

В. И. ЛЕБЕДЕВ и О. М. РИМСКАЯ-КОРСАКОВА

**ОБ ИЛЬМЕНИТИЗАЦИИ ПЕРОВСКИТА**

(Представлено академиком А. А. Полкановым 12 III 1949)

В минералогической литературе неоднократно отмечались различные процессы вторичного изменения природных титанатов. Нередко можно встретить указания на процессы сфенизации и лейкоксенизации ильменита и на образование за счет ильменита анатаза (2, 5, 6). Описано также явление сфенизации и лейкоксенизации перовскита и замещение его магнетитом (1-3). Однако до сих пор, насколько нам известно, в литературе не отмечался, за исключением одного случая (3), процесс образования ильменита по перовскиту. Это явление, повидимому, редкое, было встречено нами при изучении рудных минералов пироксенитов Вуориярви (по материалам, собранным Н. А. Вологовской) и, следует заметить, оказалось связанным с процессом растворения магнетита. Описанию данных явлений и посвящается настоящая статья.

Пироксениты Вуориярви (Карелия) сложены моноклинным пироксеном (авгитом) иногда совместно с буровато-черным железистым флюгопитом. В них обычно наблюдается вкрапленность титаномагнетита и его гнездообразные скопления, а также присутствует перовскит. Титаномагнетит большей частью развивается ксеноморфно, выполняя промежутки между зернами пироксена и перовскита. В отраженном свете обращает на себя внимание розоватый оттенок в окраске магнетита и большое количество включенных в нем пластинчатых вrostков ильменита. Вrostки ильменита, достигающие в длину 1 см при толщине не более 0,1 мм, располагаются параллельно граням октаэдра магнетита, создавая типичную для титаномагнетитов решетчатую структуру. Кроме грубопластинчатого ильменита, магнетит часто содержит массу более мелких, но также закономерно расположенных пластинок ильменита, длиной не более 0,1—0,2 мм, а сплошь и рядом даже с трудом различимых при максимальных увеличениях микроскопа («микроильменит»). Иногда в титаномагнетите наблюдаются мельчайшие зернышки шпинели, рассеянные в магнетите или расположенные цепочками и часто сосредоточенные вдоль границ пластин ильменита. Иногда можно видеть зерна шпинели включенными внутри крупнопластинчатого ильменита, а также и в микроильмените.

Вышеприведенные данные о взаимоотношении магнетита, ильменита и шпинели указывают, что для титаномагнетитов Вуориярви характерны типичные структуры распада, описанные и изученные во многих других месторождениях. Между прочим, наличие включений шпинели не только в крупнопластинчатом ильмените, но и в микроильмените заслуживает быть отмеченным особо. Дело в том, что распространенным и подтвержденным экспериментальными исследованиями является

мнение, что при распаде титаномагнетита шпинель обычно выделяется позже ильменита. В 1939 г., однако, Рамдор (5) обратил внимание на то, что иногда шпинель выделяется позже ильменита первой генерации — грубопластинчатого, но раньше второй его генерации — микроильменита. В нашем случае взаимоотношения шпинели с грубопластинчатым ильменитом аналогичны описанным Рамдором, но включения ее в микроильмените, повидимому, отмечаемые впервые, заставляют признать возможность иных вариаций последовательности выпадения ильменита и шпинели.

Следует подчеркнуть, что в пироксенитах Вуориярви ильменит, как правило, не образует самостоятельных выделений и встречается лишь в виде многочисленных вростков в магнетите. Перовскит, в зернах диаметром до 1—3 мм, обычно наблюдается в сочетании с титаномагнетитом, но количественно играет менее значительную роль. Взаимоотношения между титаномагнетитом и перовскитом указывают, что перовскит выделялся в процессе кристаллизации пироксенитовой магмы несколько раньше титаномагнетита. Из рудных минералов, титаномагнетита и перовскита, в незначительных количествах встречаются халькопирит и пирротин.

