Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института, том XXVII, вып. II, 1952 г.

ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЕГМАТИТОВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Канд. геолого-мин. наук *С. А. Руденко*

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время развернулась дискуссия относительно генезиса пегматитов.

Начало этой дискуссии было положено еще Д. С. Коржинским [9] в 1937 г. В 1944 г. А. Н. Заварицкий [6] показал несостоятельность физико-химического обоснования пегматитового процесса, предложенного Фохтом и Ниггли и принятого А. Е. Ферсманом [16].

Позже, в 1947 г., он же выдвинул новую теорию генезиса пегматитов, противоречащую представлению о том, что пегматиты являются продуктом прямой кристаллизации остаточного расплава (теория А. Е. Ферсмана).

Согласно А. Н. Заварицкому [7], основные структурные особенности пегматитов создаются в результате перекристаллизации тех или иных изверженных горных пород.

Далее, В. Д. Никитин [11], [12], занимавшийся исследованием керамических и слюдяных пегматитов (1946—1951 гг.), на основании детального анализа соотношений между отдельными минералами и структурными составляющими пегматитов разработал представления о генезисе пегматитов данного конкретного типа, согласующиеся, в основном, с теорией А. Н. Заварицкого.

Однако требуется еще много усилий для того, чтобы более полно разрешить вопросы, касающиеся установления всех особенностей тех превращений, которые претерпевают как месторождения в целом, так и отдельные минералы, их слагающие, на протяжении сложного и длительного процесса формирования пегматитов.

В настоящей статье освещаются основные особенности эволюции полевых шпатов керамических пегматитов Южной Карелии.

I. ПЕГМАТИТЫ

1. Общее описание

Работами последних лет в пределах Южной Карелии было установлено шесть периодов пегматитообразования и соответственно шесть возрастных групп пегматитов [11].

Среди последних особенно широко распространены и представляют наибольший интерес с геологической точки зрения пегматиты третьего постладожского периода образования (пятая возрастная группа), вследствие чего преимущественно им и будет ниже уделено внимание.

Касаясь текстурных особенностей пегматитов третьего постладожского периода образования, отметим резкое преобладание в количественном отношении тел и жил недифференцированного типа, тогда как жилы дифференцированного (и полудифференцированного) типов встречены лишь в нескольких случаях.

Минеральный состав (в особенности пегматитов недифференцированного типа) прост и приближается к гранитному. Таким образом, главными минералами в них являются полевые шпаты (микроклин и плагиоклаз) и кварц. Постоянно присутствуют слюды и гранат, причем из слюд преобладает то мусковит, то биотит (чаще последний).

Довольно часто встречаются турмалин, апатит, магнетит и пирит, а иногда и некоторые другие минералы класса сульфидов и окислов.

Структурные особенности пегматитовых тел этого возраста, определяющиеся характером соотношений главных минеральных составляющих, были в свое время охарактеризованы В. Д. Никитиным (1949 г.), который выделил следующие структурные разности:

1. Аплитовая структура. Мелко- и среднезернистые разности с типичной под микроскопом аллотриоморфнозернистой структурой (характерной для обычных аплитов).

2. Пегматит-гранитная структура. Разности, близкие к неравномернозернистым гранитам, в которых, однако, участками встречаются мономинеральные выделения кварца и полевого шпата, достигающие 3—5 *см*. Кварц и полевой шпат нередко находятся в письменном срастании. Под микроскопом структура этих разностей переходная от аллотриоморфнозернистой гипидиоморфнозернистой.

3. Гранит-пегматитовая структура. Разности, имеющие такую структуру, прежде всего характерны чрезвычайной неравномернозернистостью. Наряду с мелкозернистой массой (аплитовой и пегматит-гранитной структур) присутствуют в значительном количестве крупные (до 15—20 *см*) выделения кварца и полевого шпата (микроклина и плагиоклаза) как мономинеральные, так и в письменном срастании.

4. Письменная структура. Разности, почти целиком сложенные крупными и гигантокристаллическими выделениями полевых шпатов в письменном срастании с кварцем.

5. Блоковая структура. Разности, почти целиком сложенные крупными мономинеральными выделениями полевых шпатов. Однако на общем фоне такой структуры местами могут встретиться и гнездовые выделения кварца.

6. Пегматоидная структура. Участки пегматита с крупно- и гигантокристаллическими мономинеральными выделениями кварца и полевых шпатов, в которых полевым шпатам присуще правильное ограненне.

Из самого описания структур можно заключить, что между ними нельзя провести резкой границы, так как в пегматитовых телах как раз и наблюдаются постепенные переходы от одних структур к другим[1].

На рис. 1 приведена схематическая поперечная структурная зарисовка одной из дифференцированных жил, на которой отчетливо выделяются закономерно сменяющиеся зоны пегматита различной структуры.

---

[1] Так, например, отчетливо выделяются переходные разности между пегматитом письменной структуры и пегматитом блоко-структуры. Такой переход, связанный с сегрегацией кварца ихиоглипт, сначала в отдельные обособления внутри зерен полевых шпатов, а затем и в более крупные, располагающиеся между зернами полевых шпатов, приводит к возникновению упомянутых переходных разностей, названных В. Д. Никитиным в последнее время пегматитом сегрегационной структуры.

К изложенному следует добавить, что пегматиты этого возраста бывают представлены как маломощными жилами (0,3—0,5 *м*), так и более крупными телами. Залегают они как в толще нижнеархейских гранито-гнейсов, так в толще верхнеархейских слюдяных и рогово-обманковых сланцев.

2. Генезис пегматитов

Процесс формирования пегматитов третьего постладожского периода образования характеризуется, согласно В. Д. Никитину, следующими основными стадиями.

1. Кристаллизация штокообразных или межпластовых интрузивных тел или жил, выполняющих трещины, с образованием пород типа гранитаплита или неравномернозернистого гранита.

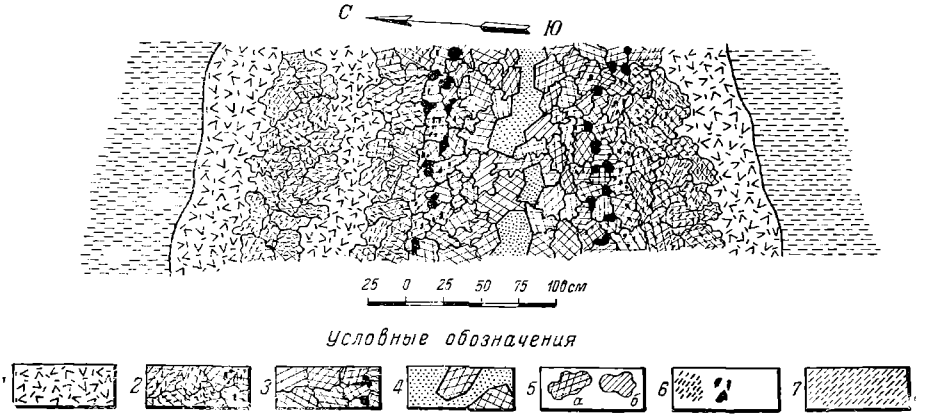


Рис. 1. Схематическая поперечная структурная зарисовка пегматитовой жилы:

1 — пегматит гранит-пегматитовой структуры; *2* — пегматит письменной структуры; *3* — пегматит блоковой структуры; *4* — пегматит пегматоидной структуры; *5* — полевые шпаты: *а* — микроклин; *б* — плагиоклаз; *6* — кварц; *7* — ортоамфиболит

2. Перекристаллизация этой породы под воздействием постмагматических растворов и частично растворов, находящихся в межгранулярных пространствах, приуроченная к определенным направлениям (зонам) в теле пегматита (прототектоническая трещиноватость и т. п.) На этой стадии перекристаллизации перемещение материала сравнительно небольшое. Сегрегация кварца и полевых шпатов (микроклин, олигоклаз) нередко сопровождается их совместным ростом.

При этом образуются письменные структуры обычного типа, т. е. такие, в которых ориентировка атомных структур кварца и полевых шпатов всегда закономерна (письменные структуры перекристаллизации). Одновременность роста кварца и полевых шпатов подтверждается наличием индукционных граней на поверхности ихтиоглипт.

Пространственная ориентировка самих ихтиоглипт также закономерна, но часто не однозначна даже в одном и том же монокристалле полевого шпата.

3. Вторая стадия перекристаллизации. Процесс перекристаллизации протекает с более интенсивным перемещением вещества. Возникают письменные структуры второго рода (сегрегационные). Они образуются в основном за счет сегрегации кварца ихтиоглипт письменных

структур первого рода и встречаются не повсеместно, а приурочены чаще к системе былых трещинок в кристаллах полевого шпата.

В отличие от письменных структур перекристаллизации, в сегрегационных структурах закон эпитаксической ориентировки кварца и полевых шпатов не всегда сохраняется.

Кварцевые вростки этого типа обычно не имеют на своей поверхности индукционных граней, так как образуются большей частью путем замещения полевого шпата кварцем. На этой же стадии иногда образуется листоватый мусковит (1-я генерация).

4. Третья стадия перекристаллизации. Процесс перекристаллизации протекает особенно интенсивно. Сегрегация кварца и полевых шпатов идет вплоть до образования пегматоидных структур. Однако валовой состав таких зональных участков, как это подтверждено соответствующими цифровыми данными, почти тождественен составу первичных пород, что и позволило рассматривать этот процесс как процесс перекристаллизации.

5. Метасоматическая стадия. Происходит альбитизация микроклина. Далее, замещая кварц-полевошпатовую массу (особенно полевой шпат), развивается таблитчатый и листоватый биотит, таблитчатый, листоватый и перистый мусковит, реже апатит (магнезиально-железистый метасоматоз). Позже образуется хлорит (по биотиту), гранат, магнетит, ильменит, сфен, пирит, халькопирит и др. (гранатово-рудный метасоматоз).

Метасоматическая стадия завершается образованием кварц-серицитовых жилок.

II. ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ

1. Данные предыдущих исследований

Вплоть до 1945 г. полевые шпаты пегматитовых жил, равно как и сами жилы, не подвергались сколь-нибудь пристальному изучению. Более обстоятельные данные появились, естественно, когда началось изучение самих жил.

Так, В. Д. Никитиным (1946 г.) отмечена ошибка иностранных геологов (О. Трюстедта и др.), которые все полевые шпаты мясокрасного цвета относили к калиевым, хотя в жилах нередко встречаются и плагиоклазы такой окраски.

В работах В. Д. Никитина и др. дано общее описание полевых шпатов, которые представлены микроклином, олигоклазом и альбитом, показано изменение формы зерен полевых шпатов в ходе формирования пегматитов, установлены морфолого-генетические особенности письменных прорастаний олигоклаза и микроклина с кварцем и т. д.

Он же выделил несколько генераций альбита: а) альбит пертитовых вростков в микроклине; б) альбит, замещающий в виде каемок или прожилков микроклин и олигоклаз; в) альбит вместе с кварцем, замещающий микроклин по трещинам в виде неравномернозернистого агрегата; г) альбит вместе с мелколистоватым мусковитом и кварцем, замещающий микроклин на поверхности крупных трещин.

Таким образом, В. Д. Никитиным намечена основная канва эволюции полевых шпатов в ходе пегматитового процесса.

2. О методике работы

Для решения поставленной задачи специально отбирались образцы полевых шпатов из участков пегматитовых тел, имеющих разное строе-

ние, е. образовавшихся, повидимому, на разных стадиях процесса развития пегматитов.

При этом иногда отбиралось по несколько образцов из различных участков одного и того же индивида полевого шпата с тем расчетом, чтобы охарактеризовать как взаимные отношения этого индивида с соседними, так и особенности его внутреннего строения.

Широко использовалась способность полевых шпатов раскалываться по двум плоскостям спайности — (001) и (010), что дало возможность легко изготовлять ориентированные шлифы. Это способствовало установлению морфологических особенностей пертитовых сростаний полевых шпатов, зачастую облегчало определение их оптической ориентировки, а номера плагиоклазов нередко определялись по углам погасания в сечении (010) без помощи универсального столика Федорова, что было особенно удобно в применении к плагиоклазам мелких пертитовых вростков.

Количественное определение содержания вростков альбита в пертитах и вростков микроклина в антипертитах производилось под микроскопом путем подсчета при помощи линейного или квадратно-сетчатого окуляр-микрометра как в сечениях по (001), так и по (010).

Подсчет производился по всей площади шлифа, причем число отсчетов в зависимости от размера шлифа и размера вростков менялось, не снижаясь, обычно, ниже 100.

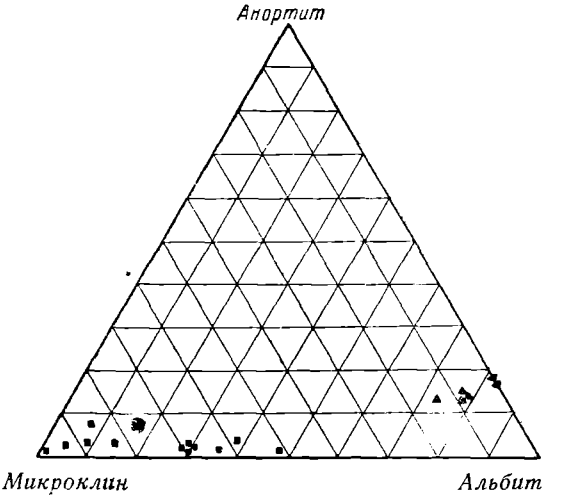


Рис. 2. Диаграмма состава полевых шпатов из пегматитов третьего постладожского периода образования (по материалам В. Д. Никитина и С. А. Руденко)

3. Общее описание

Основу полевошпатовой части пегматитов слагают микроклин и олигоклаз, причем количественные соотношения между ними различны.

При изучении более крупных пегматитовых тел было установлено, что в них, как правило, преобладает микроклин и только в призальбандовых частях — плагиоклаз. Среди маломощных жил иногда встречаются и плагиоклазовые.

Химический состав микроклина (рис. 2) изменяется в довольно широких пределах. Почти всегда микроклин содержит пертитовые вростки. Окраска микроклина тесно связана с характером вмещающих пегматитовые жилы пород. Она меняется от темной розово-красной до белой. В некоторых жилах встречаются отдельные выделения микроклина синевато-серого и синего цвета. Нередко такая окраска наблюдается лишь в отдельных участках индивидов. Намечается некоторая зависимость между интенсивностью окраски и содержанием окислов железа в микроклине. Белые микроклины содержат мало этих окислов, а розово-красные

значительно больше. При прокаливании розово-красных микроклинов окраска исчезает.

