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

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ И МЕТАСОМАТОЗА В СЛЮДОНОСНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ПЕГМАТИТАХ

Доц. *Д. Никитин*

Среди большого круга геологов, исследующих месторождения пегматитов, до самого последнего времени не установился общий взгляд на их генезис.

До сих пор еще пользуется широкой популярностью теория образования пегматитов А. Е. Ферсмана. Огромная работа А. Е. Ферсмана и группы его сотрудников, направленная на сбор материалов, характеризующих минеральный состав пегматитов почти всех районов СССР, сыграла большую положительную роль, привлекая к этим месторождениям всеобщее внимание и тем способствуя их скорейшему промышленному освоению. Этой группой исследователей было справедливо установлено, что образование пегматитов является очень сложным процессом, протекающим в изменяющихся физико-химических условиях и что в соответствии с изменением условий кристаллизации меняются парагенетические ассоциации образующихся минералов. Однако целый ряд принципиальных положений общей теории генезиса пегматитов А. Е. Ферсмана, как известно, не оправдался.

Представления А. Е. Ферсмана о том, что пегматиты образуются путем последовательной кристаллизации по типу замкнутой системы, так называемого пегматитового водо-огненного расплава [28], сильно обогащенного летучими компонентами, давно уже встречали возражения.

С течением времени все больше накапливалось указаний на то, что в формировании пегматитов значительная роль принадлежит процессам перекристаллизации и замещения [27 и др.]. Особенно резко это подчеркнул в 1937 г. Д. С. Коржинский, опубликовав материалы, собранные им на месторождениях Мамского района [11].

Слабость ряда положений теории А. Е. Ферсмана наглядно обнаружилась тогда, когда перед исследователями встала насущная необходимость расшифровки закономерностей размещения в пегматитовых телах различных минералов и влияния вмещающих пород на характер минерализации пегматитов. О закономерностях образования, например, мусковита в пегматитах, А. Е. Ферсманом высказывались, как будет показано ниже, не совсем соответствующие действительности положения.

В 1944 г. А. Н. Заварицкий [9] доказал, что в основу теории А. Е. Ферсмана были положены вообще ошибочные физико-химические положения Фогта и Ниггли.

В этот же период и позднее В. А. Николаев опубликовал ряд работ [19], [20], [21], посвященных анализу пределов растворимости легко летучих компонентов, в том числе и воды, в силикатных расплавах и процессам отделения их при кристаллизации. Стало очевидным, что само допущение Ферсмана о наличии так называемой водо-огненной пегматитовой магмы лишено оснований. Вспомним, что именно летучие компоненты, концентрирующиеся, по мысли А. Е. Ферсмана, в большом количестве в остаточном расплаве, сообщали этому расплаву необходимые свойства (пониженную вязкость, подвижность и пр.), которые и обеспечивали благоприятные условия для роста крупных кристаллов различных минералов при раскристаллизации этого пегматитового расплава, возникновения зонального распределения вещества в пегматитах и других особенностей.

Имея в виду все эти противоречия и, вместе с тем, желая сохранить основное положение теории А. Е. Ферсмана, К. А. Власов в ряде работ (1943—1951 гг.) высказал свои взгляды на генезис пегматитов.

К. А. Власов считает, что особый пегматитовый расплав действительно существует и обладает всеми теми свойствами, какие приписывал ему А. Е. Ферсман, но высокая концентрация летучих компонентов в нем осуществляется не путем растворения их в остаточном расплаве, а благодаря тому, что эти газы насыщают расплав в форме обособившихся пузырьков. «В процессе поднятия и становления интрузий, — пишет он, — понижается растворимость газов в магме, которые вместе с свободными газами, находящимися в магме, в форме пузырьков поднимаются и концентрируются в верхних частях интрузий или их апофизах, т. е. в областях с пониженным давлением и температурой. Таким образом, п е г м а т и т о в а я м а г м а (разрядка наша. — **В. Н.**) и очаги пегматитовых магм зарождаются и развиваются не путем отжима и локализации межзернистой жидкости в конце кристаллизации интрузий, а посредством обогащения обычной рядовой магмы летучими, в том числе и редкометальными соединениями, эманационным путем до начала кристаллизации интрузий. Обогащенная легколетучими соединениями магма в этих очагах обладает иными, по сравнению с другими частями интрузий, свойствами: 1) она обладает большим запасом тепловой энергии; 2) благодаря наличию газов ей свойственна меньшая температуропроводность (повидимому, надо понимать «теплопроводность». **В. Н.**) и медленная потеря теплоты; 3) она представляет собой более легкоплавкий и менее вязкий расплав-раствор, имеет более низкую температуру кристаллизации и характеризуется медленной кристаллизацией, что и приводит к более крупнокристаллическим образованиям; 4) наличие повышенного количества редких элементов и легколетучих соединений создает предпосылки для лучшей кристаллизационной дифференциации, развития редкометального оруденения и процессов замещения» [6].

Как видим, эта трактовка генезиса пегматитов, за исключением предположения К. А. Власова об иной форме концентрации летучих компонентов в расплаве, полностью повторяет теорию А. Е. Ферсмана. Возвращая нас к теории А. Е. Ферсмана, она нашла себе ряд последователей среди геологов, изучающих пегматитовые месторождения. Поэтому необходимо остановить внимание на следующих, как кажется нам, ошибочных ее положениях.

1. Наличие ряда несоответствий с простыми, хорошо известными законами физической химии.

Жидкость (расплав), обогащенная множеством газовых пузырьков, всегда имеет вязкость гораздо бо́льшую, чем однородная жидкость,

а совсем не меньшую, как это допускает почему-то К. А. Власов. Пена любой жидкости (расплава) всегда несравненно более вязка, чем однородная жидкость. Это явление, как известно, обусловлено тем, что в жидкости, насыщенной пузырьками газа, в соответствии с увеличением поверхности ее резко возрастает поверхностное натяжение. Таким образом, пузыристый пегматитовый расплав К. А. Власова обладал бы как раз обратными свойствами, чем это допускает К. А. Власов, — он был бы более вязок, чем простой магматический расплав.

Газ, не растворенный в жидкости, а представляющий самостоятельную фазу, не понижает температуру кристаллизации расплава, как полагает К. А. Власов.

2. Наличие противоречий с наблюдающимися природными явлениями. Многие тела керамических пегматитов Карелии составляются гигантскими кристаллами. Следовательно, по К. А. Власову, здесь были наиболее благоприятные условия кристаллизации расплава, т. е. достаточно высокая концентрация газовых пузырьков. Спрашивается, почему же в этих пегматитах нет никаких полостей, пустот и занорышей, а они совершенно монолитны? Чем же заполняется тот объем тела, который ранее в расплаве был занят этими пузырьками?

