

Л. М. ЛЕБЕДЕВ

ТРИПЛИТ ИЗ ЗАБАЙКАЛЬЯ И ПРОЦЕССЫ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

Триплит — редкий фторофосфат железа и марганца — $(Mn, Fe)_3P_2O_8$ (Mn, Fe) F_2 — впервые (для СССР) был кратко описан Ю. А. Спейт в 1937 г., а в дальнейшем более детально изучен Н. А. Смольяниновым.

В 1947 и 1949 гг. на одном из месторождений Забайкалья нами был обнаружен триплит в виде крупных гнездообразных выделений в кварце, размером до 40 см в диаметре. Жилы, содержащие триплит, залегают в кварцевых диоритах вариссийского цикла, приурочиваясь обычно к контактам диоритов с дайками бостонитов. Нередко кварцевые жилы с триплитом залегают непосредственно в теле даек бостонитов.

Одной из характерных особенностей рудных жил является их брекчированность: жильный кварц раздроблен и сцементирован агрегатом пирита, халькопирита, галенита и флюорита. Иногда цемент брекчии составляют всего лишь два или один из указанных минералов. Весьма характерно также наличие густой сети прожилков (от 0,1 до 5 мм толщиной),

состоящих из халькопирита и флюорита, которые развиваются по трещинам отдельности вмещающих пород и секут главные жилы в разных направлениях, под различными углами. Околожилные участки вмещающих пород грейзенизированы и пиритизированы.

Триплит встречается в кварце в виде крупнокристаллических агрегатов округлой формы, реже неправильных очертаний. Размеры выделений колеблются от 1—2 до 15—20 см в диаметре. Более крупные выделения представляют редкость. Распределение триплита в жильном кварце чрезвычайно неравномерное. Кроме того, наблюдаются прожилки, нацело выполненные триплитом, реже — кварц-триплитовые и триплит-полевошпатовые прожилки.

Как в кварце рудных жил, так и в прожилках кварц-триплитового состава довольно часто наблюдаются отдельные зерна триплита, имеющие в поперечных сечениях, в плоскости (001), ромбические очертания (рис. 1,а).

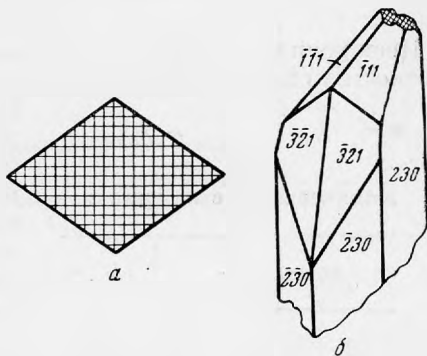


Рис. 1. Типичное сечение (а) и форма кристаллов (б) триплита.

В одной из жил были найдены кристаллы триплита, которые располагались на поверхности небольшого ксенолита бостонита. Пространство между ними было выполнено мелкокристаллическим агрегатом сфалерита и минерала из группы блеклых руд, ближе не определявшегося.

Один из трех отпрепарированных кристаллов был измерен прикладным гониометром (рис. 1, б). Вследствие неравномерности граней точность измерений не превышала 1°. Результаты следующие:

Символы	φ	ρ
$(\bar{1}11)$	21°	41°30'
$(\bar{3}21)$	50°30'	68°
(230)	34°	90°

Углы между гранями:

$(230) \wedge (230) = 68^\circ$	$(230) \wedge (\bar{3}21) = 90^\circ$
$(230) \wedge (\bar{3}21) = 30^\circ$	$(\bar{1}11) \wedge (111) = 68^\circ$
$(230) \wedge (111) = 75^\circ$	$(230) \wedge (230) = 112^\circ$

Цвет триплита красновато-розовый, просвечивает в краях. Блеск на плоскостях спайности стеклянный, в изломе — жирный. Излом неровный. Спайность в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Твердость — 4,5—5. Удельный вес, определенный пикнометром, — 3,78—3,80. В проходящем свете бесцветен. Показатели преломления, определенные иммерсионным методом, следующие: $N_g = 1,672 \pm 0,002$; $N_m = 1,658$; $N_p = 1,650 \pm 0,002$;