Для микроклина из пегматитов Северной Карелии Л. Л. Солодовникова связывает изменение его окраски от белой к розовой с укрупнением размера пертитовых вростков. Наши наблюдения показывают, что укрупнение вростков ведет лишь к уменьшению прозрачности в тонких пластинках. Встречаются как нерешетчатые, так и решетчатые микроклины. Помимо полисинтетических двойников, встречаются, правда очень редко, простые двойники микроклина по закону $\perp (1\bar{3}0)$ ($BNg = 45°$, $BNp = 48°$, $BNm = 79°$).

Основные оптические свойства микроклина следующие: угол между $\perp (001)$ и Nm составляет 14—16° Угол оптических осей меняется от — 84 до — 88° (замеры по выходу обеих оптических осей).

Хорошо ограненные кристаллы микроклина встречаются крайне редко. Ограненные кристаллы олигоклаза встречаются еще реже. Они приурочены, как и кристаллы микроклина, к зонам пегматоидных структур, причем имеют лишь неполное ограничение, так что судить о форме кристаллов не представляется возможным.

Окраска плагиоклаза обычно более светлая, чем микроклина. Однако нередки случаи интенсивной окраски его, и при отсутствии заметной на глаз двойниковой штриховки отличить эти два минерала макроскопически тогда невозможно.

Состав олигоклаза, судя по химическим анализам (рис. 2), замерам на федоровском столике и замерам углов погасания в сечении (010) меняется по номенклатуре Е. С. Федорова от 9 до 20 номеров.

В большинстве случаев олигоклазы полисинтетически сдвойникованы по альбитовому и карлсбадскому законам.

Значительно менее распространены периклиновый закон и закон первой оси. Угол оптических осей меняется от + 78 до — 86°. Некоторые кристаллы обнаруживают зональность, причем разница в основности между центром и периферией (периферия более кислая) достигает 3—5 номеров. Среди олигоклазов довольно широко распространены антипертиты.

Альбит всех упомянутых выше генераций чаще монокристален, хотя нередко образует двойники по альбитовому закону. Встречается периклиновый закон двойникования, правда, лишь совместно с альбитовым и исключительно у альбита грубых пертитовых вростков в микроклине.

Вторичные изменения, не считая альбитизации, затрагивают различные полевые шпаты в разной степени. Меньше всего им подвержен микроклин, который бывает слабо пелитизирован, а иногда и слабо серицитизирован. В некоторых случаях по трещинам раскола в микроклине развивается жильбертит.

Напротив, олигоклаз очень часто бывает серицитизирован и пелитизирован, особенно в жилах дифференцированного типа.

Только в одном из шлифов был встречен развивающийся по олигоклазу цоизит. Некоторые кристаллы олигоклаза заключают мелкие листочки мусковита и зернышки кальцита.

По-разному изменен и альбит разных генераций. Альбит пертитовых вростков в микроклине, и в особенности грубых, нередко пелитизирован или серицитизирован. При этом интенсивно изменяются более основные центральные части встречающихся иногда зональных вростков. Значительно реже бывает изменен альбит кварцевых альбититов. Альбит, замещающий микроклин или олигоклаз, с периферии или по трещинам, а также альбит, замещающий микроклины вместе с кварцем и мусковитом, почти совсем не обнаруживает изменений.

После такого общего описания полевых шпатов можно было бы перейти к описанию особенностей полевых шпатов из участков пегматита разных структур. Однако для удобства изложения прежде придется рассмотреть основные черты пертитовых срастаний полевых шпатов.

4. Основные черты морфологии, генезиса и других особенностей пертитовых срастаний

Пертиты. Общий просмотр собранного материала показал, что из полевых шпатов микроклину особенно присуще образовывать различного рода срастания.

При просмотре были подмечены некоторые морфологические и генетические особенности этих срастаний. Прежде всего встал вопрос о форме пертитовых вростков, о чем в литературе имеются самые различные указания.

Одни считают, что это образования преимущественно плоскостные, т. е. пластинчатые. Большинство полагает, что, помимо пластинчатых, существуют тела, вытянутые в одном направлении, — стебли; волокна, залегающие в плоскости (010) микроклина и ориентированные под некоторым углом к спайности по (001); волокна, которые залегают в плоскости (010) микроклина и вытянуты при этом параллельно (801); шнуры, вытянутые параллельно оси z кристаллов микроклина, т. д.

Таким образом, в конечном счете нужно было решить вопрос о том, являются ли пертитовые вростки телами пластинчатыми или телами, развитыми преимущественно в линейном направлении, или, наконец, имеют ли они и ту и другую форму. В своем кратком сообщении [14] мы уже приводили аргументы, доказывающие пластинчатую (плоскостную) форму пертитовых вростков. Там же было указано на закономерную пространственную ориентировку этих пластинок. Такой вывод был сделан на основании сравнительно небольшого числа наблюдений. Обработка всего собранного материала, а также просмотр пертитов из других месторождений лишь подтвердили правильность этого вывода. Вместе с тем, обратили на себя внимание вростки альбита совершенно неправильной, или близкой к изометричной, формы. Во многих шлифах было обнаружено, что такие вростки присутствуют наряду с пластинчатыми.

Сонахождение различных в морфологическом отношении вростков указывает, повидимому, на разновременность их образования, так как трудно себе представить, чтобы вростки различной формы могли образовываться одним и тем же способом и в одних и тех же физико-химических условиях.

Естественным, поэтому, было попытаться установить взаимоотношения между этими вростками, т. е. обратиться к эволюции пертитов.

Количественная сторона процесса эволюции пертитов известна уже давно и сводится, по Г. Л. Оллингу [13], к переходу от монокристального калинатрового полевого шпата к микропертиту, затем криптопертиту и, наконец, к полному обособлению калиевого полевого шпата и альбита. Нерешенным остается вопрос о том, как со временем меняется форма и размер вростков.

Однако прежде чем рассмотреть, как протекает этот процесс, придется обратиться к пространственной ориентировке вростков.

Общеизвестно, что, помимо закономерной взаимной ориентировки атомных структур альбита вростков и калиевого полевого шпата «хозяина», довольно часто закономерно и пространственное положение самих (пластинчатых, а не изометричных) вростков.

О том, что пространственно вростки приурочены к мурчисонитовой отдельности, к плоскостям первого, второго и третьего пинакоидов, а также к плоскостям ($\bar{1}10$), указывали А. Н. Заварицкий [5], О. Андерсен [17], Г. Оллинг [13], Г. Эберт [18] и другие исследователи.

Вместе с тем, отсутствие точных указаний относительно формы вростков или стремление приписать этим вросткам игольчатую, волокнистую или шнуровидную форму, вносило неясность в этот вопрос.

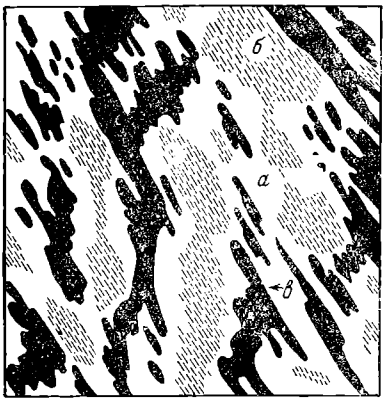


Рис. 3. Переход пертитовых вростков первого рода в пластинчатые вростки второго рода путем сегрегации альбита:

а — микроклин; *б* — вростки первого рода; *в* — вростки второго рода

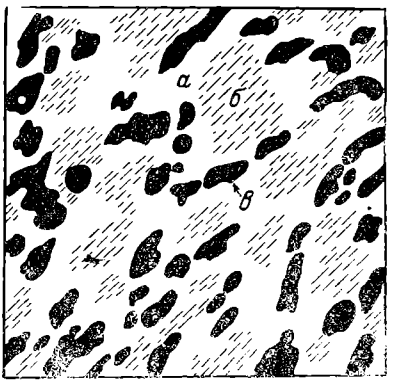


Рис. 4. Переход пертитовых вростков первого рода в изометричны вростки второго рода путем сегрегации альбита:

а — микроклин; *б* — вростки первого рода; *в* — вростки второго рода

Просмотр микрофотографий в перечисленных выше работах привел нас к заключению, что не только в полевых шпатах из южно-карельских пегматитов, но и вообще пертитовые вростки, закономерно пространственно ориентированные, имеют пластинчатую форму.

Возвращаясь к процессу эволюции пертитов, одновременно можно сформулировать и те наиболее распространенные законы, которым подчиняется пространственное положение вростков.

Во многих шлифах видно, что сегрегация альбитового вещества протекает от более мелких вростков к более крупным. Этот процесс шел двумя путями.

В одном случае крипто- и микропертиты, всегда имеющие пластинчатую форму (ниже условно называемые пертитами первого рода), переходят (рис. 3) в пластинчатые же пертиты, но значительно более крупного (микро- и макропертиты) размера (называемые условно пластинчатыми пертитами второго рода). В других случаях пертиты первого рода переходят (рис. 4) в образования изометричной или неправильной формы (изометричные пертиты второго рода).

Пространственное положение вростков первого рода во всех исследованных шлифах было однозначно, они совпадали с плоскостью мурчисонитовой отдельности (рис. 5, *I*). Пластинчатые вростки второго рода

ориентированы различно. Чаще они совпадают с ориентировкой пертитов первого рода (рис 5, *I*). Иногда они ориентированы параллельно (100) (рис. 5, *II*) и, наконец, довольно часты случаи, когда они располагаются параллельно (110) (рис. 5, *IV*).

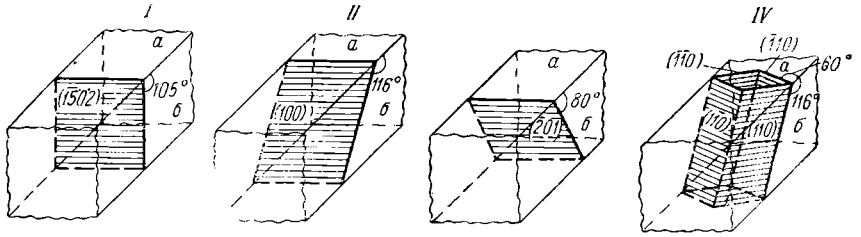


Рис. 5. Пространственное положение пертитовых вростков второго рода (пластинчатых) в спайном выколке микроклина:

II — закон (100); *III* — закон (201); *IV* — закон $(\overline{\pm}110)$; *а* — третий пинакоид (001); *б* — второй пинакоид (010)

Особенно хорошо закон $(\overline{\pm}110)$ иллюстрируется микрофотографиями, представленными на рис. 6, 7, которые заимствованы нами у С. Гольдиша и И. Кинзера [19]. Еще реже вростки ориентированы по (201) (рис. 5, *III*).

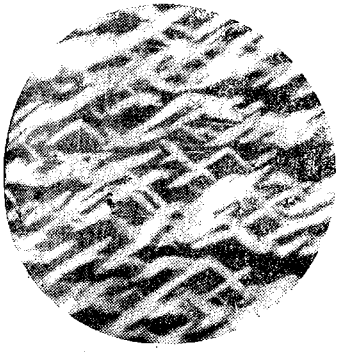


Рис. 6. Микроклин-пертит. Плоскость шлифа параллельна (001) Николи $+\times 33$ (из работы С. Гольдиша и И. Кинзера).

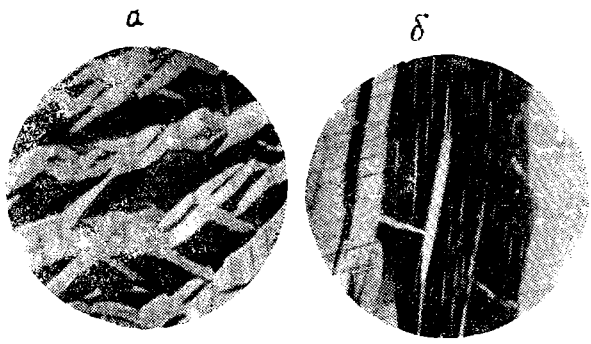


Рис. 7. Микроклин-пертит:

а — плоскость шлифа параллельна (001); *б* — плоскость шлифа параллельна (010). Ориентировка вростков по закону $(\overline{\pm}110)$. Николи $+\times 66$ (из работы С. Гольдиша и И. Кинзера)

Наконец, в некоторых шлифах, причем лишь в отдельных участочках их, в сечениях, параллельных (010), были обнаружены вростки, вытянутые в направлении (001) Иногда такие вростки отклоняются от этого направления до 10, а в отдельных случаях до 20° Эти вростки часто формировались за счет сегрегации вростков первого рода, но нередко они пересекают вростки, ориентированные по закону $(\overline{1}5.0.2)$

Иногда такие вростки встречаются не самостоятельно, а представляют собой «отпрыски» от вростков второго рода, ориентированных по $(\overline{1}5.0.2)$, (100) или $(\overline{\pm}110)$, причем ориентируются они или точно по (001), или нормально к вросткам, от которых они отходят. Словом, как уже говорилось, они могут отклоняться от положения, параллельного плоскости (001), до 20°.

В заключение необходимо подчеркнуть, что, помимо упомянутых закономерно ориентированных вростков второго рода и вростков изо-

метричных, нередко встречаются вростки, не подчиняющиеся этим законам ориентировки, а имеющие самую различную ориентировку и различную форму. Возникновение вростков подобного характера связано, повидимому, с возможностью взаимного перехода как между закономерно, но различно ориентированными пластинчатыми вростками, так и между пластинчатыми и изометричными.

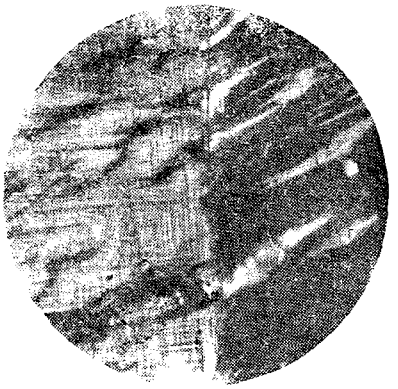


Рис. 8. Пертитовые вростки сегрегационно-метасоматического типа переходят из одного зерна микроклина в другое. Николи +. × 40

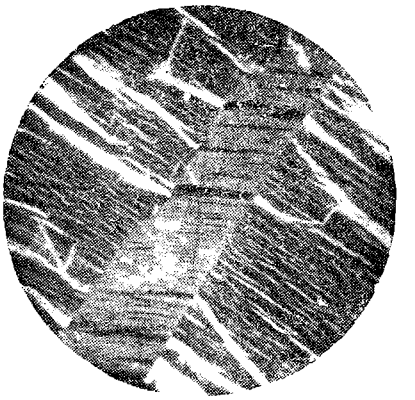


Рис. 9. Пертитовые вростки сегрегационно-метасоматического типа переходят из одного индивида двойника микроклина (закон двойникования [130] в другой, отличие от пертитовых вростков распада, которые располагаются в пределах отдельных индивидов двойника. Николи +. × 40

Возникает другой вопрос: все ли вростки второго рода являются чисто сегрегационными, не могут ли они образоваться метасоматическим путем?