Таким образом, допущение К. А. Власовым концентрации летучих компонентов в форме пузырьков не оправдано ни теорией, ни опытом наблюдения природных явлений. Трактовка К. А. Власова еще менее объясняет образование гигантокристаллических агрегатов в пегматитах, чем прежние представления А. Е. Ферсмана. В остальном же, как мы видели, она в полной мере повторяет теорию А. Е. Ферсмана и поэтому по отношению к ней справедливы все те возражения, что и против теории А. Е. Ферсмана. Кстати, сказать, даже сам К. А. Власов в начале своей цитированной выше статьи пишет, что теория А. Е. Ферсмана оказалась несостоятельной.

Оставляя пока в стороне перечень реальных явлений по соотношению различных структурных ассоциаций в пегматитах, противоречащих этой трактовке, о чем будет сказано ниже, посмотрим, как эта трактовка влияет на решение практических вопросов по оценке и эксплуатации пегматитовых месторождений.

Газовые пузырьки по К. А. Власову концентрируются в верхней части жил, поэтому здесь же будет происходить и образование главной массы минералов, возникающих при участии этих летучих компонентов, в частности и слюд. Этот вывод повторяют и другие последователи К. А. Власова (например, совсем недавно А. А. Беус [2]).

Основное положение этих авторов заключается в том, что с глубиной слюдонасыщение падает. Следовательно, отработав часть жилы промышленным ослюденением, жилу можно бросать, не приложив усилий для глубинной ее разведки. Не этими ли теориями побуждались в прошлом некоторые практические работники, принимавшие такие решения. С таким пессимистическим взглядом на оценку слюдоносности жилы согласиться никак нельзя. Мы знаем ряд примеров, когда жилы сохраняли слюдонасыщение вплоть до почти полного выклинивания, когда находились слепые гнезда в жилах, сохраняющих на глубине свою форму, а сверху и снизу их пегматит не имел промышленного ослюденения, когда одно гнездо ниже по падению сменялось другим гнездом, а жила не меняла ни своей формы, ни своих основных текстурных и структурных особенностей.

В 1947 г. А. Н. Заварицкий, как известно, предложил новую общую физико-химическую теорию пегматитового процесса [10], хорошо согласующуюся со многими явлениями, наблюдающимися в пегматитах.

Однако разработка представлений о процессах формирования конкретных типов пегматитовых месторождений в развитие теории А. Н. Заварицкого и идей Д. С. Коржинского, таких представлений, которые могли бы служить инструментом для решения задач промышленности (например, слюдодобывающей), еще далеко не закончена. Больше того, она еще только начинается и доведение ее до конца потребует большого труда всего коллектива работников, непосредственно изучающих месторождения пегматитов.

В связи с этим в предлагаемой статье автор хотел обратить внимание на главные особенности строения пегматитовых тел Карелии и Мамского района.

I. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕГМАТИТОВ

В Карелии главная масса мусковитоносных пегматитов приурочена к беломорскому комплексу. Беломорский комплекс пород очень сложен по составу. Породы, его слагающие, неоднократно подвергались глубокому метаморфизму. История его геологического формирования длительна и сложна и к настоящему времени многие особенности строения остаются еще далеко не выясненными.

Основу комплекса составляют глубоко метаморфизованные вулканогенные и осадочные породы — песчано-глинистые, глинистые, аркозовые, мергелистые и в небольшом количестве известняки.

Господствующую роль среди этих метаморфических первично-осадочных пород имеют биотитовые и гранато-биотитовые плагиоклазовые и микроклин-плагиоклазовые гнейсы. В несколько меньшем количестве в состав комплекса входят роговообманковые и биотито-роговообманковые гнейсы и в еще меньшем кианито-гранато-биотитовые плагиоклазовые гнейсы. Достаточно широко распространены пара-амфиболиты, иногда с трудом отличаемые от сильно рассланцованных и метаморфизованных орто-амфиболитов.

Перечисленный комплекс пара-пород прорывается целой серией разнообразных по возрасту и петрографическому составу магматических образований. На основании взаимного пересечения этих образований, своеобразия последующих метаморфических явлений в них и характера их деформации последовательность в геологическом формировании всего беломорского комплекса можно представить табл. 1.

Для всей площади распространения беломорского комплекса характерно очень сложное тектоническое строение. Зачастую участки, сложенные породами, собранными в сравнительно пологие и простые складки, чередуются с участками очень интенсивного смятия. Сложность тектонического строения обусловливается наличием по крайней мере трех эпох складчатости, магматической деятельности и метаморфизма, многократными разломами гнейсовой толщи и пр.

Наиболее древними проявлениями тектонических процессов являются разломы, проходившие в свионийских породах и послужившие каналами для внедрения интрузий основных пород, представленных теперь древнейшими орто-амфиболитами.

Затем вся область была захвачена постсвионийской складчатостью, создавшей складчатые структуры преимущественно северо-западного простирания. Со складчатостью этой эпохи связаны: внедрение гранитов, метаморфизм вмещающих пород, превращение последних из исходных осадочных в разнообразные гнейсы и в некоторых местах проявляющиеся явления гранитизации и мигматизации (определенного масштаба).

Таблица 1

Состав пород	Время образования
Гнейсы беломорской формации: биотитовые, двуслюдяные, роговообманковые, гранато-биотитовые, дистено-гранато-биотитовые и пара- и частью орто-амфиболиты Габбро-амфиболиты	Свионий
Граниты, гнейсо-граниты (граниты I группы), преимущественно микроклино-плагиоклазового и плагиоклазового состава	Постсвионийские
Интрузивные основные и ультраосновные породы: габбро-нориты, друзиты, пироксениты, перидотиты и пр. Граниты, гнейсо-граниты (граниты II группы) преимущественно плагиоклаз-микроклинового состава	Постботнийские (?)*
Граниты, гнейсо-граниты (граниты III группы)	Посткарельские
Жильные породы щелочного состава	Палеозой (?)

* Отнесение этих пород к постботнийской эпохе произведено сугубо условно. Сейчас этот вопрос является дискуссионным.

В связи с гранитами этой эпохи (граниты I группы) образовались редкие пегматитовые жилы. Затем возникали новые разломы всей толщи и заполнялись основной и ультраосновной магмой, образовавшей различного размера тела габбро-норитового, пироксенитового и перидотитового состава.

В следующую эпоху складкообразования ранее созданные структуры в значительной мере были переориентированы с преобладающим простиранием осей складок в меридиональном направлении. В эту эпоху интрудировали новые массы гранитных пород (граниты II группы), сопровождавшиеся метаморфизмом вмещающих пород.

Тектоническими движениями этой эпохи складчатости тела основных пород раскалываются на части и обминаются (будинируются), что приводит к образованию отдельных, разобщенных, заключенных со всех сторон в гнейсы тел основных пород. Это обстоятельство имеет особое значение для понимания влияния минерального состава пород на характер ослюденения пегматитовых жил.