Таблица 1

Химический состав триплита

Компоненты	Вес., %
P ₂ O ₅	32,42
SiO ₂	0,87
TiO ₂	Следы
Cl	0,00
F	8,97
MnO	57,79
FeO	0,03
MgO	1,53
CaO	3,50
Al ₂ O ₃	0,09
Na, K, Li	0,00
H ₂ O ⁺	0,05
H ₂ O ⁻	0,27
Сумма	105,50
— O = F	3,78
	101,72
Нерастворимый в HCl остаток	0,62

Таблица 2

Результаты спектрального анализа триплита

Элементы	Интенсивность линий
P	Оч. сильные
Si	Выше средних
Mn	Сильные
Fe	Средние
Mg	Сильные
Ca	»
Al	»

$N_g - N_p = 0,022$; $2V = +82$ (измерен при помощи федоровского столика).

Триплит легкоплавок, хорошо растворяется в кислотах; с H_2SO_4 дает реакцию на F, с бурой — на Mn, с молибденово-кислым аммонием — на P.

В катодных лучах и ультрафиолетовом свете не люминесцирует.

По химическому составу описываемый триплит относится к чистой марганцовистой разновидности. В табл. 1 приведен анализ триплита, заимствованный у Н. А. Смольянинова. Данные спектрального анализа, выполненного спектральной лабораторией Института геологических наук Академии Наук СССР, показали, что исследованный нами триплит по своему

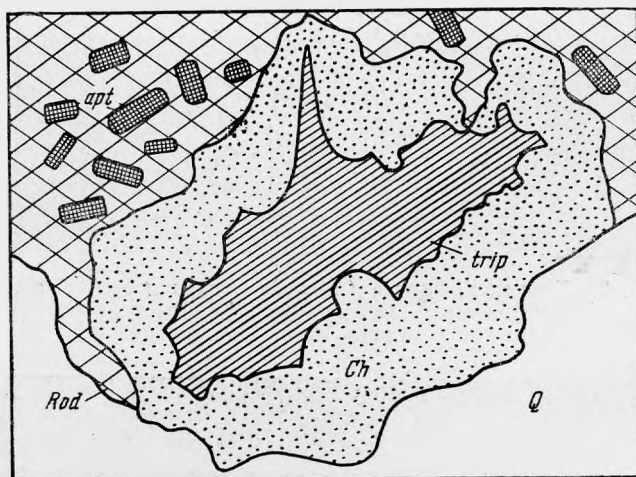


Рис. 2. Халцедоновидная (*Ch*) и родохрозит-апатитовая (*Rod*, *apt*) оторочки вокруг зерна триплита (*trip*); кварц — *Q*. $\times 1,5$.

химическому составу полностью идентичен триплиту, описанному Н. А. Смольяниновым (табл. 2).

В некоторых изученных нами жилах триплит был сильно изменен, причем совершенно отчетливо выявилась зависимость изменения триплита от наличия вблизи его выделений прожилков халькопирит-флюоритового состава и от степени интенсивности брекчирования жилы.

В зависимости от положения триплита в жиле наблюдаются три различные степени его изменения:

1. В участках жилы, не затронутых брекчированием и характеризующихся присутствием лишь небольшого числа халькопирит-флюоритовых прожилков, выделения триплита по периферии окружены плотными халцедоновидными оторочками серовато-желтого и светлорубого цвета. Ширина оторочек колеблется от нескольких миллиметров до 3—4 см. Иногда эти оторочки, в свою очередь, окаймляются крупнозернистым родохрозитом, в массе которого наблюдается большое количество довольно крупных кристаллов апатита (рис. 2).

Если же указанные прожилки пересекают выделения триплита, то халцедоновидные образования располагаются обычно по обеим сторонам прожилков. В данном случае эти новообразования приобретают некоторую зональность, выражающуюся в том, что на контакте с прожилкой и в непосредственной близости от нее они представлены плотным фарфоровидным агрегатом белого цвета, который по мере удаления от прожилки

постепенно переходит в халцедоновидный агрегат светлобурого цвета (рис. 3). Нужно отметить, что фарфоровидные образования в количественном отношении резко подчинены халцедоновидным.