В литературе нередко указывается, что грубые «жилковатые» вростки являются метасоматическими.

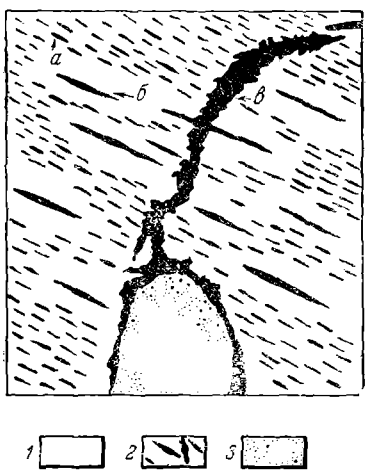


Рис. 10. Пертитовые вростки трех генераций в микроклине:
а — мелкие вростки первого рода; *б* — сегрегационные вростки; *в* — метасоматическая жилка

Реальным доказательством этого может служить пересечение пертитовыми вростками стыков смежных зерен микроклина (рис. 8) или двойниковых швов двойников микроклина (рис. 9).

Как и следовало ожидать, при переходе из одного индивида в другой, пертитовые вростки меняют свою оптическую ориентировку (равно ориентировку атомной структуры).

Наконец, метасоматические вростки могут проходить по контакту между зернами микроклина или пересекать пертиты первого рода и сегрегационные пертиты второго рода (рис. 10).

Интересно, что в одних случаях пертитовые вростки первого рода сегрегируют вокруг метасоматических вростков и, таким образом, альбит пертитовых вростков не столько привнесенный, сколько сегрегировавший на месте. В более редких случаях такой сегрегации совер-

шенно не наблюдается (рис. 10, третья генерация), так что альбит здесь, повидимому, привнесенный [1].

В результате вростки второго рода можно подразделить на сегрегационные, сегрегационно-метасоматические и метасоматические. Последние два типа вростков могут быть приурочены к бывшим трещинкам в калиевом полевом шпате, возникшим или в результате термического сжатия, или в результате имевших место тектонических проявлений при формировании пегматитов, что в некоторых шлифах достаточно хорошо видно.

Однако, имея в виду, что калиевые полевые шпаты иногда довольно интенсивно насыщены такими вростками, трудно допустить, что только трещинки определяют их присутствие, так как в этом случае полевые шпаты должны были бы быть сплошь расколоты на трещины.

Гораздо реальнее допустить, что образование метасоматических и главным образом сегрегационно-метасоматических пертитов связано с присутствием в калиевом полевом шпате пертитов первого рода, что создает своего рода анизотропию, т. е. наличие зародышей, от которых идет разрастание. Быть может, с поверхностью контакта вростков первого рода и калиевого полевого шпата «хозяина» просто связаны те направления, по которым облегчено поступление растворов. Тот факт, что вростки сегрегационно-метасоматического происхождения ориентированы чаще всего по закону (15.0.2), определенным образом подтверждает это обстоятельство.

Наконец, сегрегационно-метасоматические и метасоматические вростки могли образоваться просто за счет диффузии соответствующих ионов, сквозь решетку полевого шпата, если принять во внимание, что свободное междуионное пространство в кристаллической решетке полевых шпатов, по данным Бражникова (заимствовано у Н. И. Наковника [10]), составляет 50%. Таким явлениям диффузии сквозь кристаллическую решетку последнее время уделяется значительно больше внимания.

Остается решить вопрос о генезисе вростков первого рода.

Можно было бы считать, что они или эвтектического происхождения, или являются продуктом распада твердого раствора. Первое предположение маловероятно, так как при одновременной (эвтектической) кристаллизации калишпата и альбита вростки альбита должны были бы быть ориентированы в какой-то мере по направлениям нарастания граней растущего кристалла калишпата, чего не наблюдается в наших шлифах и образцах.

Упомянем, что и химический состав кали-натриевых полевых шпатов далек от эвтектического состава. Вместе с тем, как это отчасти видно из микрофотографий, приведенных на рис. 11, 12, 13, в наших кали-натриевых полевых шпатах наблюдаются все постепенные переходы от крипто-пертитов к микро-пертитам первого рода и поэтому нет никакого основания отвергать второе предположение. Оно подтверждается и экспериментами, показывающими, что при охлаждении гомогенных кали-натриевых полевых шпатов происходит распад, а при нагревании пертитов — гомогенизация.

Таким образом, пертиты первого рода являются пертитами распада.

Ниже кратко суммируются изложенные выше особенности, характеризующие генезис пертитов с учетом тех примечаний, которые имеются при микрофотографиях.

---

[1] Выражение «привнесенный альбит» употреблено не совсем точно, так как в сущности привносятся только ионы Na с одновременным выносом ионов K.

Для пертитов распада (крипто-пертитов и микро-пертитов) характерно следующее: 1) пластинчатая форма вростков; 2) закономерная пространственная ориентировка вростков, отвечающая положению плоскости $(\bar{1}5.0.2)$; 3) пертитовые вростки не могут переходить из одного индивида калиевого полевого шпата в другой.

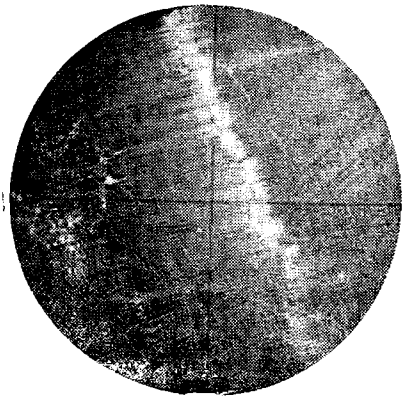


Рис. 11. Микроклин крипто-пертит. По сети тонких трещин сегрегация альбита в мелкие изометричные вростки. Николи -|-. × 40

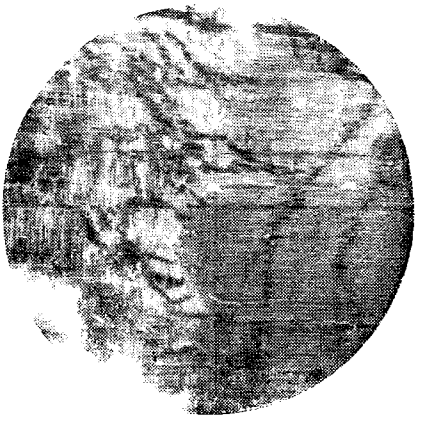


Рис. 12. Микроклин-пертит нерешетчатого строения (правая половина) приобретает решетчатое строение по мере укрупнения вростков (левая половина). Плоскость шлифа параллельна (001). Николи +. × 15

Сегрегационные пертиты[1] (микро-пертиты и макро-пертиты) имеют несколько иные особенности: 1) пластинчатую, неправильную или изометричную форму вростков; 2) закономерную пространственную ориентировку пластинчатых вростков по законам $(\bar{1}5.0.2)$ (наиболее частый), (100), (110), $(\bar{2}01)$ и др.; 3) пертитовые вростки, как правило, не переходят из одного индивида калиевого полевого шпата в другой и не пересекают пертитовые вростки распада.

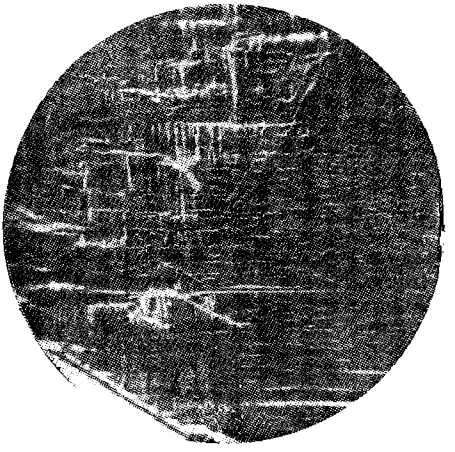


Рис. 13. Появление решетчатого строения у микроклина (установлен на погасание), связанное с сегрегацией мелких вростков в более крупные. Плоскость шлифа параллельна (001). Николи +. × 40

Для сегрегационно-метасоматических пертитов (микро-пертитов и макро-пертитов) характерно: 1) пластинчатая неправильная или изометричная форма вростков; 2) закономерная пространственная ориентировка пластинчатых вростков по тем же законам, как и в случае сегрегационных пертитов; 3) пертитовые вростки могут пересекать пертитовые вростки распада и сегрегационные; 4) пертитовые вростки могут переходить из одного индивида калиевого полевого шпата в другой.

[1] Строго говоря, и пертиты распада являются сегрегационными.

Наконец, для метасоматических пертитов (микро-пертитов и макропертитов) характерно следующее: 1) неправильная, реже пластинчатая форма вростков, обычно обусловленная формой трещин раскола, вдоль которых вростки развиваются; 2) пертитовые вростки могут пересекать пертитовые вростки распада, сегрегационные и сегрегационно-метасоматические; 3) пертитовые вростки могут переходить из одного индивида калиевого полевого шпата в другой [1].

Условное наименование пертитовых вростков разного размера приведено в табл. 1.

Таблица

Название пертита	Размер вростков (толщина пластинчатых или диаметр изометричных вростков)	Наименование вростков
Субкриптопертит	Наличие вростков устанавливается только при помощи рентген-анализа	
Криптопертит	Факт прорастания виден под микроскопом, однако вростки так мелки, что не могут быть различимы в отдельности	
Микропертит	От 0,001 до 0,005 *мм* От 0,005 до 0,01 *мм* От 0,01 до 0,10 *мм*	Мелкие Средние Крупные
Макропертит	От 0,1 до 0,35 *мм* $>$ 0,35 *мм*	Грубые Очень грубые

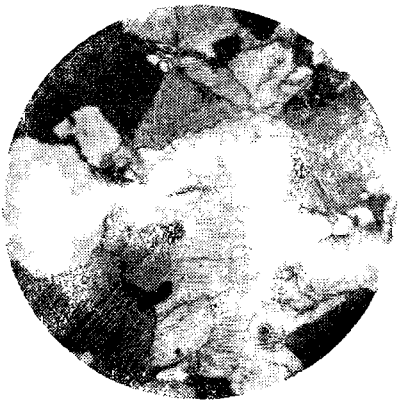


Рис. 14. Гранито-гнейс. Пертитовы вростки распада (закон ориентировки ($\bar{1}$5.0.2) не переходят из одного зерна микроклина в другое, смежное. Николи +. × 25

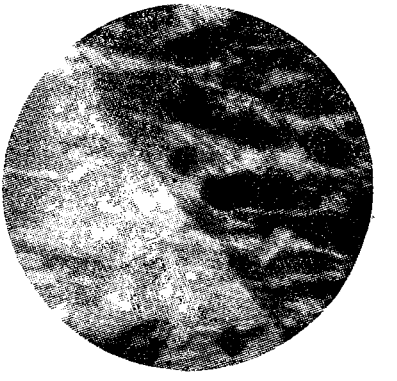


Рис. 15. Сегрегационно-метасоматические пертитовые вростки переходят из одного индивида микроклина (микроклин из порфировидного гранита) в другой. Николи +. × 40

Перечисленные критерии для отличия различных по генезису пертитовых вростков применимы для полевых шпатов не только пегматитов, но и других горных пород (рис. 14 и 15).

Антипертиты. Не рассматривая проблему образования антипертитов пегматитов в целом, что по некоторым соображениям целесообразнее сделать при рассмотрении полевых шпатов из различных структурных составляющих, перечислим лишь представления некоторых авторов о способе образования антипертитов гранитных пегматитов.

1. Антипертиты образуются в результате одновременной ритмической кристаллизации плагиоклаза и микроклина (О. Андерсен [17]).

2. Антипертиты могут возникнуть в результате одновременной ритмической кристаллизации плагиоклаза и микроклина, но значительная часть их возникает в результате распада твердого раствора (А. К. Болдырев [1])

3. Антипертиты (из пегматитов Мамского района) возникают в результате замещения микроклина олигоклазом (К. Н. Вендланд [3]).

4. Антипертиты (из пегматитов Северной Карелии) с крупными врастками микроклина возникают в результате замещения плагиоклаза (олигоклаза) микроклином. Обратные соотношения могут быть только тогда, когда микроклин замещается не олигоклазом, а альбитом. Антипертиты с очень мелкими врастками микроклина образуются за счет распада твердого раствора (Г Н. Бунтин).

Отдавая себе отчет в том, что антипертиты вообще могут, несомненно, возникать различными способами, мы обратим больше внимания лишь на тот тип антипертитов, в котором включающим минералом является олигоклаз (и в котором, отметим, кстати, у олигоклаза и микроклина спайность по (001) и (010) совпадает), так как именно эти антипертиты наиболее широко распространены в наших (и других) пегматитах.

При предварительном просмотре шлифов сложилось впечатление, что процесс формирования антипертитов этого типа внешне выглядит как процесс замещения микроклином олигоклаза.

Плагиоклаз-изопертиты. Термин «плагиоклаз-изопертиты» был предложен М. А. Усовым для таких срастаний, которые присущи лишь основным плагиоклазам (лабрадор), в которых, повидимому, плагиоклаз несколько более основного состава заключал мелкие, закономерно ориентированные вростки плагиоклаза более кислого состава. Нам кажется целесообразным расширить это понятие, т. е. разуметь под термином «изопертит» вообще закономерное срастание двух одноименных полевых шпатов, а под термином «плагиоклаз-изопертит» — закономерное срастание двух плагиоклазов любого состава.

Ниже рассматриваются срастания плагиоклазов кислого состава.

5. Полевые шпаты из участков аплитовой структуры

Аплиты из аплитовых жил или аплитовые участки пегматитовых тел характеризуются под микроскопом аллотриоморфнозернистой структурой. В соответствии с этим зерна полевых шпатов здесь ксеноморфны.

Микроклин обычно решетчатый и непертитовый, а плагиоклаз полисинтетически сдвойникованный и без антипертитовых врастков. Иногда проявляется некоторая тенденция в сторону порфировидного строения аплита, главным образом за счет укрупнения зерен микроклина.

В отдельных жилах наблюдаются явления преобразования их в пегматит. Это преобразование начинается с появления в аплите отдельных крупных зерен полевых шпатов, которые, разрастаясь, заходят «лапами» в мелкозернистую массу и нередко заключают реликты аплитовой массы (рис. 16).