Очень важно, что зачастую небольшие по размерам тела основных пород, в которых иногда встречаются мусковитоносные пегматиты, подстилаются гнейсами.

С гранитами этой эпохи подавляющее большинство исследователей связывает образование почти всех промышленных пегматитовых тел, т. е. считают их практически одновозрастными.

Однако мы уже имели случай отметить (В. Д. Никитин, П. П. Боровиков, 1947 г.), что среди этих пегматитов [1] по геохимическим при-

[1] Общее описание жил в работах П. А. Борисова [3] и А. Н. Лабунцова [13].

знакам различаются три характерных типа. Абсолютный возраст первого типа жил, как известно [13], составляет 1700—1800 миллионов лет. Абсолютный возраст второго типа, по всем геохимическим особенностям вполне тождественного пегматитам Южной Карелии, составляет, по-видимому, те же 1350 миллионов лет [16]. Таким образом, вряд ли правильно различные пегматиты связывать с гранитами одной эпохи.

В последнее время в ряде мест Северной Карелии и на Кольском полуострове были обнаружены взаимные пересечения одних пегматитовых жил другими (А. В. Скропышев, Л. В. Калафати и др.). Это обстоятельство лишний раз подтверждает разновозрастность крупных пегматитовых жил, но окончательное решение этого вопроса еще не получено.

К настоящему времени геологическая структура площадей распространения гнейсов беломорского комплекса расшифрована слабо. Стратиграфического расчленения мощной толщи этих гнейсов еще не сделано, поэтому не выявлены и тектонические структуры.

Это положение явилось в некоторой мере следствием того, что в прошлые годы материалы, характеризующие строение беломорского комплекса, собирались под сильным влиянием идей универсальности процессов гранитизации. Они применялись при изучении Карелии и Кольского полуострова Н. Г Судовиковым и его последователями.

Согласно представлениям этой группы крайних гранитизаторов, все разнообразие гнейсов беломорского комплекса создалось не в результате регионального метаморфизма (без существенного привноса и выноса химических компонентов) соответственно различных по составу исходных пород, а главным образом под воздействием гранитизирующих растворов, сопровождавшимся интенсивными метасоматическими процессами, вызвавшими резкое изменение химического и минерального состава гнейсов.

Согласно этим идеям и все микроклин-содержащие гнейсы являются всегда продуктами процессов все той же гранитизации, сопровождавшейся калиевым метасоматозом (возникновение микроклина), а не метаморфизованными осадочными породами, содержавшими калий в своем исходном составе (такими, например, как микроклин-содержащие аркозы или туфогеновые породы и пр.). Рисовались следующие ряды пород, якобы образующихся друг из друга в результате все усиливающейся гранитизации их — все более сильного проявления щелочного метасоматоза.

1. Кианитовые и гранато-биотитово-кианитовые плагиогнейсы биотитовые плагиогнейсы двуслюдяные гнейсы → микроклин-содержащие гнейсы микроклиновые (или плагиоклазовые) гранито-гнейсы и мигматиты.

2. Амфиболиты амфиболовые плагиогнейсы → биотитовые гнейсы микроклин-содержащие слюдяные гнейсы микроклиновые и плагиоклазовые гранито-гнейсы и мигматиты.

Проявление процессов гранитизации, как и всякого метасоматического явления, могло быть приурочено к отдельным зонам, пятнам и неправильным контурам в связи с характером путей, благоприятных для проникновения этих гранитизирующих растворов. Таким образом, оправдывались карты, на которых различные гнейсы наносились не в виде определенных горизонтов или линзовидных прослоек, а в форме неправильных пятен, зачастую достаточно прихотливых контуров. Так как большинство площадей обнажено плохо [8], возможна была любая интерпретация контуров.

Борьба с идеями крайних гранитизаторов, недавно еще господствовавшими в кругах карельских и кольских геологов, началась лишь в самые последние годы (Никитин В. Д., 1948—1951 гг., Боровиков П. П. 1950—1951 гг.). В связи с проводимой все эти годы дискуссией автор еще раз обращает внимание на следующие явления, противоречащие идее гранитизации.

1. Микроклин-плагиоклазовые гнейсы и гранито-гнейсы на хорошо обнаженных и вполне доступных изучению участках почти всегда встречаются среди других пород в форме согласно залегающих горизонтов и линз, вполне повторяя складчатые формы, имеющиеся на этом участке. Так же залегают и плагиоклазовые так называемые мигматиты. Эти горизонты сплошь и рядом подстилаются нормальными кианитовыми гранатово-биотитовыми гнейсами.

Спрашивается, как могли образоваться эти правильные горизонты микроклиновых и плагиоклазовых мигматитов, если подстилающие их нормальные гнейсы не подверглись влиянию проходивших гранитизирующих растворов?

2. В лейкократовых прослойках слоистых гнейсов («мигматитах») наблюдаются кристаллы неизмененных минералов, которые, по взглядам гранитизаторов, должны были бы быть измененными в первую очередь, так как эти прослойки, по их мнению, и являются результатом самого сильного проявления метасоматических процессов. Если эти прослойки наблюдаются в дистеновых гнейсах, то мы встречаем в них дистен. В прослойках, заключенных в роговообманковых гнейсах, встречаются кристаллы роговой обманки. Состав полевых шпатов и в гнейсах и в этих прослойках вполне тождественен. Таким образом, минералы лейкократовых прослоек ничем не отличаются от минералов темноокрашенных частей породы («гнейсового субстрата» — по выражению гранитизаторов). Разница в строении состоит лишь в том, что лейкократовые прослойки всегда обладают более крупнозернистым сложением и они обеднены темноцветными компонентами, которые концентрируются в темноокрашенных прослойках. Иногда эта дифференциация минеральных компонентов доходит до того, что встречаются гнейсы, в которых темноокрашенные прослойки состоят почти из одного биотита и роговой обманки.

3. В роговообманково-биотитовых микроклин-плагиоклазовых гнейсах биотит не замещает роговую обманку, как это следует по идее гранитизаторов, а в подавляющем большинстве случаев образуется самостоятельно. Больше того, очень часто встречаются идиоморфные кристаллы роговой обманки, вдающиеся в зерна биотита.

4. Микроклин обыкновенно встречается в гнейсах в виде одиночных зерен или сгустков зерен и имеет те же формы, что и плагиоклаз. Несравненно реже он встречается как бы в форме прожилок среди зерен других минералов или как бы облекает по периферии зерна плагиоклаза. Но почему-то именно эти, реже встречающиеся явления и послужили одним из главных отправных моментов для построения идей гранитизации.