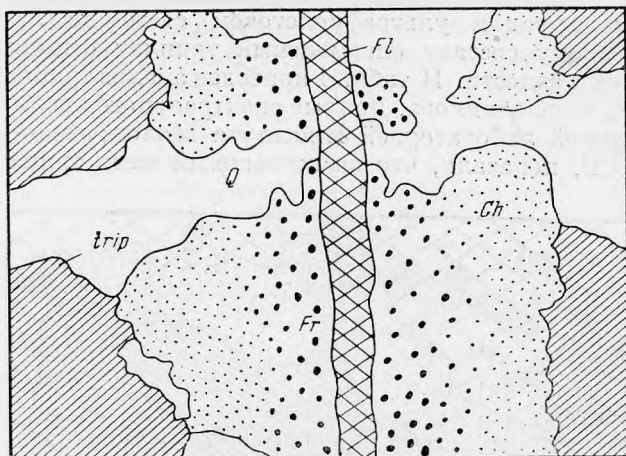


Рис. 3. Халцедоновидные (*ch*) и фарфоровидные (*Fr*) образования на контакте триплита (*trip*) с флюоритовой (*Fl*) прожилкой; кварц — *Q*. Нат. велич.

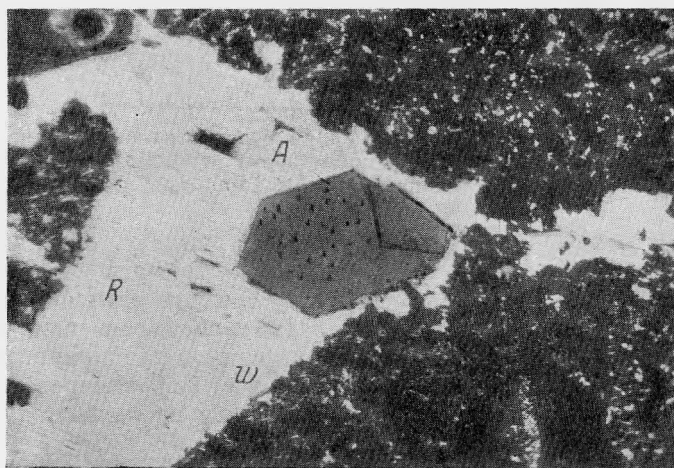


Рис. 4. Халцедоновидный агрегат. *A* — апатит, *R* — родохрозит, *W* — витлокит. $\times 60$, с анализатором

Макроскопически эти новообразования выглядят мономинеральными. Твердость их — от 4,5 до 5; в осколках просвечивают; излом раковистый. В катодных лучах и при нагревании интенсивно люминесцируют в зеленовато-желтых тонах. При прокаливании темнеют. Хорошо растворяются в соляной и азотной кислотах.

Под микроскопом обнаруживается, что указанные новообразования состоят из агрегата трех минералов (рис. 4).

Первый минерал изотропен. Он составляет основную массу агрегата. В проходящем свете светложелтый с буроватым оттенком. При

максимальном увеличении этот минерал обнаруживает слабую анизотропность. Средний показатель преломления, определенный иммерсионным методом, равен $1,628 \pm 0,002$.

В т о р о й м и н е р а л представлен апатитом, который в виде хорошо образованных кристаллов и, реже, неправильной формы зерен неравномерно распределен в основной массе. Кристаллы таблитчатого габитуса, на них различимы грани призмы, бипирамиды и пинакоида. Одноосный, отрицательный, с прямым погасанием. Показатели преломления ($N_o = 1,634 \pm 0,002$; $N_e = 1,631 \pm 0,002$) соответствуют показателям нормального фторапатита. Во многих кристаллах апатита наблюдаются многочисленные однофазовые включения.