Такой процесс преобразования, будучи проявлен более интенсивно, приводит к постепенному переходу аплита в пегматит, пегматит-гра-

литной. Характерно, химический минеральный состав пегматита почти не отличается от состава исходного аплита. Основываясь на этом и учитывая одновременно сам механизм образования пегматитовых участков, есть все основания, в согласии с А. Н. Заварицким и В. Д. Никитиным, рассматривать указанный процесс преобразования, как процесс перекристаллизации.

Эта перекристаллизация в жилах плитообразной формы осуществляется обычно по системе трещин, параллельных зальбандам (рис. 17), причем встречаются случаи своеобразного друзового роста полевых шпатов среди аплитовой массы (рис. 18)

Основываясь на приведени примере аплитовой жилы, частично перекристаллизованный в пегматит, следует также отметить и еще одно обстоятельство.

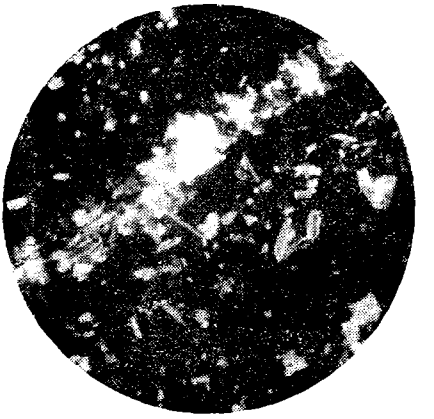


Рис 16. Реликты аплитовой массы в микроклине (микроклин установлен на погасание). Николи +. ×25

Кристаллизация аплита в аплитовых жилах происходит из расплавов, не содержащих летучих компонентов (образование аплитов, по А. Н. Заварицкому [8], и является следствием потери летучих), и поэтому перекристаллизация этих жил в пегматит происходит, повидимому под воздействием постмагматических растворов. Именно такую точку зрения относительно характера растворов, под

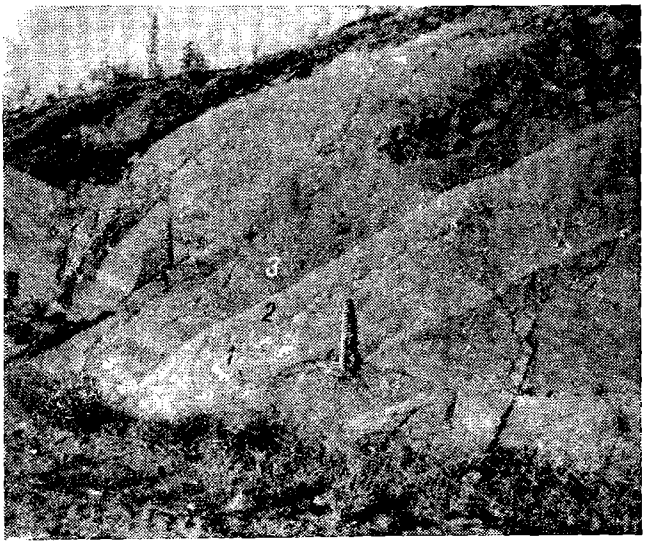


Рис. Гранит-аплитовая жила, частично перекристаллизованная в пегматит:

1 — пегматит; *2* — гранит-аплит; 3 — гранит-гнейсы

воздействием которых происходит перекристаллизация мелкозернистых пород в пегматит, высказывает В. Д. Никитин [11].

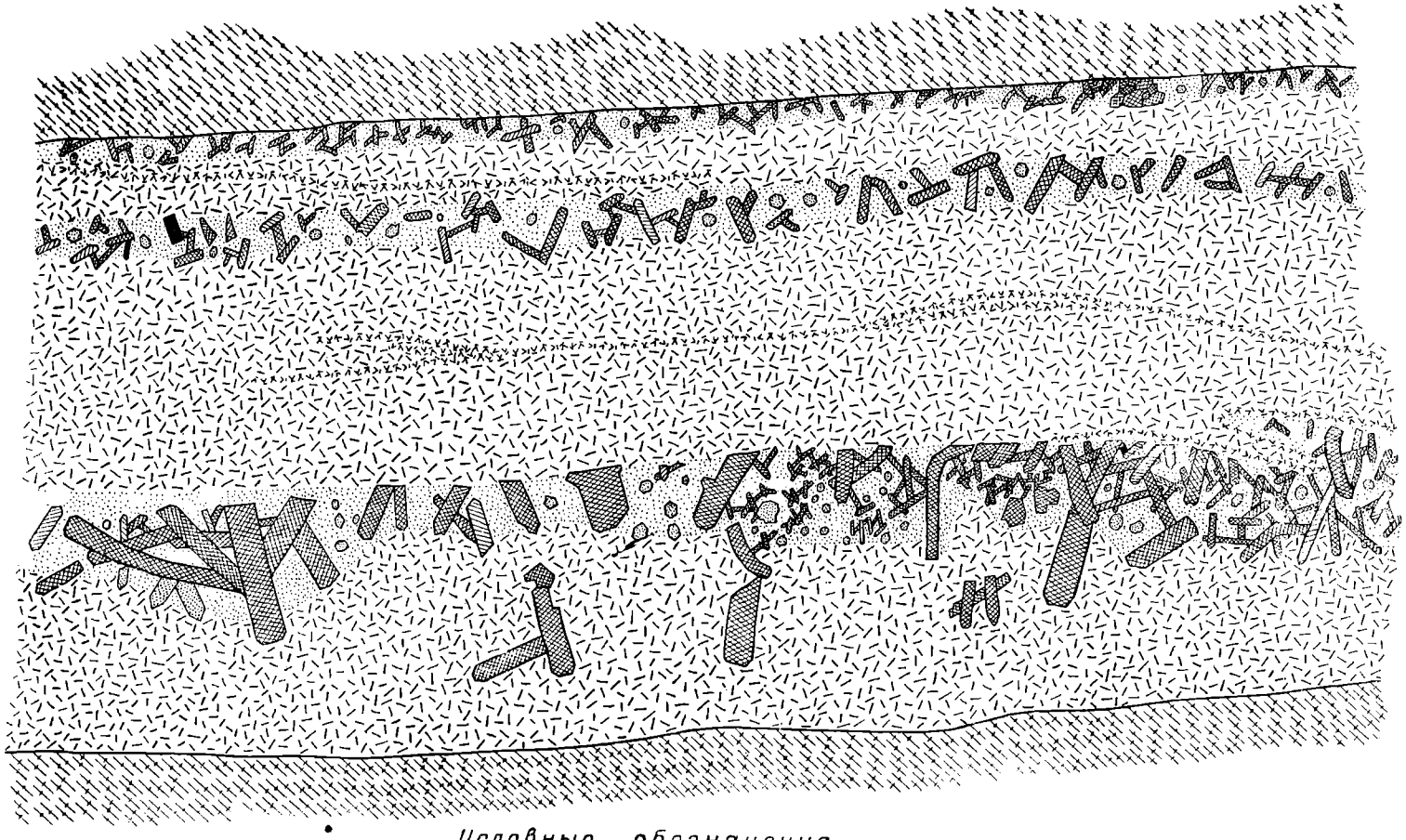


Рис. 18. Зарисовка участка гранит-аплитовой жилы (изображенной на рис. 17), частично перекристаллизованной в пегматит (масштаб 1 : 15)

1 — гранит-гнейсы; 2 — гранит-аплит; 3 — пегматит гранитной структуры; 4 — кварц ксеноморфный; 5 — кварц идиоморфный; 6 — микроклин-пертит; 7 — плагио-

6. Полевые шпаты из участков пегматита пегматит-гранитной и гранит-пегматитовой структур

Обе эти структурные составляющие представляют, пожалуй, наибольший интерес, так как здесь значительно легче, даже в шлифах, установить взаимные отношения между отдельными зернами и те особенности, которые присущи зернам. Кроме того, здесь в миниатюре, в той или иной степени, представлены почти все стадии эволюции полевых шпатов.

Обратившись к этим структурным разностям пегматитов, мы видим, что полевые шпаты и здесь несут на себе признаки, указывающие на образование их в ходе процесса перекристаллизации. Они никогда не образуют хоть сколько-нибудь ограненные кристаллы. Реже выделения полевых шпатов имеют более или менее изометричную форму, а обычно им свойственны неправильные «лапчатые» очертания. Такая форма зерен полевых шпатов определяется способом их роста. Разрастаясь среди более мелкозернистой массы, они как бы замещают ее. Естественно, что более благоприятными для роста путями оказываются направления стыка зерен, слагающих эту мелкозернистую массу. Скорость роста в разных направлениях различна еще и потому, что эта мелкозернистая масса неоднородна, а представлена по крайней мере тремя минералами: кварцем, микроклином и плагиоклазом.

Процесс перекристаллизации в общих чертах, с детальным рассмотрением генезиса письменных срастаний, уже описан В. Д. Никитиным [11]. Хотелось бы лишний раз оттенить лишь одну его сторону. Процесс перекристаллизации протекает таким образом, что растут более крупные зерна, а более мелкие как бы растворяются.

Если процесс идет до конца, то все зерна малого размера исчезнут. Практически же процесс часто до конца не доходит и поэтому крупные зерна нередко заключают реликты более мелких. Эти реликтовые структуры перекристаллизации могут быть различного типа. Иногда они представляют собою обычные пойкилитовые срастания. Нередко встречаются случаи, когда полевые шпаты заключают закономерно оптически ориентированные реликты кварца, но генетически срастания последнего типа уже нельзя отнести ни к письменным структурам перекристаллизации, ни к сегрегационным письменным структурам, описанным В. Д. Никитиным. Структуру срастаний такого типа можно назвать псевдописьменной структурой перекристаллизации, если все реликты кварца угасают одновременно, или пойкилопсевдописьменной, если реликты кварца угасают группами.

Как указано ниже, некоторые из пертитовых срастаний представляют собой реликтовые структуры перекристаллизации.

Микроклин. Характер микроклина из пегматита рассматриваемых структур очень изменчив. Встречаются как нерешетчатые, так и грубо-решетчатые микроклины, как пертитовые, так и непертитовые.

Пертитовые срастания его меняются от крипто-пертитовых (рис. 11) до крупно-пертитовых. Отчетливо выявляется взаимосвязь (отмеченная Б. Поповым, Г. Н. Бунтиным и Л. Л. Солодовниковой) между размером пертитовых вростков и размером неделимых микроклиновой решетки. Она выражается в том, что участки, содержащие пертиты распада (как крипто-пертиты, так и микро-пертиты), обычно нерешетчатые (рис. 11, 12, 13), а участки, содержащие крупные пертиты второго рода (как сегрегационные, так и метасоматические), имеют решетчатое и даже крупно-решетчатое строение (рис. 12, 13).

Укрупнение мелких (крипто) пертитовых вростков не всегда идет постепенно, а иногда сегрегация этих вростков в более крупные происходит, повидимому, по сети тонких трещин в микроклине (рис. 11, правая половина)

В некоторых случаях микроклин с мелкими вростками пересекается грубыми метасоматическими вростками, причем вокруг таких грубых вростков также имеет место сегрегация альбита.

Особенно способствующие сегрегации пертитового альбита условия возникают в том случае, когда микроклин заключает в себе реликты кварца или олигоклаза или если он находится в письменном срастании с кварцем.

Поверхность соприкосновения микроклина с этими «инородными» включениями представляет своего рода ослабленные зоны, куда альбит сегрегирует (рис. 19) и скопляется, облекая эти включения.



Рис. 19. Сегрегация пертитового альбита к пойкилитовому вростку олигоклаза. Николи +. × 60

Подобного рода ослабленные зоны, а иногда и просто трещины, благоприятствуют и проникновению метасоматического альбита, однако чаще приходится сталкиваться с сегрегационно-метасоматическими, а не с чисто метасоматическими пертитами.

Характерно, что спайность в микроклине и описанных пертитовых вростках по (001) и (010), будь то пертиты распада, сегрегационные или метасоматические, совпадает [1] Если альбит вростков сдвойникован по альбитовому закону, то в сечениях по (001) видно, что двойниковые швы этих двойников альбита идут параллельно двойниковым швам микроклина по альбитовому закону. Это обстоятельство говорит о том, что явление образования даже метасоматических пертитов отлично от явления альбитизации. Подробнее этот вопрос будет рассмотрен несколько ниже.

Как уже упоминалось ранее, влияние трещин и влияние так называемых ослабленных зон на процесс формирования пертитов не следует переоценивать, потому что в микроклине из участков, сложенных пегматит-гранитной и гранит-пегматитовой структурами, широко распространены явления сегрегации пертитового альбита, не связанные, на первый взгляд, с какими-либо определенными направлениями, а происходящие в недрах кристаллической решетки без ее нарушений. Такая сегрегация приводит в конечном счете к образованию грубых изометричных пертитовых вростков, причем довольно часто скопления пертитового альбита бывают приурочены к периферии зерен.

Альбит этих грубых пертитовых вростков нередко полисинтетически сдвойникован.

Совпадение у микроклина и альбита одновременно двух плоскостей спайности противоречит тому обстоятельству, что угол, образуемый спайностями (001) и (010), у микроклина равен (отбрасывая минуты) 89°, а у альбита 93°. Следовательно, либо разница в углах между плоскостями спайности у альбита вростков и микроклина «хозяина» при раскалывании пертита скрадывается, либо этой разницы нет вследствие того, что альбит пертитовых вростков по своему внутреннему строению несколько отличается от обычного альбита горных пород.

Таким образом, вслед за окончанием роста кристаллов микроклина в начальной стадии процесса перекристаллизации следует распад первоначального гомогенного несдвойникованного микроклина с выделением крипто-пертитовых вростков.

Далее следует укрупнение вростков, сопровождающееся укрупнением двойниковой решетки микроклина, которое осуществляется, повидимому, путем миграции соответствующих ионов сквозь кристаллическую решетку и может итти вплоть до полного обособления пертитового альбита [1] Процесс сегрегации осложняется явлением метасоматоза. В последнем случае микроклин заключает, помимо сегрегационных, сегрегационно-метасоматические и метасоматические вростки.

Бросается в глаза проявление двух, на первый взгляд противоположных, тенденций в этом процессе. С одной стороны, стремление микроклина обособиться от альбита, находящегося первоначально в виде твердого раствора, связанное, повидимому, с необходимостью перехода кристаллической структуры микроклина по мере понижения температуры в более упорядоченное состояние.

С другой стороны, замещение микроклина альбитом, связанное с условиями (физико-химическими) внешней среды.

Правда, это явление замещения (которое, в отличие от альбитизации, назовем замещением относительно высокотемпературного типа) проявляется в очень слабой степени.