Могут ли эти явления вообще служить основанием для допущения в этих случаях наличия процессов калиевого метасоматоза? Очевидно, нет, потому что этот процесс мыслится гранитизаторами, как процесс привноса ионов калия и соответствующий вынос натрия. Тогда есть все основания ожидать замещения ионного типа. Это приведет к образованию закономерно ориентированных антипертитов замещения наподобие, скажем, таких явлений, наблюдающихся в плагиоклазе гнейсов, контактирующих с пегматитовыми жилами, богатыми микроклином, когда вынос

калия из пегматита в гнейсы устанавливается совершенно отчетливо (см. раздел «Околоконтактовые изменения»).

Между тем, антипертиты и вообще закономерно ориентированное замещение плагиоклаза микроклином наблюдается в толще микроклинсодержащих гнейсов очень редко (вне связи с пегматитовыми жилами).

Автор полагает, что гораздо больше оснований своеобразные как бы прожилковые формы нахождения микроклина объяснить простым местным переотложением его в данном участке породы. Не забудем, что микроклин в условиях глубинного метаморфизма обладает большей растворимостью по сравнению с плагиоклазом. Поэтому естественно, что именно он вместе с кварцем будет обладать наибольшей способностью к перемещению, к заполнению возникающих в породе при деформациях мелких трещинок между зернами других минералов.

5. Постоянно наблюдающиеся реакционные зоны между пачками пород гнейсовой толщи, резко отличными друг от друга по составу, не могут подкрепить позиций гранитизаторов. Действительно, между амфиболитами и биотитовыми гнейсами имеется зона биотитово-роговообманковых гнейсов и обнаруживаются явления замещения роговой обманки биотитом. Между дистеновыми плагиогнейсами и микроклин-плагиоклазовыми биотитовыми гнейсами расположены зоны двуслюдяных гнейсов и наблюдаются явления замещения дистена мусковитом. Но это не является доказательством наличия процессов гранитизации.

Реакционные зоны возникают здесь благодаря известным, уже давно разобранным Д. С. Коржинским, биметасоматическим реакциям, всегда и обязательно протекающим между породами, резко отличающимися по составу при процессах их совместного регионального метаморфизма. Доказательство этого в том, что состав этих зон обусловливается только составами пород, между которыми они образованы. Между амфиболитами (или габбро-амфиболитами) и плагиоклазовыми биотитовыми гнейсами всегда развиты плагиоклазовые же роговообманковые гнейсы. Между амфиболитами и микроклиновыми гнейсами постоянно образуются микроклиновые же роговообманковые гнейсы и т. д.

Такими условиями, повторяем, определяются составы всех подобных переходных зон. Спрашивается, почему же пресловутые калиевые метасоматирующие растворы охотно шли по границе между микроклиновыми гнейсами и телами габбро-амфиболитов и упорно избегали тождественной тектонической обстановки на границе между плагио-гнейсами и телами тех же основных пород?

6. Часто наблюдающиеся переходы одних разновидностей гнейсов в другие по простиранию пород так же не являются доказательством проявления здесь процессов гранитизации. Эти особенности гнейсовой толщи могли возникнуть вследствие фациальной смены первично осадочных пород. В составе беломорских гнейсов имеются прослойки богатых глиноземом пород (первично боксит-содержащие отложения), магнезиально-известковисто-кремниевых пород (первично мергелистые отложения), вероятно, так же и первично аркозовых пород и пр. Поэтому есть основание предполагать, что накопление всех этих первично осадочных пород происходило в условиях прибрежных зон, для которых и характерны, как известно, постоянные и быстрые смены фаций.

Таким образом, рассмотрев все эти обстоятельства, мы должны притти к выводу, что основные особенности состава различных горизонтов толщи гнейсов, в том числе и микроклиновых, возникли в результате глубинного регионального метаморфизма осадочных пород различного первичного состава, приводящего часто к послойной дифференциа-

ции минерального вещества пород (слоистые гнейсы с чередованием лейкократовых и меланократовых прослоек) Мы не видим достоверных доказательств проявления процессов гранитизации, сопровождаемых изменением первичного химического состава пород. Поэтому, как мы уже имели случаи обращать внимание (П. П. Боровиков, В. Д. Никитин, 1950 г.), стратиграфическое расчленение толщи гнейсов представляется вполне возможным и должно быть сделано на основе выделения пачек гнейсов, характерных по своему составу, или, имея в виду частую фациальную смену, путем выделения целых свит, обладающих теми или иными постоянными особенностями состава, структур и текстур. Такое расчленение даст возможность выявить и тектонические структуры в гнейсовой толще.

Мы не хотим этим сказать, что процессы гранитизации вообще не имеют места в толще беломорских гнейсов. Они несомненно наблюдаются, но развиты очень ограниченно, лишь в некоторых определенных местах (например, вокруг Соностровских гранитов), и заметно не влияют на состав всей толщи в целом.

В Мамском районе пегматитовые тела залегают также среди толщи глубоко метаморфизованных первично осадочных пород — разнообразных гнейсов и кристаллических сланцев с прослойками метаморфизованных карбонатных пород и кварцитов — и в этом отношении обладают некоторыми общими чертами с пегматитами Карелии.

Подробная и обстоятельная характеристика геологических особенностей строения Мамского пегматитоносного района изложена в многочисленных опубликованных трудах Д. Т Мишарева [1], [15], Д. С. Коржинского [11], Н. В. Петровской [22], Н. П. Семененко [23], [24], П. Н. Маркова [14] и многих других, поэтому здесь нет нужды приводить подробное описание его геологии. Имея в виду данные таких прекрасных знатоков Мамского района, как Л. М. Тумольского, М. А. Завалишина, С. А. Юзефовича, П. Н. Сучкова и др., напомним лишь главные геологические черты района.

Пегматитовые тела залегают среди полосы метаморфических пород, смятых в виде сложного синклинория. Полоса протягивается с юго-запада на северо-восток и зажата между массивом чуйских гранитов с северо-запада и массивом мамских гранитов с юго-востока. Возрастные соотношения между этими тремя основными комплексами пород к настоящему времени остаются не вполне расшифрованными и у исследователей нет еще единого мнения об этом. Не установлен еще единодушно геологический возраст этих комплексов. В последнее время бо́льшая часть исследователей склоняется к тому, что обе гранитные интрузии моложе, чем эта толща метаморфических пород. Последняя некоторыми геологами считается архейской, некоторыми — протерозойской.

Н. П. Семененко расчленяет толщу метаморфических пород на три главных отдела и на ряд свит еще внутри каждого из них. Приводим схему стратиграфического деления, предложенного Н. М. Семенко, [24] без изменений (табл. 2).

Кроме этого, рядом исследователей производится еще более дробное расчленение метаморфических пород с выделением ряда характерных горизонтов, наглядно обрисовывающих всю сложную систему складчатых структур (М. А. Завалишин, Н. А. Львова, Е. П. Чуйкина и др.).