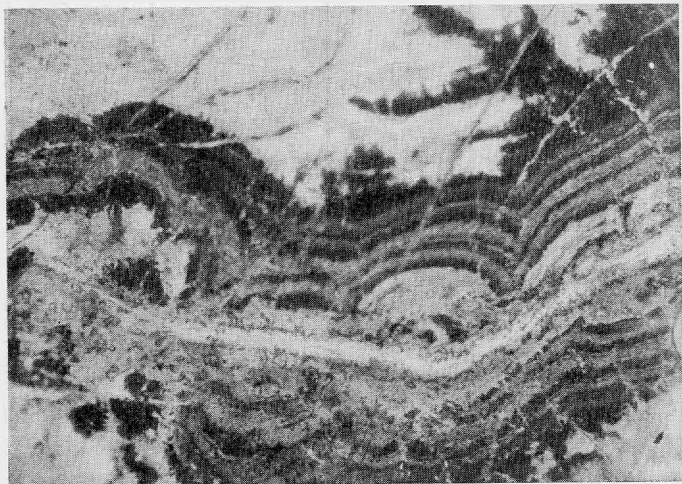


Рис. 5. Колломорфная структура халцедоновидного агрегата.
× 60, без анализатора

Т р е т и й м и н е р а л — родохрозит, выделяющийся в виде мелких зерен, равномерно распределенных в основной массе. Реже он наблюдается в виде крупных зерен, имеющих иногда ромбоэдрические очертания. Для этих зерен очень характерно отчетливое полисинтетическое двойникование.

Кроме этих трех минералов, в указанных агрегатах постоянно присутствует незначительная примесь мельчайших зерен кварца, довольно равномерно распределенных в основной массе.

Таким образом, под микроскопом не наблюдается различия в минералогическом составе халцедоновидного и фарфоровидного агрегатов, но совершенно отчетливо проявляется разница в отношении размеров вкрапленников апатита и родохрозита.

Так, для первого характерны небольшие кристаллы апатита и мельчайшая вкрапленность родохрозита, причем крупные кристаллы их наблюдаются как исключение. Второй, наоборот, характеризуется крупными размерами кристаллов обоих минералов и полным отсутствием мелкой вкрапленности родохрозита. Помимо этого в фарфоровидном агрегате присутствует более значительная примесь кварца.

В нескольких шлифах наблюдалась прекрасно выраженная колломорфная структура этих агрегатов (рис. 5).

В табл. 3 приведены химические анализы халцедоновидного и фарфоровидного агрегатов, произведенные в лаборатории Института геологических наук Академии Наук СССР аналитиком О. А. Алексеевой.

Таблица 3

Химические анализы халцедоновидного и фарфоровидного агрегатов

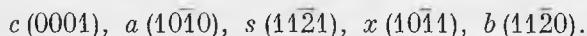
Компоненты	Халцедоновидный агрегат		Фарфоровидный агрегат	
	Вес. %	Молекулярное количество	Вес. %	Молекулярное количество
SiO ₂	1,01	—	5,70	—
Al ₂ O ₃	—	—	0,42	—
Fe ₂ O ₃	0,41	—	—	—
FeO	0,34	5	0,28	3
CaO	48,80	864	49,85	889
MgO	0,45	4	0,42	3
MnO	4,97	70	2,20	32
P ₂ O ₅	40,80	287	39,20	276
CO ₂	3,40	70	1,40	32
F	1,98	104	2,00	105
H ₂ O ⁺	0,10	—	0,25	—
H ₂ O ⁻	—	—	—	—
Сумма	101,36		101,42	
— O = F	0,83		0,84	
	100,53		100,58	

Ввиду того, что из трех составляющих агрегат основных минералов два были определены как апатит и родохрозит, данные анализа были пересчитаны прежде всего на эти минералы. Молекулярные количества оставшихся излишков CaO и P₂O₅ относятся друг к другу как 3 : 1, что соответствует составу Ca₃P₂O₈.

Таким образом, можно предположить, что минерал, составляющий основную метакolloидную массу агрегата, является колломорфной разновидью витлокита.

Нельзя не подчеркнуть тождественности парагенетических ассоциаций витлокита из Нью-Гемпшира (США) и витлокита описанных выше агрегатов. Для витлокита из Нью-Гемпшира Фрондель указывает на тесную ассоциацию его с апатитом, родохрозитом, флюоритом и минералом группы цеолитов.