Не было встречено ни одного случая, когда бы количество пертитового альбита столь возросло, что микроклин-пертит превратился бы в антипертит или чтобы имело место сплошное замещение с периферии каймами и т. д.

Подсчет в шлифах показал, что количество альбита видимых пертитовых вростков не превышает 30% и обычно составляет 15—20%. При этом разница в количестве видимых пертитовых вростков мелкого, среднего или крупного размера в пределах одного зерна составляет всего лишь 0—2%. Таким образом, количество привнесенного альбита, если он есть, очень невелико.

По данным Л. Л. Солодовниковой, разность в содержании видимых пертитовых вростков для микроклина из пегматитов Северной Карелии [2], в случае грубых жилковатых и тонких волокнистых пертитов составляет, как правило, в пределах одного месторождения 2—4%. Эти данные очень убедительны, тем более, что цифры, полученные путем микроскопического подсчета, который она производила, хорошо согласуются с цифрами, полученными химическим анализом. К сожалению, Л. Л. Солодовникова не указывает точно, из каких структурных составляющих пегматитовых тел были взяты образцы.

Следовательно, грубые пертитовые вростки являются преимущественно сегрегационными или сегрегационно-метасоматическими, так как количество «привнесенного альбита» обычно очень невелико.

По сути дела, к такому же выводу о микроклин-пертитах Северной Карелии приходит и Л. Л. Солодовникова, называя процесс перехода от тонко-пертитового строения к грубо-пертитовому процессом перекристаллизации.

Не считая, конечно, тот альбит, который остается в микроклине в виде твердого раствора.

[2] По данным В. Д. Никитина [12], процессы формирования пегматитов Южной и Северной Карелии в своих основных чертах тождественны.

В настоящей же работе под пертитами перекристаллизации[1] подразумеваются такие, довольно редко встречающиеся срастания, которые представляют собой зерна микроклина, заключающие одновременно угасающие реликты альбит-олигоклаза или олигоклаза.

Такой тип пертитов является одной из разновидностей реликтовых структур перекристаллизации.

Все это происходит на более ранних стадиях формирования пегматитов. При смене физико-химических условий микроклин подвергается уже другим изменениям. К ним относится прежде всего замещение микроклина зернистым агрегатом кварца и альбита (кварцевый альбитит). Это замещение осуществляется либо по трещинкам в микроклине, либо по контакту зерен микроклина с окружающими его минералами.

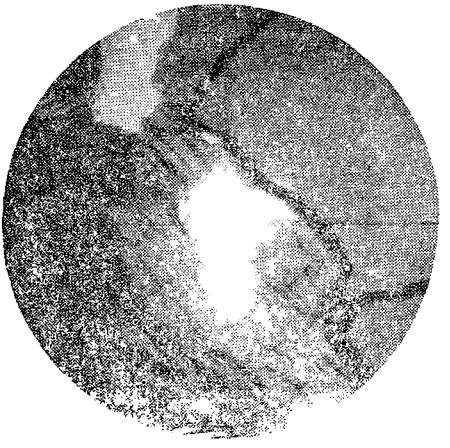


Рис. 20. Олигоклаз-альбит (белый с мирмекитовыми вростками кварца) замещает микроклин-пертит. Николи +. × 50



Рис. 21. Альбит (*Аб*) замещает микроклин (*Мкр*) и заключенный в нем кварцевый альбитит (*Кв. альб.*). Николи +. × 40

Нередко наблюдаются случаи, когда прожилки кварцевого альбитита секут грубые пертитовые вростки. Альбит кварцевых альбититов бывает как монокристальным, так и сдвойникованным по альбитовому закону, причем на основании замеров на столике Федорова оказывается, что он представлен номерами от 2 до 6.

Еще позже, при более низких температурах, начинается альбитизация. *Альбитом или олигоклаз-альбитом замещается как микроклин*, так и олигоклаз. При замещении микроклина часто возникают типичные мирмекитовые срастания (рис. 20). Если микроклин заключает в себе кварцевый альбитит, то при альбитизации замещается как тот, так и другой (рис. 21).

Не было встречено случаев, когда альбит внедрялся бы в микроклин в виде тонких прожилок, подобных описанным выше пертитовым *вросткам. Обычно наблюдается сплошное замещение, при котором*, правда, альбит вдается в микроклин или плагиоклаз в виде языков.

---

[1] Под перекристаллизацией разумеется, как это следует из всего текста, переход от структур мелкозернистых к грубозернистым без изменения состава породы а не превращение, происходящее внутри отдельных кристаллов. Таким образом, здесь различие чисто терминологического порядка.

Нацело замещенные зерна микроклина встречаются сравнительно редко, причем иногда альбит содержит реликты микроклина, т. е возникает антипертит замещения.

Взаимная ориентировка атомных структур микроклина и замещающего его альбита в общем незакономерна и может быть самой различной.

Таким образом, справедливы указания В. С. Соболева [15], что при альбитизации разрушается ранее существовавшая решетка (в данном случае решетка микроклина). Следовательно, здесь мы имеем замещение не ионного типа. При этом В. С. Соболев указывает, что если в микроклине имеются пертитовые вростки, то они оказывают ориентирующее влияние и при альбитизации срастание получается закономерным.

Однако, как это видно, например, из микрофотографий (рис. 20, 22), в наших пегматитах при альбитизации ориентирующего влияния пертитовых вростков не наблюдается. Замещение начинается не от пертитовых вростков, а последние замещаются наравне с микроклином. Больше того, при замещении пертита альбит «охотнее» замещает микроклин, нежели пертитовые вростки.

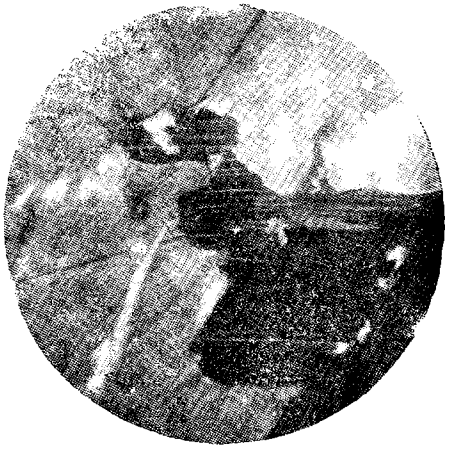


Рис. 22. Замещение микроклина альбитом наравне с пертитовыми вростками. Николи +. × 45



Рис. 23. Начальная стадия генезиса антипертита. Плоскость шлифа параллельна (010). Черное — микроклин; серое — плагиоклаз; белое — кварц. Николи +. × 40

Вместе с тем, встречаются случаи, когда альбит или олигоклаз-альбит, замещающий микроклин, ориентирован таким же образом, как и альбит пертитовых вростков.

Но и здесь, судя по тому, что видно в шлифах, складывается впечатление, что замещение начинается не от пертитовых вростков, тем более, что реликаты микроклина в альбите нередко заключают пертитовые вростки в неизменном виде. Повидимому, такое замещение протекает в условиях каких-то промежуточных (средних) температур и хотя происходит разрушение кристаллической решетки микроклина, имеет место ориентированное (эпитаксическое) прирастание альбита с образованием «гомоосевых» псевдоморфоз альбита по микроклину.

В отличие от альбитизации, протекающей как в условиях средних, так и низких температур, при образовании метасоматических пертитов высокотемпературного типа целостность кристаллической решетки не нарушается, т. е. имеет место замещение ионного типа (привнос Na, вынос K).

Плагиоклаз (альбит-олигоклаз и олигоклаз). Форма зерен плагиоклаза такая же, как и у микроклина. Встречаются монокристальные и сдвойникованные плагиоклазы, причем последние иногда сдвойникованы одновременно по двум законам. Нередко они зональны. Иногда плагиоклаз находится в письменном срастании с кварцем.

Антипертитовые срастания плагиоклаза с микроклином встречаются реже, чем пертитовые, но при внимательном просмотре оказывается, что лишь немногим меньше половины всех зерен плагиоклаза содержит то или иное количество антипертитовых вростков.

Особого внимания заслуживает генезис антипертитов, так как на этот счет до сих пор существуют упомянутые выше самые различные точки зрения.

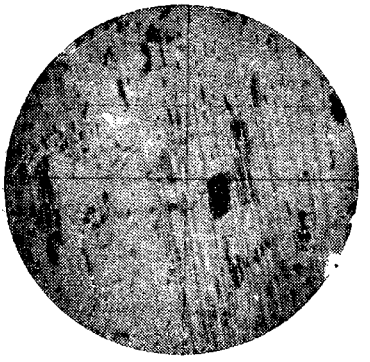


Рис. 24. Антипертит перекристаллизации. Образование мелких вростков микроклина за счет расчленения более крупных. Плоскость шлифа параллельна (001). Николи +. × 25

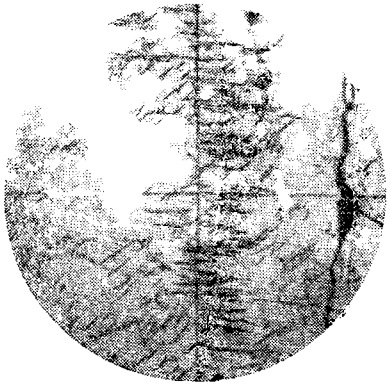


Рис. 25. Антипертит. Вростки микроклина ориентированы по $(\bar{1}10)$. Плоскость шлифа приблизительно параллельна (001). Николи +. × 45

С целью более достоверного решения этого вопроса в шлифе просматривались не только зерна антипертитового плагиоклаза из пегматита пегматит-гранитной структуры, но образцы для шлифов отбивались и из разных участков крупных индивидов микроклина из пегматита гранит-пегматитовой структуры, включая и места стыка этих индивидов с соседними.

Просмотр многочисленных шлифов подобного рода показывает, что процесс формирования антипертитов внешне выглядит как процесс замещения микроклина плагиоклазом (рис. 23). По мере замещения уменьшение размера реликтов микроклина часто идет не случайным образом, а эти реликты приобретают вытянутые очертания. Пространственное положение этих правильной формы реликтов (пластинок) также не случайное — пластинки ориентированы параллельно плоскостям (010), $(\bar{1}00)$ и $(\bar{1}10)$ плагиоклаза (рис. 24, 25). Иногда уменьшение размера вростков идет таким образом, что вростки приобретают изометричную форму и становятся очень малыми по размеру, вплоть до полного исчезновения.

Таким образом, нет необходимости, как это делает Г. Н. Бунтин, приписывать мелким вросткам иной способ образования, чем крупным. Нередко такие мелкие вростки располагаются цепочкой и при этом строго приурочены к одному индивиду полисинтетических двойников

или к двойниковому шву, так что и способность плагиоклаза приобретать двойниковое строение оказывает влияние на характер антипертита. Последовательные стадии формирования антипертита показаны на рис. 26.

Какому же процессу обязаны своим образованием широко распространенные в гранитных пегматитах антипертиты подобного типа?

Это, конечно, не процесс замещения плагиоклаза микроклином, о котором говорит Г Н. Бунтин. Ведь при замещении плагиоклаза микроклином в последнем неминуемо должны были бы быть реликты плагиоклаза, при уменьшении размера которых в конечном счете возник бы пертит [1], а не антипертит.

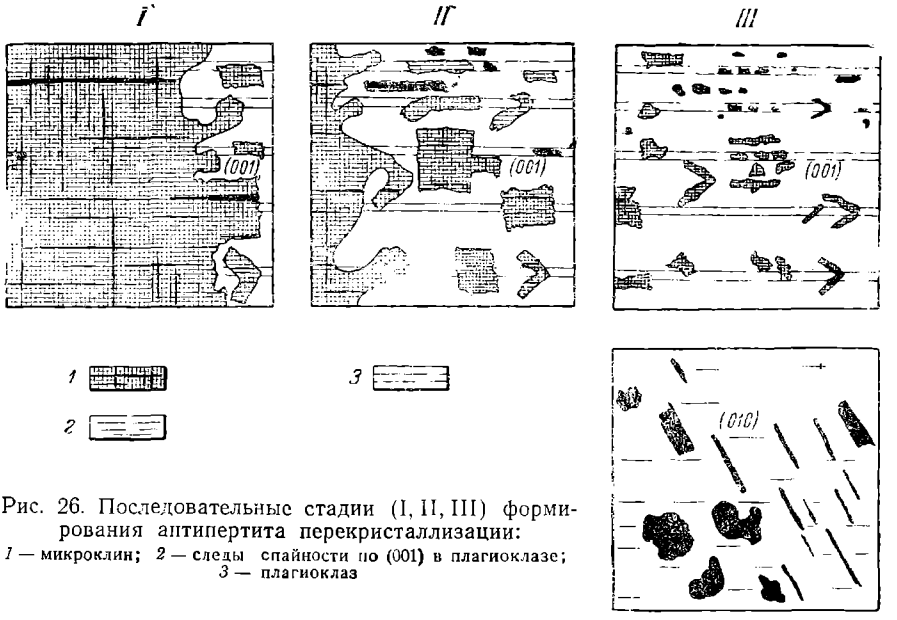


Рис. 26. Последовательные стадии (I, II, III) формирования антипертита перекристаллизации:
1 — микроклин; *2* — следы спайности по (001) в плагиоклазе; *3* — плагиоклаз

Правда, Г Н. Бунтин считает, что микроклин проникал в плагиоклаз по тонким трещинам спайности [главным образом по (001)], но с этим не согласуется все изложенное выше и трудно себе представить, что антипертиты, изображенные на целом ряде упоминавшихся микрофотографий, возникли таким путем.

Сказанное не исключает вообще, как это будет показано ниже, возможности возникновения антипертитов путем замещения плагиоклаза микроклином.

Образованию же этих антипертитов за счет распада твердого раствора противоречит целый ряд обстоятельств: а) самое различное количество антипертитовых вростков (от 3 до 35%) в плагиоклазах одного и того же месторождения и даже одной и той же выработки; б) нередко локальная приуроченность вростков к отдельным участкам зерен плагиоклазов; в) отсутствие крипто-антипертитового строения и явлений сегрегации вещества микроклина из мелких вростков в крупные; г) отсутствие явлений сегрегации вещества микроклина в направлении разного

[1] Так внешне выглядит иногда процесс возникновения пертитов перекристаллизации, но такого рода пертиты представляют крайне редкий случай.

рода включений (пойкилитовые вростки, ихтиоглинты кварца) в плагиоклазе.

Нет оснований и для того, чтобы считать антипертиты срастаниями, которые возникли в результате одновременной ритмической кристаллизации плагиоклаза и микроклина. Если бы эти два минерала росли одновременно, то на поверхности соприкосновения их неминуемо должны были бы возникнуть индукционные грани, чего не наблюдается в антипертитах.