Мамская метаморфическая толща очень интенсивно дислоцирована. Широкое распространение имеют изоклинальные складчатые структуры, флексуры и разрывы самых разнообразных размеров. Кроме того, тектонические структуры усложнены еще наличием поперечной складчатости,

Таблица 2

Система	Отдел	Свиты	Состав свиты
Верхний протерозой		Интрузия Мамских гранитов и щелочных сиенитов	
		Зеленая метаморфическая формация	
		Перерыв	
		Интрузия Чуйских гранитов	
Нижний протерозой	Верхний	1. Свита мраморов, мощность 1 *км*	Представлена серыми полосчатыми известняками, биотитовыми мраморами, известковыми роговиками
		2. Кункудерская известково-сланцевая свита, мощность 300—400 *м*	Представлена переслаиванием мрамора и узловатых слюдисто-песчаных сланцев микрогнейсов и роговиков
	Средний	3. Верхнегнейсовая свита, мощность 1 *км*	Представлена темносерыми среднезернистыми биотитовыми плагиогнейсами и биотито-гранатовыми гнейсами с прослоями линз, известковых скарнированных пород и двуслюдяных гнейсов
		4. Соглиондонская верхнесланцевая свита, мощность 0,4—0,5 *км*	Верхний амфиболитовый ярус представлен гранатовыми амфиболитами, скарнами, биотито-гранатово-кварцевыми сланцами и мигматитами
			Нижний сланцевый ярус представлен мусковито-гранато-кварцевыми дистеновыми сланцами и полевошпатизированными гнейсами
		5. Нижнегнейсовая свита, мощность 0,5 *км*	Представлена светлосерыми лейкократовыми биотитовыми среднезернистыми гнейсами с прослойками аркозовых кварцитов
		6. Колотовская нижнесланцевая свита переслаивания, мощность 0,5—0,7 *км*	Состоит из переслаивающихся серых биотито-гранато-дистеновых полевошпатизированных гнейсов, биотитовых и двуслюдяных гнейсов, кварцитов и редких прослоев мрамора
	Нижний	7. Слюдянская свита узловатых гнейсов и кварцитов, мощность 1 *км*	В состав свиты входят узловатые биотито-гранатовые мелкозернистые плагиогнейсы с кордиеритом, кварциты и прослои гранатово-кварцевых скарнов

Продолжение табл. 2

Система	Отдел	Свиты	Состав свиты
Верхний протерозой	Интрузия Мамских гранитов и щелочных сиенитов		
	Зеленая метаморфическая формация		
Перерыв			
Интрузия Чуйских гранитов			
Нижний протерозой	Нижний	8. Витимская или кварцито-сланцевая свита, мощность 1,5—1 *км*	Верхний известково-сланцевый ярус представлен: биотито-гранато-дистеновыми полевошпатизированными гнейсами, слюдяными известковыми сланцами, кордиеритовыми биотито-гранатовыми роговиками, известковыми кварцитами, переслаивающимися с мраморами и редкими прослоями граувакки Нижний сланцево-песчаный ярус представлен: графитистыми филлитовидными сланцами, мусковито-гранато-дистеновыми полевошпатизированными сланцами, переслаивающимися с кварцитами и редкими известковыми прослоями
		9. Чуйская амфиболово-сланцевая свита, мощность 1,5—1 *км*	В состав свиты входят: амфиболовые, амфиболово-эпидотовые, слюдяно-ставролитовые сланцы, амфиболиты, филлитовидные песчанистые сланцы, микрогнейсы и мигматиты

возникновение которой связано со вторым периодом складкообразовательных движений.

Метаморфическая толща прорвана многочисленными пегматитовыми телами и редкими маломощными жилами гранитов. Магматический очаг, с которым генетически связаны пегматитовые тела, еще не установлен с полной достоверностью. Часть исследователей связывает их с гранитами мамской интрузии [24 и др.], некоторые [14], [15], [22] считают возможным наличие еще не вскрытых эрозией гранитов, расположенных под полосой метаморфических пород.

Распределение пегматитовых тел по площади неравномерно, что дало основание М. Ф. Смирнову в 1930 г. выделить три характерные зоны: 1) зону обильных инъекций, в которой пегматиты составляют до 30—40 и более процентов всей массы пород; 2) зону нормальных инъекций, где пегматиты составляют 10—15% всей массы пород и 3) зону одиночных жил.

Такой же трактовки придерживались почти все последующие исследователи. Такое неравномерное распределение пегматитового материала ставится в зависимость от степени удаленности от материнского магматического очага, обусловливающей также состав пегматитов и их текстурные и структурные особенности. При этом подчеркивается, что чем дальше от очага пегматитовый расплав проникал в метаморфическую толщу, тем, следовательно, он был более подвижен и обладал более высокой концентрацией летучих компонентов, что способствовало

образованию более крупнокристаллических структур пегматитов и обогащению их минералами стадии, так называемой пневмато-гидротермальной кристаллизации пегматитового расплава. Однако, забегая несколько вперед, отметим, что такому допущению противоречит часто совместное нахождение пегматитовых жил, очень резко отличных друг от друга и по структурным особенностям, и по минеральному составу. Уже это не позволяет, по нашему мнению, допускать какую-либо специализацию пегматитового расплава во всех этих трех зонах. Ниже этот вопрос будет разобран подробнее.

Главная масса пегматитовых тел приурочена к центральной полосе мамской толщи. Слюдоносные пегматиты залегают преимущественно в породах среднего ее отдела [24].

Особо отметим, что некоторые исследователи (Д. С. Коржинский, Н. П. Семененко, М. А. Завалишин и др.) метаморфизм гнейсовых и сланцевых пород связывают с влиянием внедряющегося в толщу пегматитового материала. Н. П. Семененко пишет, что метаморфизм пород происходил одновременно с внедрением пегматитовых жил и что слюдообразование в пегматитах генетически связано с процессами общего метаморфизма толщи.

Однако против такой трактовки метаморфизма мамской толщи есть возражения. Мы имели возможность наблюдать, что многие секущие пегматитовые жилы пересекают пачки различных по составу метаморфических пород (биотитовые плагиогнейсы, биотитовые дистеновые гнейсы, мусковитовые гнейсы и кристаллические сланцы) и во всех этих случаях, несмотря на значительные мощности жил, околоконтактовые изменения гнейсов развиты очень слабо (5—7 *см*). Следовательно, эти метаморфические породы были уже созданы к периоду проникновения и формирования пегматитовых тел. Период проникновения пегматитов был гораздо более поздним по сравнению со временем общего метаморфизма вмещающих пород.