В некоторых участках пироксениты подверглись интенсивным процессам изменения, выражающихся в глубоко прошедшем замещении первичных минералов пироксенита с образованием за их счет светло-зеленого актинолита, мелкочешуйчатого флогопита и кальцита. Актинолит развивался преимущественно на месте и, повидимому, непосредственно за счет пироксена, а флогопит образовывался преимущественно в соседстве с зернами титаномагнетита. В шлифе флогопит бесцветный или зеленовато-коричневый, иногда же имеет оранжево-красный цвет и аномальную схему абсорбции ( $N_p > N_g$ ), чем напоминает манганофиллит. Мп в нем, однако, качественной пробой нами не обнаружен. Как в прозрачных шлифах, так и в аншлифах можно видеть, что вторичные процессы иногда затрагивают и титаномагнетит. Флогопит и кальцит отлагаются в титаномагнетите по граням включенных в него пластинок ильменита. Иногда можно видеть, что пластины ильменита, будучи лишь частично включены в магнетит, торчат и за его пределами в агрегате актинолита, флогопита и кальцита. Иногда магнетит нацело замещается, и тогда закономерная сетка пластинчатого ильменита оказывается лишенной своего минерала-хозяина и полностью погружена в агрегат вторичных минералов (рис. 1). Все это указывает на избирательное выщелачивание магнетита и на большую устойчивость пластинчатого ильменита. Подобные случаи избирательного растворения магнетита известны (6).

Часто в тех же самых шлифах, в которых наблюдалось растворение магнетита, обнаруживаются самостоятельные изометричные выделения ильменита. Иногда во внутренних частях этих выделений наблюдаются тонкозернистые включения нерудных минералов, преимущественно кальцита. Часто ильменит образует оторочки вокруг зерен перовскита, проникает в глубь его зерен по трещинкам и в значительной степени или полностью их замещает (рис. 1). Изредка, лишь в контакте с кальцитом, этот ильменит обнаруживает правильные кристаллографические очертания. Форма выделения, связь со вторичными минералами, особенно с кальцитом, и, в частности, развитие вдоль контактов с секущими кальцитовыми жилками несомненно указывают на вторичную природу этого ильменита.

На границах перовскита с замещающим его ильменитом в аншлифах иногда можно наблюдать тонкую, неровную, прерывистую каемку (рис. 2), отличающуюся от перовскита более белым цветом и большей отражательной способностью, а также высокой твердостью. В косом освещении вещество каемки выглядит белым или светлосерым, хлопье-

видным. В прозрачных шлифах, сделанных из тех же образцов, видно, что эта каемка сложена каким-то тонкодисперсным мутным веществом, в котором иногда различимы очень мелкие выделения кальцита и ка-

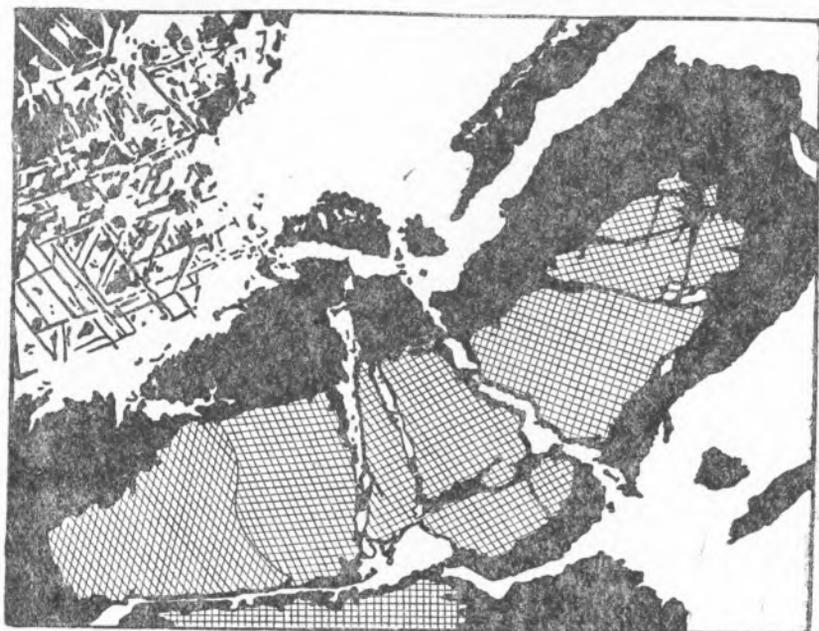


Рис. 1. Зарисовка аншлифа.  $\times 10$ . Заштрихованное — перовскит; черное — вторичный ильменит; белое — вторичные нерудные минералы. В левом верхнем углу — остатки титаномагнетита

кого-то другого ярко двупреломляющего минерала. При максимальных увеличениях удалось рассмотреть, что этот неизвестный минерал иногда образует отчетливые кристаллики обычно прямоугольной формы (в поперечнике не более 0,02—0,05 мм), нарастающие на стенках мельчайших каверн в перовските, выполненных кальцитом.