Предположим, что отсутствие индукционных граней можно было бы объяснить возможностью такого хода процесса, при котором сначала, скажем, растет микроклин, затем его рост прекращается и растет плагиоклаз, затем снова растет микроклин и т. д. Однако морфологические особенности антипертитов (рис. 23—25) никак не увязываются с этим маловероятным допущением.

Наконец, если не учитывать изложенные ранее представления о ходе процесса формирования Южной Карелии, то, казалось, можно было бы согласиться с предположением Вендланда. Однако, если принять во внимание, что олигоклаз в пегматитах развивается не метасоматическим путем, а зерна его различной величины возникают в результате процесса перекристаллизации, проявляющегося с различной степенью интенсивности, то вполне естественно связать с этим процессом и образование антипертитов. К этому можно прибавить, что никогда не наблюдается явлений, подобных явлениям замещения типа альбитизации, т. е. замещение микроклина олигоклазом с периферии зерен микроклина в виде кайм или отдельными жилками, внедряющимися в микроклин.

Таким образом, по нашему мнению, образование антипертитов в гранитных пегматитах происходит не путем замещения микроклина олигоклазом.

Вместе с тем, вскрывается целый ряд фактов и явлений, указывающих, что антипертиты этого типа возникают скорее всего в процессе перекристаллизации. Поэтому, хотя сам механизм формирования подобных антипертитов нами до конца не расшифрован, автор считает необходимым обратить внимание на эти явления.

Отметим прежде всего, что антипертиты этого типа не свойственны породам, которые возникли в результате прямой кристаллизации (граниты и т. д.).

Далее, обращает на себя внимание то обстоятельство, что антипертиты этого типа отсутствуют в участках, имеющих аплитовую структуру, появляются в участках пегматит-гранитного строения и, наконец, широко распространены в участках гранит-пегматитовой структуры, т. е. возникают в ходе процесса перекристаллизации.

Принципиальное отличие антипертитов этого типа (назовем их антипертитами перекристаллизации) от антипертитов, которые возникают при метасоматическом замещении калиевого полевого шпата альбитом (помимо того, что вмещающим минералом здесь является олигоклаз, а не альбит), заключается в том, что взаимная ориентировка атомных структур олигоклаза и микроклина не только закономерна, но и всегда однозначна.

Эта взаимная ориентировка структур альбита и микроклина такая же, как и в случае пертитов распада, сегрегационных пертитов и им подобных [1] Таким образом, и с этой точки зрения есть основание отвергать метасоматическое происхождение антипертитов этого типа.

[1] Двойниковые швы двойников по альбитовому закону обоих минералов параллельны, спайность по (010) и (001) совпадает.

При таком решении вопроса генезиса антипертитов на первый взгляд весьма странным кажется несравненно более частая встречаемость антипертитов перекристаллизации, чем пертитов перекристаллизации. Это обстоятельство объясняется, повидимому, различным поведением микроклина и плагиоклаза в процессе перекристаллизации. Выражается оно в том, что микроклин концентрируется в центральных частях пегматитовых тел, слагая нередко мономинеральные зоны, и «отжимает» плагиоклаз к зальбандам (а не замещает его), что особенно резко проявляется в дифференцированных жилах. Различное поведение микроклина и плагиоклаза, по мнению В. Д. Никитина, объясняется большей растворимостью соединений К, нежели соединений Na, что обусловливает бо́льшую «подвижность микроклина» в процессе перекристаллизации.

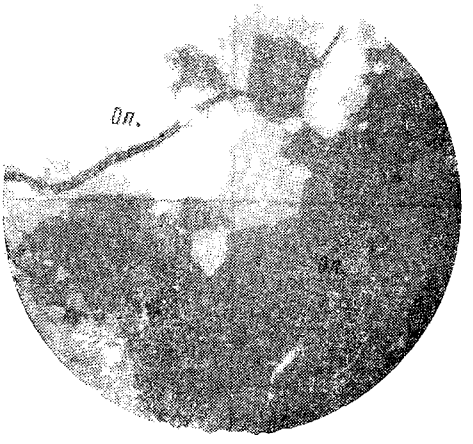


Рис. 27 Генезис плагиоклаз-изопертита перекристаллизации: *Ол* — олигоклаз. Николи +. × 25

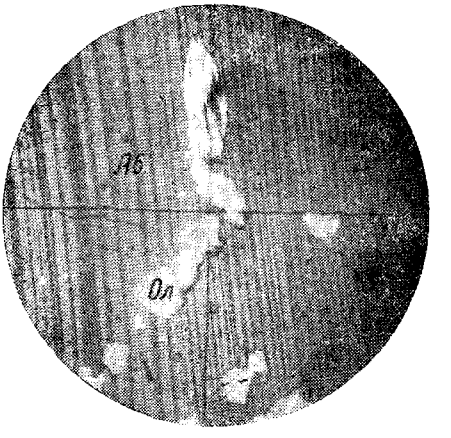


Рис. 28. Плагиоклаз-изопертит замещения: *Ол* — олигоклаз; *Аб* — альбит. Николи + × 50

Остановимся на характере микроклина антипертитов. Микроклин обычно решетчатый и становится нерешетчатым тогда, когда размер вростков уменьшается до величины меньшей, чем размер отдельных неделимых двойников. Присутствующие в нем иногда пертитовые вростки приурочены к более крупным антипертитовым вросткам и также исчезают по мере уменьшения размера этих вростков. Не исключена, конечно, возможность образования пертитовых вростков в микроклине путем распада уже после того, как антипертит был сформирован.

Следует упомянуть, что иногда встречаются плагиоклаз-изопертиты перекристаллизации (рис. 27), причем оба плагиоклаза этих пертитовых срастаний имеют обычно почти одинаковую основность, а вторичным изменениям (серицитизации, пелитизации) подвержены в одинаковой степени.

Все эти срастания, генетически связанные с явлением перекристаллизации, являются образованиями относительно высокотемпературными. На метасоматической стадии, в условиях относительно средних температур, возникают антипертиты замещения, когда микроклин замещается альбитом, и — плагиоклаз-изопертиты, когда альбитом замещаются плагиоклазы (рис. 28). Для этих срастаний также характерна закономерная и однозначная взаимная ориентировка атомных структур двух, образующих срастания полевых шпатов.

В условиях относительно низких температур также возникают антипертиты и плагиоклаз-изопертиты замещения, но здесь уже взаимная ориентировка атомных структур обоих полевых шпатов хотя и закономерна, но не однозначна. Антипертиты перечисленных двух типов иногда заключают и мирмекитовые вростки кварца.

Указанные выше особенности альбитизации отчасти упоминались при описании микроклина.

Из изложенного выше следует, что уже на начальных стадиях перекристаллизации имеет место слабый натриевый метасоматоз (образование сегрегационно-метасоматических пертитов) Общая направленность процесса такова, что на различных его стадиях, с различной интенсивностью идет процесс выноса K и привноса Na [1].

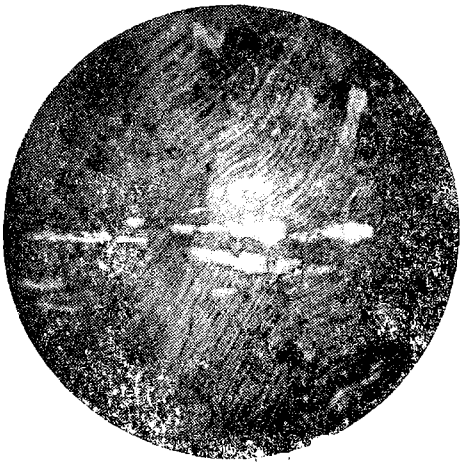


Рис. 29. Антипертит замещения. Микроклин замещает по трещинам полисинтетически сдвойникованный деформированный плагиоклаз. Николи +. × 40

(Фото В. Д. Никитина)

Но это только общая направленность, так как наблюдается, правда, очень слабо проявленное и только на одной из стадий, явление калиевого метасоматоза. Таким путем, в частности, возникают антипертиты замещения, но здесь уже микроклин замещает плагиоклаз, проникая в последний по трещинам раскола (рис. 29).

В заключение укажем те особенности, которые присущи полевым шпатам из пегматита пегматит-гранитной и гранит-пегматитовой структур:

1) неровные, извилистые, иногда «лапчатые» очертания полевых шпатов;

2) наличие, зачастую, нерешетчатого микроклина наряду с решетчатым;

3) наличие непертитового микроклина наряду с пертитовым;

4) преобладание среди пертитовых микроклинов крипто-пертитовых и особенно микро-пертитовых разностей, что относится главным образом к участкам пегматит-гранитного строения;

5) альбит пертитовых вростков чаще всего не сдвойникован;

6) довольно часто встречаемое антипертитовое строение у плагиоклаза

7. Полевые шпаты из участков письменной и блоковой структур

Если исключить наличие письменных вростков кварца в полевых шпатах письменной структуры, то остальные особенности полевых шпатов — форма и размер выделений, характер двойникования микроклина, а отчасти и характер пертитовых и антипертитовых срастаний — для обоих структур весьма сходны. По этой причине полевые шпаты как той, так и другой структур рассматриваются в одном разделе.

Микроклин. Ввиду крупного размера индивидов микроклина для получения полной картины брались образцы из различных участков кристаллов или крупных спайных выколков.

[1] Такая направленность процесса в свое время уже была отмечена А. Н. Заварицким [7] и В. Д. Никитиным [11].

Прежде всего остановимся на характере письменного микроклина одной из полудифференцированных жил, очень своеобразно и резко отличной от всех других. Вся центральная часть жилы сложена микроклином тонкописьменной структуры. Зона блоковой структуры практически отсутствует, а зоны пегматоидной и гранит-пегматитовой структур располагаются в призальбандных частях и имеют сравнительно небольшую мощность. Монокристаллы микроклина из центральной части жилы довольно отчетливо выделяются по однозначному положению спайности. Однако на глаз заметен несколько необычный «мозаичный характер» отблеска от плоскостей спайности. Под микроскопом обнаруживается, что «монокристаллы» микроклина состоят, в сущности, из

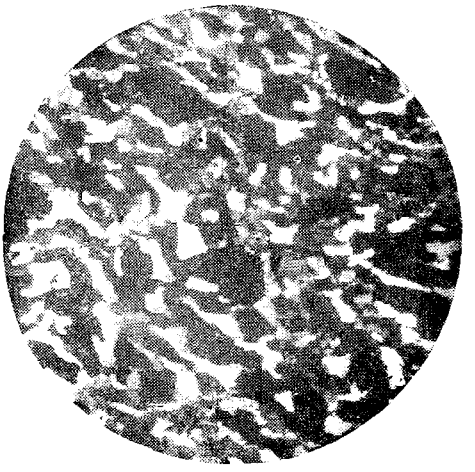


Рис. 30. Участок монокристалла микроклина тонкописьменного строения. Почти все вростки кварца установлены в просветление. Николи × 20

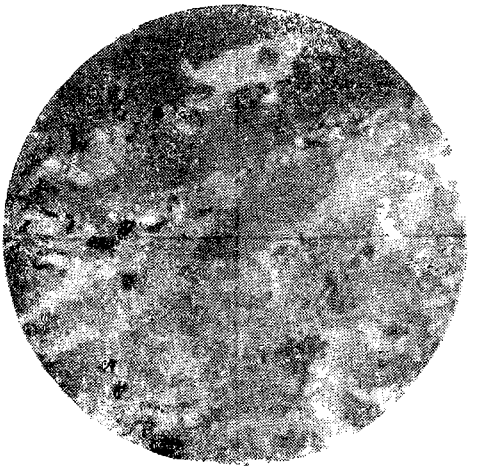


Рис. 31. Участок монокристалла микроклина тонкописьменного строения. Скопления вростков (зерен) кварца разного размера протягиваются в микроклине в виде закономерно-расположенных зон. Плоскость шлифа параллельна (010). Николи +. × 20

отдельных маленьких блоков, слегка повернутых один относительно другого (что хорошо видно по характеру тонкой двойниковой решетки).

Не совсем обычен и характер письменного строения. Вростки кваца только в отдельных участках гаснут и просветляются одновременно (рис. 30). В других же закономерности в угасании не наблюдается; встречаются случаи и промежуточного характера между отмеченными двумя крайними.

Сама форма вростков кварца часто не напоминает форму ихтиоглиптов. Вростки кварца иногда представлены просто зернышками разного размера, причем встречаются скопления таких зернышек в виде прожилок (рис. 31), протягивающихся в микроклине по разным направлениям. К таким прожилкам иногда бывают приурочены мелкие выделения микроклина (рис. 32), резко отличные по ориентировке от включающего микроклина и единичные реликты плагиоклаза. Отдельные участки такого характера напоминают аплитовую массу. Можно предполагать, что рассматриваемая письменная структура возникла из аплита и представляет собой «еще неупорядоченную» письменную структуру перекристаллизации, тем более, что микроклин не претерпел пертитового распада, так как не заключает видимых пертитовых

вростков и только в одном шлифе и лишь в одном месте встречено скопление пертитового альбита вокруг вростков кварца. Во всех других многочисленных жилах микролин из участков или зон письменной структуры обычно имеет иные особенности.

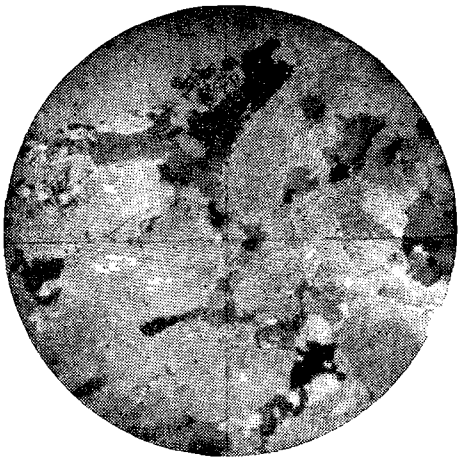
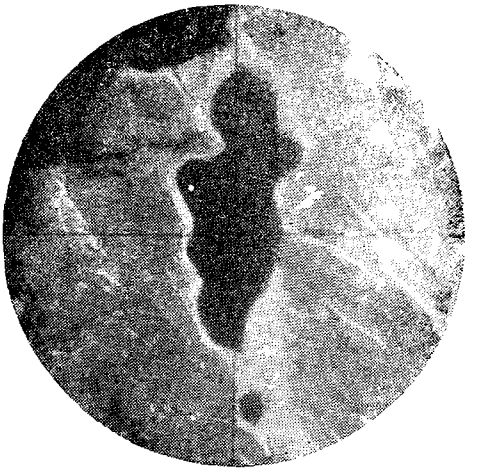


Рис. 32. Участок монокристалла микроклина топкописьменного строения. Вростки (зерна) кварца и блоки микроклина в топкосдвойникованном микроклине. Плоскость шлифа параллельна (001). Николи +. × 20



33. Скопление пертитового альбита вокруг ихтиоглипты кварца. Николи +. × 50

Во внутренних частях монокристаллов обычно преобладают крупные и даже грубые пертитовые вростки второго рода (сегрегационного и сегрегационно-метасоматического типа). В соответствии с этим размеры неделимых двойниковой решетки возрастают, решетка становится грубой. Пертитовые вростки распада (закон ориентировки ($1\bar{5}.0.2$) сохраняются в небольшом количестве, причем микроклин в таких участочках имеет нерешетчатое и тонкорешетчатое строение. Присутствие ихтиоглипт кварца часто нарушает пластинчатую форму вростков второго рода, причем они приобретают пламеобразные очертания и нередко обтекают ихтиоглипты (рис. 33, 34).