Выше указывалось, что халцедоновидные агрегаты опоясываются иногда оторочками крупнокристаллического родохрозита с заключенными в его массе кристаллами апатита. Распределение последнего в родохрозите наравномерное. Размеры кристаллов колеблются в широких пределах — от десятых долей миллиметра до 1 см. Габитус их таблитчатый и короткостолбчатый. Наблюдались следующие кристаллографические формы:



Наиболее развиты $c(0001)$ и $a(10\bar{1}0)$, остальные развиты очень слабо. Цвет апатита светлосерый с зеленоватым оттенком. Отчетливая спайность

по (0001). Удельный вес колеблется в пределах 3,21—3,23. Показатели преломления, определенные иммерсионным методом: $N_o = 1,632 \pm 0,002$; $N_e = 1,630 \pm 0,002$. При нагревании люминесцирует в зеленовато-желтых, а в ультрафиолетовом свете — в розовато-желтых тонах.

Химический анализ (табл. 4) показывает, что описываемый апатит является типичным фторапатитом (аналитик О. А. Алексеева, Институт геологических наук Академии Наук СССР, 1950 г.)

Таблица 4

Химический анализ апатита

Компоненты	Вес. %	Молекулярное количество
SiO ₂	0,19	—
R ₂ O ₃	1,50	—
CaO	52,35	934
MgO	1,08	26
SrO	0,39	4
MnO	1,54	22
P ₂ O ₅	39,95	281
F	3,62	190
H ₂ O ±	—	—
Потери при прок. (CO ₂)	0,98	22
Сумма	101,60	
— O = F	1,52	
	100,08	

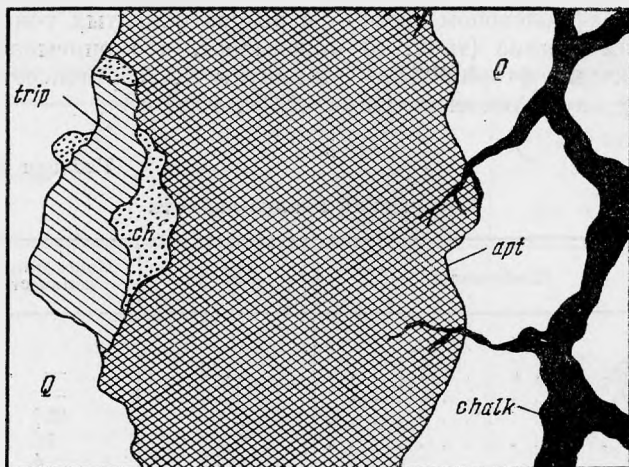
II. В участках жилы, затронутых брекчированием, характер изменения триплита несколько отличен от описанного выше. Нужно отметить, что явление брекчирования в данных участках жилы выражено еще слабо — степень дробления жильного кварца невелика, количество сульфидного цемента составляет не более 5—10% общей массы жильного тела.

Процесс изменения триплита в данном участке характеризуется наиболее полным развитием. Изменению подверглось подавляющее большинство зерен триплита. Минералогический состав реакционных оторочек остается прежним, но резко изменяются количественные соотношения составляющих их минералов. Здесь вокруг выделений триплита наблюдается широкая кайма вторичных образований, распадающаяся на две зоны.

Внутренняя зона, непосредственно примыкающая к триплиту, представлена халцедоновидным агрегатом, который по своему составу ничем не отличается от описанных выше агрегатов. Ширина этой зоны не превышает 2 см и часто снижается до 1—2 мм.

Внешняя зона представлена плотным агрегатом мелкозернистого зеленоватого апатита и светлофиолетового флюорита. Количество флюорита незначительно — он составляет не более 1% всей массы агрегата. Постоянной примесью является кварц. Кроме того, апатит пронизан иногда тонкими ветвящимися прожилочками халькопирита и галенита. Ширина этой зоны колеблется от 5 до 12 см (рис. 6). Под микроскопом этот агрегат представляет собой равномерно-зернистую массу апатита

с рассеянными в ней мелкими остроугольными зернышками кварца и редкими ксеноморфными зёрнами флюорита и родохрозита.