II. ФОРМА ПЕГМАТИТОВЫХ ТЕЛ И УСЛОВИЯ ИХ ЗАЛЕГАНИЯ

В Карелии форма и условия залегания пегматитовых тел характеризуется большим разнообразием. Многие исследователи на основании этого производили различную систематизацию жил (П. А. Борисов, Л. Н. Лабунцов, В. А. Шустов, А. В. Скропышев, П. П. Боровиков и др.).

Автор полагает, что по этому признаку (учтя данные этих исследователей) можно наметить следующие группы жил.

1. Пегматиты очень неправильной формы: штокообразные, корытообразные, неправильно линзообразные и им подобные. Обычно они имеют апофизы и заключают зачастую крупные ксенолиты вмещающих пород. Они залегают в различных условиях. Некоторые расположены целиком в разнообразных гнейсах [1]. В этом случае они имеют обыкновенно неправильную форму контакта, иногда по падению разветвляются и вновь сливаются на большой глубине и прослеживаются достаточно далеко по падению. При достаточной обнаженности участков обнаруживается, что они заполняют разломы причудливой формы. Разломы почти всегда сопровождаются сильной полупластической деформацией гнейсов. Смяты также и ксенолиты, заключенные в пегматитах.

[1] Общее описание жил в работах П. А. Борисова [3], А. Н. Лабунцова [13] и П. К. Григорьева [7].

В некоторых случаях пегматиты этого типа залегают в телах основных пород вблизи контактов с теми же гнейсами, что и в первом случае. При этом части жил, залегающие в основных породах, характеризуются в большинстве случаев почти прямолинейной формой контактов и простым общим контуром. Переходя в гнейсы, они приобретают очень причудливую форму и разветвляются на серию апофиз. Во многих случаях при этом обнаруживается, что гнейсы как бы вминаются в полости разломов массивов основных пород, которые выполнены материалом жил. Жилы этого типа обычно довольно устойчивы по мощности только в пределах своих частей, залегающих в основных породах. При переходе в гнейсы общая мощность их резко уменьшается.

2. Жилы правильной плитообразной формы. Они характеризуются большой длиной при сравнительно небольшой мощности и прослеживаются на значительную глубину по падению. Контакты таких жил почти прямолинейны. В подавляющем числе случаев устанавливается, что эти жилы выполняют трещины и полости разломов. Слои гнейсов около них часто бывают слегка изогнуты и заметные горизонты гнейсов в бортах разломов немного сдвинуты по отношению друг к другу. Почти всегда жилы этого типа являются секущими. В ряде случаев они прямолинейно пересекают складчатые формы гнейсов.

Такие пегматиты известны в гнейсах разнообразного состава: биотитово-роговообманковых плагио- и микроклино-плагиоклазовых гнейсах, биотитовых плагио-и микроклин-плагиоклазовых гнейсах, дистеново-биотитовых и дистеново-гранатовых гнейсах и других породах.

3. Жилообразные и линзообразные тела зачастую с отдельными пережимами и раздувами, имеющие обычно апофизы. Они залегают среди разнообразных гнейсов или почти согласно со слоистостью гнейсов, или рассекая их, но приурочиваясь к трещинам, тесно связанным со складчатыми формами гнейсов. По данным П. П. Скабичевского, Л. Я. Сидоренко и др., местами они приурочены к системе трещин в сводовых частях складок. По наблюдениям Н. В. Горлова, Н. А. Николаевой и С. И. Макиевского, в ряде случаев они залегают вдоль мелкой гофрировки гнейсов (совпадают своим протяжением по падению с линейными структурами гнейсов). Эти жилы залегают преимущественно в ясно сланцеватых гнейсах гранатово-биотитовых и дистено-гранатово-биотитовых по составу.

Форма пегматитовых тел всех этих групп обусловливается, естественно, характером полостей, возникавших в породах вследствие тектонических напряжений. А это в свою очередь зависело от физического состояния и свойств пород в периоды деформации. Примеры такой зависимости формы жил от состояния вмещающих пород мы имели уже случай описывать в Приладожье [16]. Там крупные пегматитовые тела одного и того же периода образования имеют совершенно различную форму в зависимости от того, залегают ли они в гранито-гнейсах или в сланцах ладожской формации. В гнейсах они имеют форму правильных секущих жил, переходя же в сланцы, приобретают вид линз, залегающих согласно с их сланцеватостью.

В одних и тех же породах (например, в сланцах ладожской свиты) пегматитовые тела разных периодов образования имеют совершенно различные формы в зависимости от состояния пород в период проникновения пегматитов [16].

В Северной Карелии в одних и тех же гнейсах зачастую в непосредственной близости друг к другу встречаются иногда жилы нескольких охарактеризованных выше форм.

Поэтому пегматиты этих трех групп, как отмечалось нами ранее [17], не являются одновозрастными. Учтя это, а также специфические геохимические черты пегматитовых тел, о которых говорилось выше, и состав полевых шпатов жил, для пегматитов можно наметить два периода образования с двумя фазами в каждом.

I. Существенно плагиоклазовые жилы:

а) по форме и условиям залегания принадлежащие к первому типу;

б) по форме и залеганию принадлежащие к третьему типу.

II. Жилы микроклин-плагиоклазового или плагиоклаз-микроклинового состава:

а) по форме и условиям залегания принадлежащие к первому типу;

б) по форме и условиям залегания принадлежащие ко второму типу.

Кроме того, выделяются в особую более молодую группу пегматиты Куола-Ярвинского района.

В Мамском районе упоминавшимися выше исследователями также устанавливается связь и обусловленность формы и размеров пегматитовых тел от литологического состава вмещающих пород и характера их тектонических деформаций. Прежде всего отмечается, что наиболее благоприятной средой для образования крупных пегматитовых тел являются биотитовые плагиогнейсы. Дистеновые, узловатые и другие гнейсы (табл. 2) в период их тектонической деформации и проникновения пегматитового материала обладали высокой пластичностью. В них не возникало значительных по размерам разрывов и пегматиты насыщали толщу в виде мелких послойных инъекций.

Затем форма пегматитовых тел ставится этими исследователями в зависимость от вероятного своеобразия пегматитового расплава, образовавшего эти жилы, что мы, однако, считаем ошибочным.

Наиболее благоприятными местами для образования жил считаются замки складок, зоны соприкосновения пачек разнородных пород, флексурные изгибы и пр.

Устанавливается наличие следующих типичных групп жил.

1. Гиганто-магматиты, обладающие очень крупными размерами и представляющие зачастую сложные сетчатые образования с наличием секущих и согласных контактов, заключающие многочисленные ксенолиты и прослойки гнейсов и имеющие многочисленные, главным образом послойные, апофизы.

2. Жильные тела: А) согласно залегающие: а) линзовидные и трубчатые, б) пластовые залежи, в) седловидные тела; В) секущие: а) дайкообразные простые по форме пегматиты, б) жильные тела с многочисленными межпластовыми и частью секущими апофизами, в) жильные тела неправильной штокообразной формы.