Рис. 34. Сегрегация пертитового альбита в направлении ихтиоглипт кварца. Николи +. × 25

Скопление пертитового альбита имеет место и на периферии монокристаллов (рис. 35), но не всегда можно решить — сегрегационный это альбит или сегрегационно-метасоматический.

В некоторых случаях переход пертитовых вростков распада в сегрегационные виден отчетливо, причем вновь образованные вростки сегрегационного типа бывают ориентированы параллельно вросткам распада, нормально к ним (рис. 36), параллельно (001) или иным образом.

Иногда от вростков второго рода, ориентированных по закону ($\bar{1}$5.0.2) и др., отходят отпрыски нормальные по отношению к ним или параллельные (001)

Вростки сегрегационного и сегрегационно-метасоматического типа, а иногда только отпрыски от них, в отдельных случаях имеют показатель преломления меньший, чем показатель преломления альбита, но больший, чем у микроклина. Очертания этих вростков не столь отчетливы, как у вростков обычного типа, а расплывчатые. Угол погасания их чаще всего отвечает углу погасания анортоклаза, но в общем меняется от величины, присущей альбиту, до величины, присущей микроклину. Так, например, в одном из индивидов угол погасания на (010) оказался равным: для микроклина + 5°, для пертитовых вростков + 18° (плагиоклаз № 4—5) и для отпрысков «необычного» типа + 9°

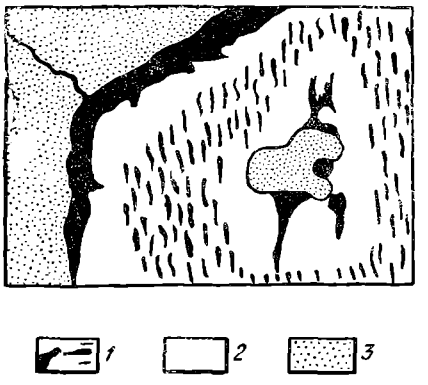


Рис. 35. Скопление пертитового альбита около письменного вростка кварца и на контакте микроклина с соседними зернами кварца:
1 — пертитовые вростки; *2* — микроклин; *3* — кварц
(Схематическая зарисовка). × 20

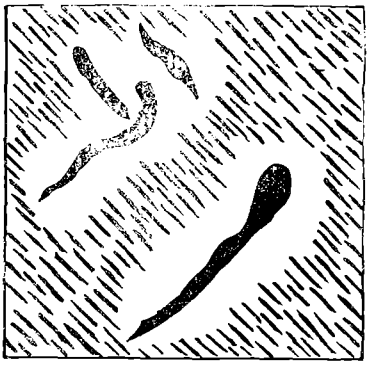


Рис. 36. Пертитовые вростки сегрегационного типа в микроклине, расположенные нормально к мелким вросткам распада (схематическая зарисовка). × 20

Параллельно с этим меняется и резкость очертаний. Надо полагать, что по составу эти «необычные» вростки следует отнести к анортоклазу [1]. Как видно, в некоторых шлифах, в результате постепенного перехода от альбита через анортоклаз к микроклину, пертитовые вростки оказываются окруженными как бы «облаком анортоклаза».

В тех участках письменных монокристаллов микроклина, которые претерпели сегрегацию кварца, т. е. стяжение его в более крупные, обычно неправильной формы, обособления, преобладают крупные и грубые пластинчатые и изометричные вростки второго рода. Эти вростки нередко бывают зональны с более основной серединой (угол погасания на (010) + 17 — 18°, плагиоклаз № 4—6) и кислыми краями (угол погасания на (010) + 20—21°, плагиоклаз № 0—1), причем середина зональных вростков нередко пелитизирована, а края не изменены.

В микроклине из участков блоковой структуры в общем повторяются те же особенности. Преобладают крупные пертитовые вростки второго рода (сегрегационные и сегрегационно-метасоматические). Благодаря отсутствию ихтиоглипт, пластинчатая форма вростков сохраняется чаще. Однако, если в кристаллах имеются реликты (пойкилитовые вростки) кварца или платиоклаза, то вокруг них также скопляется

[1] Натровый анортоклаз Д. С. Белянкина.

пертитовый альбит, причем иногда альбит не только обтекает, но и внедряется в эти реликты.

Как в письменном, так и мономинеральном микроклине альбит крупных пертитовых вростков часто бывает сдвойникован по альбитовому закону.

Пространственная ориентировка крупных пертитовых вростков различная. Встречаются следующие законы ориентировки: (100), (110), редко (201) и еще реже (001) и (010), но преобладает, как всегда, закон ($\bar{1}$5.0.2).

Некоторые образцы письменного и монокристального микроклина заключают жилки кварцевого альбитита, которые пересекают пертитовые вростки всех рассмотренных типов. Реже, чем в участках пегматит-гранитного и гранит-пегматитового строения, наблюдается альбитизация микроклина.

Плагиоклаз. Как указывалось, в процессе перекристаллизации плагиоклаз «отжимается» к приконтактовым частям пегматитовых тел и входит в состав полевошпатовой части пегматита пегматит-гранитной или гранит-пегматитовой структуры, преобладает здесь над микроклином.

Вместе с тем, в зонах, сложенных нацело полевыми шпатами или полевыми шпатами в письменном срастании с кварцем, в зонах, которые тяготеют к центральным частям пегматитовых тел, микроклин резко преобладает над плагиоклазом. Встречающиеся в этих зонах единичные выделения плагиоклаза чаще гомогенны или иногда представлены антипертитами. Морфологические особенности последних ничем не отличаются от особенностей антипертитов из гранит-пегматитовой составляющей пегматитов и поэтому повторять их нет необходимости.

Форма зерен плагиоклаза из пегматита этих структур, равно как и форма зерен микроклина, «лапчатая» с извилистыми, неровными контурами.

Следовательно, характерными чертами полевых шпатов письменной и блоковой структур являются:

1) отсутствие ограненных кристаллов полевых шпатов;

2) резкое количественное преобладание микролина над плагиоклазом;

3) грубая двойниковая решетка у микроклина;

4) преобладание грубых, чаще пластинчатой формы, пертитовых вростков в микроклине блоковой структуры; скопление пертитового альбита на периферии ихтиоглипт в микроклине письменной структуры;

5) альбит пертитовых вростков иногда сдвойникован по альбитовому закону;

6) плагиоклаз чаще гомогенный, чем антипертитовый, причем в последнем случае заключает небольшое число антипертитовых вростков.

8. Полевые шпаты из участков пегматита пегматоидной структуры

Просмотр шлифов из разных участков кристаллов микроклина показал, что во внутренних частях их иногда, но далеко не во всех случаях, кое-где сохраняются мелкие пертитовые вростки распада. Весь пертитовый альбит обычно представлен грубыми изометричными или пластинчатыми вростками (рис. 37). Однако наиболее распространена разновидность вростков промежуточного типа (которую по классификации А. К. Болдырева можно было бы назвать полосчато-пятнистой). Эти вростки часто зональны с более основной серединой и кислыми краями. Альбит вростков часто сдвойникован по альбитовому, а иногда одновременно и переклиновому законам. Двойниковая решетка микро-

клина грубая. Когда микроклин заключает реликты кварца, по периферии последних скопляется пертитовый альбит, обтекая их. Скопление пертитового альбита наблюдается и в некоторых местах контакта кристаллов микроклина с кварцем.

Если же пегматоидный кварц заключает реликты микроклина, то, как это видно на рис. 38, весь пертитовый альбит концентрируется в краевых частях таких реликтов. Иногда микроклин просекается жилками кварцевого альбитита. В отдельных шлифах наблюдается слабо проявленные явления альбитизации микроклина, причем встречены только случаи незакономерной ориентировки альбита по отношению микроклина.

К сказанному ранее о плагиоклазе из участков пегматита письменной и блоковой структур можно лишь добавить что в пегматоиде плагиоклаз, так же как и микроклин, приобретает свои формы.

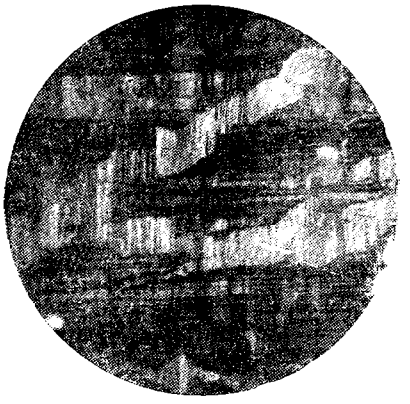


Рис. 37 Пластинчатые вростки сдвойникованного по альбитовому закону альбита в микроклине. Николи +. × 40

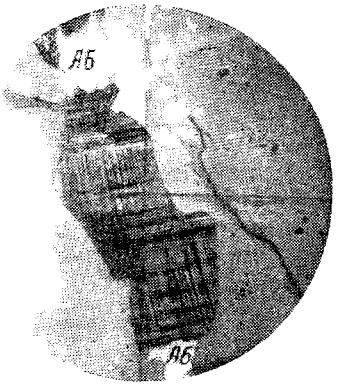


Рис. 38. Реликт микроклина в пегматоидном кварце. Весь пертитовый альбит (*Аб*) скопляется в краевых частях реликта

В результате можно указать следующие особенности полевых шпатов из пегматита пегматоидной структуры:

1) полевые шпаты приобретают свои формы (ограничение);

2) резкое количественное преобладание микроклина над плагиоклазом [1];

3) грубая двойниковая решетка у микроклина;

4) преобладание грубых изометричной и отчасти пластинчатой формы пертитовых вростков;

5) альбит пертитовых вростков часто сдвойникован по альбитовому, а иногда и периклиновому законам;

6) плагиоклаз значительно чаще гомогенный, чем антипертитовый, причем в последнем случае заключает единичные антипертитовые вростки.

Из рассмотренного выше следует, что интенсивность пертитообразования тесно связана со степенью переработки первичных пород.

Вообще говоря, естественно допускать две причины, благоприятствующие явлениям пертитового распада и дальнейшей сегрегации пертитового альбита: 1) медленное понижение температуры; 2) наличие

---

[1] Эта особенность полевых шпатов сохраняет силу лишь в том случае, если мы имеем дело с жилами плагиомикроклинового состава. Для нашего района такие жилы как раз и характерны.

растворов, оказывающих ли чисто каталитическое действие или же некоторое метасоматическое воздействие (сегрегационно-метасоматические и метасоматические пертиты высокотемпературного типа).

Несомненно, вторая причина является наиболее существенной, так как трудно предположить, что полевые шпаты пегматитовых жил, после того как они образовались, находились в условиях более медленного понижения температуры, чем, например, полевые шпаты гранитов. Вместе с тем, в полевых шпатах гранитов явления пертитообразования проявлены, как известно, значительно слабее.

9. Основные стадии эволюции полевых шпатов

На протяжении пегматитового процесса полевые шпаты претерпевают длительную историю развития. Меняются размер, форма и характер выделения полевых шпатов. Возникают одни, а затем сменяются другими, различного рода полевошпатовые и кварц-полевошпатовые срастания, начиная от срастаний высокотемпературного типа, кончая срастаниями низкотемпературными, и т. д.

Все основные стадии эволюции полевых шпатов и главным образом эволюции пертитовых срастаний, в соответствующей последовательности, с учетом всего того, что уже было сделано в этом направлении В. Д. Никитиным, излагаются ниже (см. также табл. 2).

1. Прямая кристаллизация полевых шпатов вместе с кварцем и другими минералами из расплава с образованием породы типа гранит-аплита или неравномернозернистого гранита.

Зерна полевых шпатов здесь ксеноморфны и имеют более или менее одинаковые размеры. Иногда структура породы приближается порфировидной и тогда более крупные размеры приобретает микроклин.

Микроклин обычно решетчатый и непертитовый; плагиоклаз полисинтетически сдвойникованный и не заключает антипертитовых вростков

2. Перекристаллизация полевых шпатов и кварца с незначительным перемещением материала. Этот процесс может осуществляться двояким образом: а) путем одновременного роста полевых шпатов и кварца с образованием главным образом письменных структур перекристаллизации; б) путем преимущественно укрупнения размера выделений полевых шпатов с образованием пойкилитовых структур перекристаллизации, изопертитов перекристаллизации, пертитов перекристаллизации и т. п.

На этой стадии начинают возникать антипертиты перекристаллизации с закономерной и, как правило, однозначной взаимной ориентировкой атомных структур микроклина и плагиоклаза. Антипертитовые вростки микроклина могут еще не содержать пертитовых вростков альбита.

На этой же стадии начинается образование пертитов первого рода (крипто-пертитов и микро-пертитов), т. е. пертитов распада. Пластинки альбита в них ориентированы по закону $(\bar{1}5.0.2)$.

3. Наряду с продолжающейся перекристаллизацией **образование пертитов распада.**

Далее постепенная сегрегация пертитового альбита из мелких вростков в крупные. Этот процесс идет таким образом, что образующиеся более крупные сегрегационные пертитовые вростки оказываются ориентированными не только по закону $(\bar{1}5.0.2)$, но и по закону (100), $(1\bar{1}0)$, $(20\bar{1})$, а иногда и по (001) и (010).