Фиг. 6. Халцедоновидная (*ch*) и апатитовая (*apt*) оторочки вокруг триплита (*trip*); *Q* — кварц, *chalk* — халькопирит.

III. В участках жилы, подвергшихся интенсивному брекчированию, триплит изменен более глубоко, нежели в описанных выше случаях. Об интенсивности брекчирования в данных участках можно судить по резкому дроблению жильного кварца, средний размер осколков которого не превышает здесь 1,5—2 см, и большому количеству сульфидного цемента.

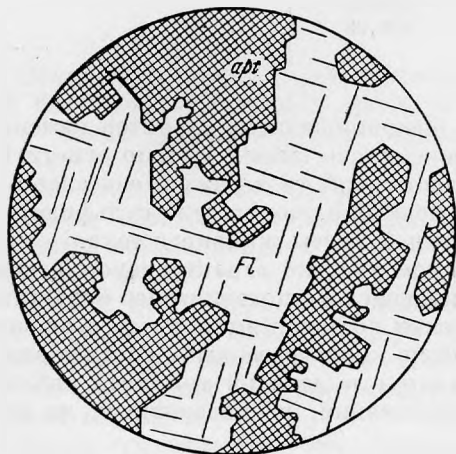


Рис. 7. Апатит-флюоритовый агрегат; *apt* — апатит, *fl* — флюорит.

агрегатов встречаются халцедоновидные образования в виде мелких (до 0,05 см) округлых выделений. В последних под микроскопом наблюдаются реликты триплита.

Таким образом, при воздействии растворов, обуславливающих сульфидную минерализацию рудных жил, триплит претерпевает изменения, закономерности которых можно свести к следующему:

Триплит в этих участках не встречается, но в большом количестве наблюдаются крупнозернистые агрегаты апатита и флюорита. Флюорит составляет около 40% всей массы агрегата, апатит — 55—60%. Иногда в состав этих агрегатов в незначительных количествах входит родохрозит. Под микроскопом апатит-флюоритовый агрегат представляет собой губчатую массу сросшихся скелетных кристаллов апатита, пространство между которыми выполнено флюоритом (рис. 7). Часто среди этих

1. В результате выноса из триплита марганца и привноса кальция образуются фосфаты Са. Освободившийся Mn входит в состав родохрозита.

2. При условии привноса фтора образуется нормальный фторапатит. Если же привноса фтора не происходит, то образуются своеобразные агрегаты, состоящие из безводного фосфата Са — витлокита, фторапатита и родохрозита. Это объясняется тем, что при изменении триплита освобождающийся фтор вследствие своей большой подвижности уходит из сферы реакции и лишь незначительная его часть идет на образование фторапатита.

3. Подвижностью фтора обуславливается зональность оторочек вторичных кальциевых фосфатов, где внешние, периферические зоны содержат значительно большее количество фтора, нежели внутренние, непосредственно примыкающие к триплиту зоны.

4. В связи с неравномерным брекчированием разных участков жилы, а вследствие этого и неравномерного распределения привносящихся компонентов, в частности фтора, образуются следующие отличные друг от друга минеральные ассоциации вторичных образований:

а) ассоциация, недосыщенная фтором, — реакционные оторочки представлены апатит-витлокитовым агрегатом; отношение $P_2O_5 : F > 3 : 1$;

б) ассоциация нормального насыщения фтором — реакционные оторочки представлены существенно апатитом; отношение $P_2O_5 : F = 3 : 1$;

в) ассоциация, пересыщенная фтором, — реакционные образования представлены апатит-флюоритовым агрегатом; отношение $P_2O_5 : F < 3 : 1$.

В заключение автор пользуется случаем выразить большую благодарность А. Н. Лабунцову за консультации по гониометрии и А. И. Гинзбургу за ценные советы и замечания по данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

- Смирнов С. С. К вопросу о зональности рудных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1937.
F o n d e l C. Whitlockit: a new calcium phosphates, $Ca_3(PO_4)_2$. Amer. Min., v. 26, N 3, 1941.