинение отрицательное, погасание прямое.  $N_o = 1,582 \pm 0,002$ ;  $N_e = 1,575 \pm 0,002$ ;  $N_o - N_e = 0,007$ .

В изотропных гексагональных сечениях берилл дает четкую коноскопическую фигуру одноосного отрицательного минерала.

Мусковит в агрегате с бериллом образует чешуи и таблички от сотых и десятых долей до 4 мм в длину. Интерференционная окраска у данного мусковита несколько аномальная зеленая или красновато-синяя с более блеклыми оттенками по сравнению с обычным мусковитом. Удлинение положительное, погасание прямое.  $N_g = 1,600 \pm 0,002$ ;  $N_m = 1,598 \pm 0,002$ ;  $N_p = 1,563 \pm 0,002$ ;  $N_g - N_p = 0,037$ .  $-2V \approx 40-45^\circ$ ,  $r > v$ . Изредка в чешуях мусковита наблюдаются сноповидные агрегаты мелкоигльчатого силлиманита.

### ВЫВОДЫ

1. Формирование пегматитов с хризобериллом, а не с бериллом, как это обычно для данного пегматитового поля, очевидно, связано с локальным обогащением пегматитового расплава-раствора глиноземом за счет богатых силлиманитом подстилающих пород, так как непосредственно вмещающие данные пегматиты породы не содержат повышенного количества глинозема.

2. Образование хризоберилла в рассматриваемых пегматитах, вероятно, происходило непосредственно перед выделением зоны блокового кварца, о чем свидетельствует расположение хризоберилла только в альбандах кварцевого ядра.

3. В конечную стадию эволюции пегматитов при воздействии на хризоберилл поздних гидротермальных порций пегматитового расплава-раствора минерал замещается агрегатом мусковита и берилла. При этом бериллий не полностью выносится за пределы кристаллов хризоберилла и фиксируется в виде берилла, а избытки глинозема идут на образование мелкочешуйчатого мусковита.

### ЛИТЕРАТУРА

- Беус А. А. Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений. Изд-во АН СССР, 1960.  
Ферсман А. Е. Пегматиты, т. I. Изд-во АН СССР, 1940.