Таблица 2

Эволюция полевых шпатов в ходе процесса формирования интрузивных пегматитов Южной Карелии

(по В. Д. Никитину и С. А. Руденко)

Главные этапы процесса эволюции	Основные стадии процесса	Морфологические особенности полевых шпатов и структуры их взаимного срастания или срастания с кварцем, возникающие в процессе эволюции	Основные признаки полевых шпатов и структур полевошпатовых срастаний
Щелочная	Прямая кристаллизация из расплава Перекристаллизация с небольшим перемещением материала	Зерна полевых шпатов ксеноморфны Образование письменных структур перекристаллизации (графика первого рода) Укрупнение зерен полевых шпатов с образованием реликтовых структур перекристаллизации: пойкилитовых, плагиоклаз-изопертитов перекристаллизации и др.	Микроклин решетчатый и непертитовый Плагиоклаз полисинтетически сдвойникованный, без антипертитовых вростков Незакономерная ориентировка атомных структур пойкилитовых вростков и вмещающих полевых шпатов. Закономерная, но чаще неоднозначная взаимная ориентировка атомных структур вростков и плагиоклаза „хозяина" в плагиоклаз — изопертитах перекристаллизации
		Начало образования антипертитов перекристаллизации	Закономерная и однозначная взаимная ориентировка атомных структур плагиоклаза и микроклина в антипертитах перекристаллизации
		Начало образования пертитов распада	Закономерная и однозначная взаимная ориентировка атомных структур микроклина альбита в пертитах распада Расположение пластинок альбита по закону $(\bar{1}5.0.2)$
		Очертания зерен полевых шпатов извилистые	Микроклин решетчатый и непертитовый или перешетчатый, но пертитовый Плагиоклаз полисинтетически сдвойникован; иногда заключает антипертитовые вростки микроклина Альбит пертитовых вростков монокристален
	Продолжение перекристаллизации и слабый натровый метасоматоз	Продолжение укрупнения зерен полевых шпатов и образования упомянутых выше срастаний Начало образования сегрегационных, а затем и сегрегационно-метасоматических пертитов	Расположение пластинчатых вростков в сегрегационных пертитах по законам $(\bar{1}5.0.2)$, (100), $(\overset{+}{-}\bar{1}10)$, $(\bar{2}01)$, (010) и (001). Взаимная ориентировка атомных структур альбита и микроклина та же, что и в пертитах распада То же расположение пластинчатых вростков и та же взаимная ориентировка атомных структур альбита и микроклина в сегрегационно-метасоматических пертитах, что и в сегрегационных пертитах

Главные этапы процесса эволюции	Основны процесса	Морфологические особенности полевых шпатов и структуры их взаимного срастания или срастания с кварцем, возникающие в процессе эволюции	Основные признаки полевых шпатов и структур полевошпатовых срастаний
Существенно перекристаллизация	Перекристаллизация с интенсивным перемещением материала Усиление натрового метасоматоза	Продолжение укрупнения зерен полевых шпатов и образование упомянутых выше срастаний Образование сегрегационных письменных структур (графика второго рода) Начало образования метасоматических пертитов (относительно высокотемпературных; замещение ионного типа)	Вростки сегрегационно-метасоматических пертитов могут пересекать стыки смежных зерен микроклина Микроклин по мере укрупнения пертитовых вростков приобретает двойниковое строение, а затем размеры неделимых двойниковой решетки увеличиваются Закономерная и однозначная взаимная ориентировка атомных структур альбита и микроклина в метасоматических пертитах Приуроченность чаще всего вростков в метасоматических пертитах к трещинам спайности и трещинкам раскола
		Образование метасоматических кварцевых альбититов Очертания выделения полевых шпатов извилистые	Микроклин решетчатый и пертитовой Плагиоклаз полисинтетически сдвойникован; часто антипертитовый Альбит пертитовых вростков как монокристальный, так и сдвойникованный по альбитовому закону
	Завершение перекристаллизации. Дальнейшее усиление натрового метасоматоза	Сегрегация полевых шпатов и кварца вплоть до образования мономинеральных зон. Продолжение образования упомянутых выше полевошпатовых срастаний. Окончание процесса образования реликтовых структур перекристаллизации и антипертитов перекристаллизации. Завершение процесса образования сегрегационно-метасоматических пертитов вплоть до образования грубых изометрических вростков. Завершение процесса образования метасоматических пертитов (высокотемпературных) Образование метасоматических антипертитов путем замещения плагиоклаза микроклином по трещинкам раскола	Взаимная ориентировка атомных структур микроклина и плагиоклаза закономерна и чаще однозначна

Главные этапы процесса эволюции	Основные стадии процесса	Морфологические особенности полевых шпатов и структуры их взаимного срастания или срастания с кварцем, возникающие в процессе эволюции	Основные признаки полевых шпатов и структур полевошпатовы срастаний
Существенно метасоматоз	Метасоматическая стадия	Полевые шпаты приобретают собственные кристаллографические формы	Микроклин груборешетчатый и грубопертитовый Плагиоклаз полисинтетически сдвойникованный, иногда антипертитовый Альбит пертитовых вростков часто полисинтетически сдвойникован по альбитовому, а иногда и переклиновому законам
		Начало процесса альбитизации с образованием мирмекитов, а также метасоматических пертитов, антипертитов и изопертитов (среднетемпературного типа)	Закономерная и однозначная взаимная ориентировка атомных структур микроклина и альбита (или олигоклаз-альбита) в пертитовых срастаниях среднетемпературного типа
		Продолжение и усиление образования мирмекитов и метасоматических пертитов, антипертитов и изопертитов (среднетемпературного типа; замещение с разрушением кристаллической решетки микроклина)	
		Образование мирмекитов, антипертитов, изопертитов и очень редко пертитов (низкотемпературного типа; замещение с разрушением кристаллической решетки микроклина) в процессе альбитизации	Закономерная, но неоднозначная взаимная ориентировка атомных структур вростков и вмещающего полевого шпата в пертитовых срастаниях низкотемпературного типа
		Замещение полевых шпатов биотитом, апатитом, гранатом, а затем и рудными минералами	
		Вторичные изменения полевых шпатов (серицитизация, пелитизация, жильбертитизация)	

Реже образуются крупные вростки изометричной формы.

Параллельно с укрупнением размера вростков альбита микроклин из нерешетчатого переходит в решетчатый, а затем размер неделимых двойниковой решетки постепенно увеличивается. На этой же стадии начинается образование сегрегационно-метасоматических пертитов. Вростки пертитов этого типа пространственно ориентированы так же, как и вростки сегрегационных пертитов, но в отличие от последних они могут пересекать стыки смежных зерен или двойниковые швы смежных индивидов микроклина.

Здесь уже имеет место слабо проявленный натриевый метасоматоз, так как при формировании сегрегационно-метасоматических пертитов частично K выносится, а Na привносится.

По мере укрупнения сегрегационно-метасоматических вростков также происходит укрупнение двойниковой решетки микроклина.

4. Перекристаллизация полевых шпатов и кварца **с интенсивным перемещением материала.**

Происходит дальнейшее увеличение размера выделений полевых шпатов, обычно сопровождающееся накоплением микроклина в центральных частях пегматитовых тел, а плагиоклаза в призальбандовых.

Процесс роста зерен полевых шпатов сопровождается образованием различного рода реликтовых структур.

На этой стадии образуется основная масса антипертитов перекристаллизации. Формирование антипертитов этого типа внешне выглядит как процесс замещения микроклина плагиоклазом. При этом происходит постепенное уменьшение вростков микроклина вплоть до их полного исчезновения. Вростки микроклина в плагиоклазе иногда сами заключают пертитовые вростки альбита.

Из выросших вновь крупных выделений микроклина, повидимому, выделяются новые порции пертитовых вростков распада, а затем происходит сегрегация альбита этих мелких вростков распада.

Интенсивно протекает образование не только сегрегационных, но и сегрегационно-метасоматических пертитов, причем альбит крупных вростков приобретает двойниковое строение (двойники обычно по альбитовому, а иногда и периклиновому законам). Наконец, на этой стадии начинается образование метасоматических пертитов (высокотемпературного типа), которые развиваются путем замещения микроклина альбитом (в сущности, замещение ионов K ионами Na) преимущественно по трещинкам спайности и трещинкам раскола.

Характерной особенностью большинства пертитовых срастаний, возникающих на протяжении почти всего процесса перекристаллизации, является не только закономерная, но и однозначная взаимная ориентировка атомных структур двух образующих эти срастания полевых шпатов.

Завершается эта стадия замещением микроклина агрегатом зерен альбита и кварца (кварцевый альбитит). Жилки кварцевого альбитита пересекают грубые пертитовые вростки изометричной формы.

Развиваются они по периферии выделений микроклина или по трещинкам в последнем. Надо полагать, что альбит кварцевого альбитита частично был образован за счет пертитового альбита, обособившегося при сегрегации микроклина.

5. Завершение процесса перекристаллизации. Сегрегация полевых шпатов и кварца вплоть до образования мономинеральных зон. Рост крупных кристаллов частично сопровождается образованием различного рода реликтовых структур.

На этой стадии образование антипертитов перекристаллизации и всех остальных реликтовых структур заканчивается.

Из микроклина вновь образованных мономинеральных зон выделяются мелкие вростки распада. Те условия внешней среды, которые способствуют интенсивному перемещению минеральных компонентов на этой стадии, повидимому, способствуют дальнейшему переходу выделившихся вростков распада в более крупные пластинчатые, а затем в грубые изометричные. Эти крупные вростки нередко полисинтетически сдвойникованы.

Продолжается процесс замещения микроклина альбитом по трещинкам раскола (метасоматические пертиты). Этот процесс, естественно, связан с выносом K и привносом Na, но не всегда общая направленность процесса, определяющаяся постепенным усилением натрового метасоматоза, выдерживается.

Так, повидимому, на этой стадии аномально и в очень слабой степени проявляется и калиевый метасоматоз — замещение плагиоклаза микроклином по трещинкам раскола с образованием антипертитов заме-

щения. Замещаются обычно сильно катаклазированные, причем иногда чрезвычайно деформированные, плагиоклазы.

После того как заканчивается сегрегация полевых шпатов и кварца, а вслед за этим пертитовый распад и сегрегация пертитового альбита, продолжают все усиливаться явления метасоматического замещения, что обусловлено постепенным изменением физико-химических условий.

Сначала возникают упомянутые пертиты замещения, в которых, еще раз подчеркнем, взаимная ориентировка атомных структур обоих полевых шпатов не только закономерна, но и однозначна.

Затем начинается такое замещение микроклина альбитом или олигоклаз-альбитом, при котором хотя однозначная ориентировка атомных структур и имеет место, но происходит разрушение кристаллической решетки микроклина. Такое замещение было названо нами относительно среднетемпературным.

При этом нередко образуются мирмекиты. Если часть микроклина остается в альбите в виде реликтов, то возникают антипертиты замещения. При замещении альбитом плагиоклаза иногда возникают изопертиты.

6. Метасоматическая стадия. Продолжаются и усиливаются явления замещения микроклина и плагиоклаза альбитом (или олигоклаз-альбитом) с сохранением однозначной взаимной ориентировки атомных структур.

При дальнейшем снижении температуры характер процесса замещения меняется таким образом, что однозначная ориентировка атомных структур микроклина (или плагиоклаза) и альбита уже не сохраняется. При этом образуются мирмекиты, а также иногда возникают антипертиты замещения, когда альбитом замещается микроклин, или — плагиоклаз-изопертиты замещения, когда альбитом замещается плагиоклаз.

Следует заметить, что явление альбитизации полевых шпатов южнокарельских пегматитов проявлено в довольно слабой степени и только в некоторых дифференцированных жилах оно идет вплоть до образования торцовых пертитов замещения и альбититов.

На этой стадии образуются, замещая главным образом полевые шпаты, почти все метасоматические минералы, начиная с биотита и апатита, а затем граната, рудных и других минералов.

Весь процесс заканчивается уже не постмагматическим, а вторичным изменением полевых шпатов (серицитизацией, пелитизацией)

Автор считает своим долгом выразить искреннюю признательность В. Д. Никитину и В. И. Михееву, ценные советы которых способствовали выполнению работы, а также Д. П. Григорьеву и И. И. Шафрановскому, внимательно просмотревшим рукопись и сделавшим ряд замечаний.

С весьма интересными шлифами полевых шпатов автору удалось ознакомиться благодаря любезности К. Н. Свитальской, Е. В. Свирской, Э. Е. Федорова и В. Кудрявцева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырев А. К., О морфологии, генезисе и классификации пертитов и других полешпатовых срастаний, Труды ЦНИГРИ, 1934, вып. 12.
2. Бунтин Г Н., Пегматиты Кемского района, изд. Ленинградского государственного университета, 1937.
3. Вендланд К. Н., Микроскопическое исследование пегматитов Мамского слюдоносного района, Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения НКТП СССР, 1932, вып. 221.

4. Вернадский В. И. и Курбатов Земны алюмосиликаты и их аналоги, ОНТИ, 1937
5. Заварицкий А. Н., Петрография Бердяшского плутона, ОНТИ, 1937.
6. Заварицкий А. Н., Основной вопрос физической химии процесса образования пегматитов, Известия АН СССР, серия геологическая, 1944, № 3.
7. Заварицкий А. Н., О пегматитах, как образованиях промежуточных между изверженными горными породами и рудными жилами, Записки Минералогического общества, 1947, ч. 76, вып. 1.
8. Заварицкий А. Н., Граниты и аплиты, Записки Минералогического общества, 1940, вып. 2.
9. Коржинский Д. С., Петрологический анализ флогопитовых и мусковитовых месторождений Восточной Сибири, сборник «Слюды СССР», изд. ЦНИГРИ, 1937.
10. Наковник Н. И. О метасоматическом минералообразовании законе равных объемов, Записки Минералогического общества, 1949, № 4.
11. Никитин В. Д., Основные черты генезиса керамических пегматитов Южной Карелии, Записки Минералогического общества, 1949, т. XXVIII, вып. 3.
12. Никитин В. Д., К генезису слюдяных пегматитов Карелии, Записки Минералогического общества, 1950, т. XXIX, вып. 4.
13. Оллинг Г Л., Петрология, перевод с английского под ред. В. И. Лучицкого, 1941.
14. Руденко С. А., К вопросу о морфологии пертитовых срастаний полевых шпатов, Записки Минералогического общества, 1949, т. XXVIII, № 4.
15. Соболев В. С., Введение в минералогию силикатов, изд. Львовского государственного университета, 1949.
16. Ферсман А. Е., Пегматиты, т. 1, изд. АН СССР, 1940.
17. Andersen O., The genesus of some types of feldspar from granite pegmatites Norsk Geol. Tidd, 1928, X.
18. Ebert H., Die Art der verwachsung bei einigen granitischen perthitfeldspateu, Fortsehr. d. Min., 1931, LX.
19. Goldish S. S. and Kinser F. H. Perthite from Toru Hill, Ontario, Amer. Min., 1939, v. 24, N. 7.
20. Rosenbusch H. und Mügge O., Mikr. Phis. d. pert. wicht., Min., 1927, Bd. I, H. 2, S. 671—675, 729—731.

Поступило 5.I. 1952 г.