Высокий показатель преломления (значительно больше 2), одноосность, отрицательный оптический знак, интерференционные цвета II—III порядка, высокая отражательная способность, твердость и кислотоустойчивость позволили прийти к выводу, что в данном случае мы имеем дело с анатазом. Следует заметить, что все описываемые явления, т. е. растворение магнетита, развитие вторичного ильменита и возникновение анатаза, тесно связаны с развитием в пироксените вторичных минералов — актинолита, флогопита и кальци-

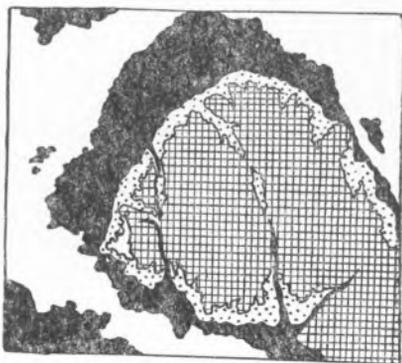


Рис. 2. Зарисовка аншлифа.  $\times 15$ . Заштрихованное — перовскит; черное — вторичный ильменит; белое — нерудные минералы. Каемка между перовскитом и ильменитом — анатаз

та — и обычно наблюдаются в одних и тех же шлифах. В этом отношении был очень показателен один шлиф, где видно, как вдоль зальбандов секущей кальцитовой жилки от титаномагнетита сохранились лишь ильменитовые пластинки, а перовскит почти нацело замещен вторичным ильменитом. Здесь же вдоль границ ильменита с перовскитом

наблюдается и анатаз. На расстоянии 0,5—0,7 см от контакта с кальциевой жилкой сохраняется нормальное сочетание титаномагнетита и перовскита.

Повидимому, все вышеописанные явления связаны с воздействием гидротермальных, вероятно, углекислых растворов, проникавших в некоторые участки рудного пироксенита. Эти растворы воздействовали в первую очередь на пироксен и обычно не затрагивали ни титаномагнетит, ни перовскит. Однако в некоторых случаях их воздействию подвергались и эти минералы, причем происходило избирательное растворение магнетита, а ильменит большей частью сохранялся как более устойчивый. В то же время по перовскиту развивались новообразования ильменита, а освобождавшийся при этом кальций, видимо, связываясь с углекислотой, давая кальцит. Схематически последний процесс можно представить следующей реакцией:  $Fe_3O_4 + 3CaTiO_3 + 3H_2CO_3 = 3FeTiO_3 + 3CaCO_3 + 3H_2O + O$ . Однако не исключена возможность, что на образование ильменита расходовалось только закисное железо, а окисное шло на образование слюды, которая всегда наблюдается тут же.

Тесная связь ильменитизации перовскита и растворения магнетита и локальность этих явлений позволяют предположить, что возникновение данных процессов шло не без участия электролитического взаимодействия между этими минералами при содействии углекислоты как электролита. Повидимому, этот процесс происходил лишь при благоприятном сочетании титаномагнетита и перовскита с малыми количествами пироксена, т. е. в таких условиях, когда растворы не могли быть нейтрализованы кальцием, извлекаемым из пироксена, и начинали воздействовать и на другие, более устойчивые минералы. Появление анатаза, часто сопровождающее ильменитизацию перовскита, очевидно, происходило в тех случаях, когда в поступающих растворах не хватало ионов железа для связывания в ильменит всей  $TiO_2$ , освобождавшейся при разрушении перовскита. Такое нарушение баланса между железом и титаном, возможно, происходило в те моменты, когда вокруг зерен перовскита уже образовались плотные каймы ильменита, препятствовавшие поступлению железа в количествах, достаточных для дальнейшего образования ильменита. Выпадение анатаза всегда сопровождалось образованием небольших количеств кальцита.

Обобщая все вышеизложенное, можно сказать, что в пироксенитах Вуориярви, наряду с обычным пластинчатым ильменитом, образовавшимся вследствие распада титаномагнетита, в некоторых случаях наблюдается иной, значительно более поздний, вторичный ильменит, возникший в результате ильменитизации перовскита. При этом железо, необходимое для ильменитизации перовскита, получалось преимущественно за счет растворения магнетита.

В заключение можно отметить, что описанное явление указывает на относительно большую подвижность (4) железа по сравнению с титаном.

Ленинградский государственный университет  
им. А. А. Жданова

Поступило  
16 II 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Э. М. Бонштедт, Перовскит, Мин. союза, сер. А, в. 5 (1935). 2 Э. М. Бонштедт, Титанит, Мин. союза, сер. А, в. 3 (1934). 3 П. В. Еремеев, Зап. Мин. об-ва, 29 (1892). 4 Д. С. Коржинский, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1936). 5 P. Ramdohr, Abh. Preuss. Akad. d. Wissensch., No. 14 (1939). 6 H. Schneiderhöhn u. P. Ramdohr, Lehrbuch der Erzmikroskopie, 2, 1931.