3. Мелкие послойные линзовидные инъекции.

III. СТРУКТУРЫ, ВЗАИМНОЕ СООТНОШЕНИЕ СТРУКТУР И ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕГМАТИТОВ

В пегматитовых телах Карелии и Мамского района встречаются одни и те же структурные разновидности пород. Они характеризуются совершенно тождественными взаимоотношениями в телах обоих районов. Поэтому мы рассмотрим их одновременно.

Породы, составляющие пегматиты, различаются по форме и взаимоотношению минеральных зерен и по их размеру. Наряду со структурными разновидностями пород, типичные черты которых резки и отчетливы, встречается ряд пород с неясно выраженными структурными особенностями, являющихся как бы переходными от одних к другим.

1. Породы аплитового сложения (аллотриоморфнозернистые) встречаются в пегматитах не часто. Слагают или зальбанд жил или наблюдаются в форме реликтов среди массы пород, обладающих другими структурами. Что это действительно реликты аплитов, а не ксенолиты их, с достоверностью устанавливается по тому, что крупнокристаллические породы с иными структурными особенностями развиваются вдоль зон внутри аплитов или по периферии последних с образованием зачастую друзовых форм (рис. 1), вдающихся в аплит, или



Рис. 1. Крупные порфиробласты полевых шпатов и кварца распсложены в виде зоны в гранитной мелкозернистой породе (х) пегматитового тела. Размер образца 60 × 50 *см*

встречаются в виде цепочек отдельных идиоморфных порфиробласт кварца и полевого шпата в аплите (рис. 2).

2. Породы гранитной структуры (гипидиоморфнозернистые) наблюдаются в тех же формах, что и аплиты. Особенно широко распространены они в пегматитовых телах Мамского района. Встречающиеся там гиганто-мигматиты главным образом сложены именно этими породами. Гранитные породы зачастую обладают неравномерной зернистостью. Иногда более крупные зерна распределены в породе неравномерно, сгустками. Соотношения гранитных пород с другими, более крупнокристаллическими, в пегматитах те же, что и аплитов.

Условные обозначения
1
2
3
4
5
6
7
8

3. Пегматит графической или письменной структуры был уже обрисован в ряде блестящих работ А. Е. Ферсмана. Обратим дополнительно внимание лишь на следующие положения, необходимые для понимания генезиса этих весьма своеобразных пород.

Уже многие исследователи отмечали, что среди письменных гранитов можно выделить две группы: 1) письменные граниты, в которых все ихтиоглипты кварца внутри кристаллов полевых шпатов ориентированы закономерно; 2) письменные граниты, в которых только часть ихтиоглипт кварца ориентирована закономерно.

Первый из этих двух типов письменных гранитов характеризуется следующим:

1) постоянным количественным соотношением кварца и полевых шпатов (колеблется в очень небольших пределах), тождественном соотношению их в гранитных или аплитовых породах данного пегматитового тела [16];

2) ихтиоглипты кварца никогда не переходят из одного кристалла полевого шпата в другой. На поверхности ихтиоглипт почти всегда заметна индукционная штриховка;

3) ихтиоглипты кварца своим удлинением не ориентированы по пирамидам роста граней полевых шпатов. Никогда не встречалась до сих пор венцовая или полувенцовая ориентировка ихтиоглипт, которая должна была бы возникнуть, если бы действительно эти породы образовывались путем эвтектической кристаллизации кварца и полевого шпата из расплава. Если бы ихтиоглипты кварца разрастались совместно с нарастающими гранями полевых шпатов, как это мыслилось А. Е. Ферсманом, то они неизбежно своим удлинением ориентировались бы по направлению нарастания этих граней вдоль пирамид роста. Если при этом кристаллизация полевых шпатов происходила бы во взвешенном состоянии в расплаве и грани могли бы нарастать во все стороны, то возникла бы венцовая ориентировка ихтиоглипт. Если бы зародыши кристаллов полевых шпатов находились на стенках жилы, грани кристаллов их разрастались бы в сторону, обращенную к середине жил, и возникала бы соответственно полувенцовая ориентировка ихтиоглипт. В тех случаях, когда происходит заведомо одновременная кристаллизация двух веществ, как, например, во многих металлических сплавах, наблюдается действительно венцовая ориентировка зерен кристаллизующихся металлов. А таких письменных структур в пегматитах нет.

На самом деле, в письменных гранитах ихтиоглипты ориентированы своим удлинением или однообразно во всем объеме кристалла полевого шпата, или группами с различной ориентировкой, много раз меняющейся вне зависимости от того, в какой части кристалла полевого шпата они находятся. Каким же образом могли образоваться письменные структуры с такой ориентировкой ихтиоглипт путем эвтектической кристаллизации? Уже на основании этих особенностей приходится сомневаться в достоверности трактовки генезиса таких структур А. Е. Ферсманом.

Процесс образования письменных структур хорошо прослеживается по самим природным явлениям, встречающимся в пегматитовых телах Карелии и Мамского района. В них главная масса письменных гранитов располагается между мелко- и среднезернистыми гранитными и аплитовыми породами и гигантокристаллической кварц-полевошпатовой массой жил. В некоторых же случаях письменные граниты развиваются в виде маломощных зон, линз и карманов в гранитных и аплитовых породах. При этом часто в шлифах удается проследить все последовательные переходы последних в письменные граниты.

В начале мелкие зерна микроклина, а затем и плагиоклаза в аплите и граните увеличиваются в размерах, множество их сливается в крупные обособления путем постепенного разрастания некоторых из этих зерен. Мелкие же кварцевые зерна аплита при этом вначале просто попадают внутрь крупных обособлений полевых шпатов с образованием участочков пойкилитовой структуры. Затем и вещество кварцевых зернышек, находящихся уже внутри кристаллов полевых шпатов, начинает перегруппировываться, часть зерен укрупняется за счет исчезновения других зерен. Одновременно с этим возникает известная закономерная взаим-

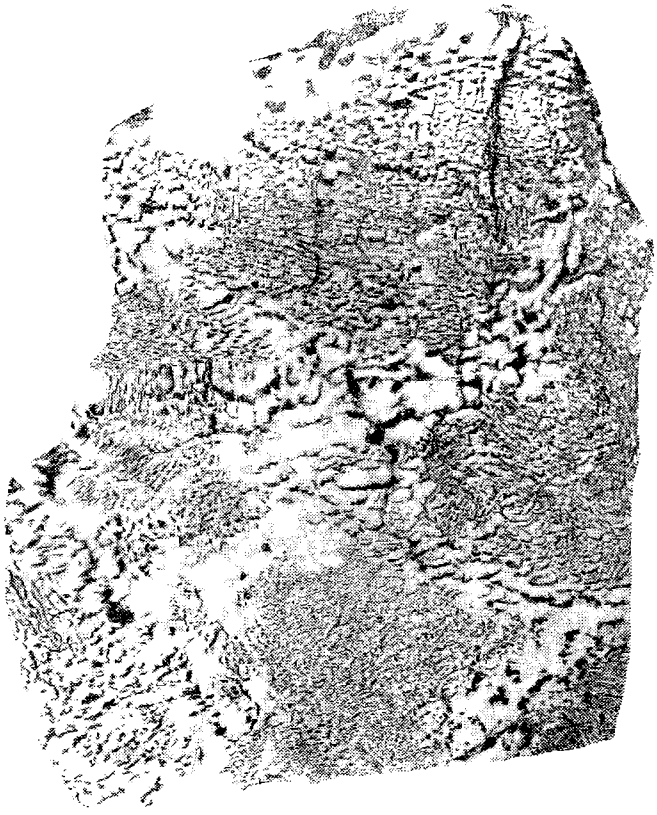


Рис. 3. Глыба письменного микроклинового гранита, выбитая по спайности микроклина из крупного кристалла. Все вещество микроклина этого образца монокристаллично. Ясно видны петлеобразные зоны укрупненных ихтиоглипт кварца, расположенные в массе тонкографического письменного гранита. Размер образца 40 × 50 *см*

ная ориентировка кристаллических структур полевого шпата и кварца в ихтиоглиптах. Возникают тонкографические письменные граниты.

В дальнейшем размер ихтиоглипт кварца увеличивается за счет исчезновения самых мелких из них и образуются хорошо известные графические структуры всех различных форм. Особо подчеркнем, что перегруппировка кварцевого вещества в письменных гранитах и рост ихтиоглипт кварца совершается уже в теле кристаллов полевых шпатов.

Серия образцов, показывающих все эти этапы процесса образования письменных гранитов, хранится на кафедре минералогии Ленин-

градского горного института. Фотография одного из этих очень наглядных образцов приведена на рис. 3. Он представляет собой крупный кусок тонкографического микроклинового письменного гранита, выбитый по спайности микроклина. Размер его 40 × 50 *см*. Внутри его наблюдаются петлеобразные зоны крупнографической структуры.

Вся масса микроклина всего образца представляет собою цельный кристалл. Если зоны одних структур пересекают другие структуры, то на основании этого мы с достоверностью устанавливаем, что пересекающие структуры являются более поздними.

Следовательно, зоны крупнографических письменных структур возникли в нашем образце из тонкографических путем собирательной перекристаллизации кварца в этих зонах. При этом видимых нарушений общей кристаллической структуры микроклина в этих зонах почти не обнаруживается. Процесс сегрегации кварца происходит здесь одновременно с соответствующим последовательным перемещением микроклина. Последний освобождает пространство, заполняемое все укрупняющимися ихтиоглиптами кварца, и перемещается в те места, где раньше были мелкие ихтиоглипты. В этом образце ясно видно, что крупнографические письменные структуры образуются не при кристаллизации расплава, а в результате собирательной перекристаллизации уже твердых минералов.

Разрастание, укрупнение ихтиоглипт кварца внутри кристаллов полевого шпата встречает естественно сопротивление последнего. Условия для роста ихтиоглипт по разным направлениям будут различны. Естественно, что им легче разрастаться в направлениях по нормалям к наиболее разряженным плоским сеткам кристаллической структуры полевых шпатов, чем преодолевать сопротивление наиболее плотных сеток. Действительно, в подавляющей массе случаев [16] своим удлинением ихтиоглипты ориентированы почти параллельно граням (010) и (001) полевых шпатов, отвечающим как раз наиболее плотным плоским сеткам.

Второй тип письменных гранитов характеризуется совершенно иными особенностями.

1. Выделения кварца в этих структурах обладают очень неправильной формой: пальцеобразной, желвакообразной, ельчатой и др. Иногда эти вростки приобретают форму, близкую к собственным кристаллографическим формам кварца.

2. Часть вростков находится в эпитаксической ориентировке подобно кварцу ихтиоглипт первого типа графических структур, часть же не ориентирована закономерно.

3. Количественное соотношение кварца и полевых шпатов в этих породах колеблется в очень широких пределах от почти мономинеральных полевых шпатов до почти одного кварца.

Породы, обладающие этой структурой, в пегматитовых телах встречаются в различных местах. Очень часто они слагают зоны различной мощности, рассекающие письменные граниты (рис. 4 и 5). В этих зонах ихтиоглипты кварца письменных гранитов, освобождая полевые шпаты, сегрегируют в крупные неправильной формы обособления. Это является следствием дальнейшего развития процесса обособления кварца и полевых шпатов, начало которого мы проследили при возникновении письменных структур первого типа. Вероятно, предшествовавшими исследователями [11 и др.] именно эти структуры назывались неяснографическими, псевдографическими, апографическими или просто переходными. Эти структуры возникают в процессе дальнейшей сегрегации минеральных компонентов и хорошо передают динамику этого процесса,

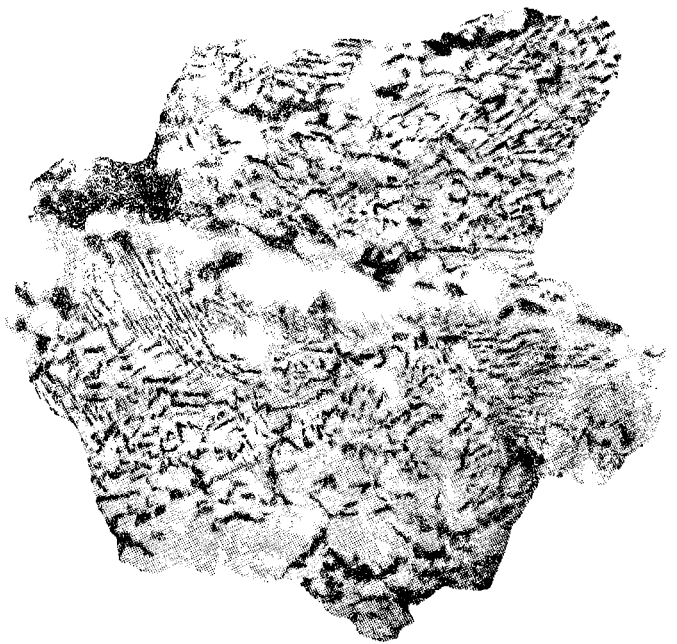


Рис. 4. Образование пегматита так называемой сегрегационной структуры в монокристаллическом блоке микроклинового письменного гранита. Ихтиоглипты кварца в определенных зонах сегрегируют в крупные неправильные зерна (серое). Размер образца 20 × 20 *см*

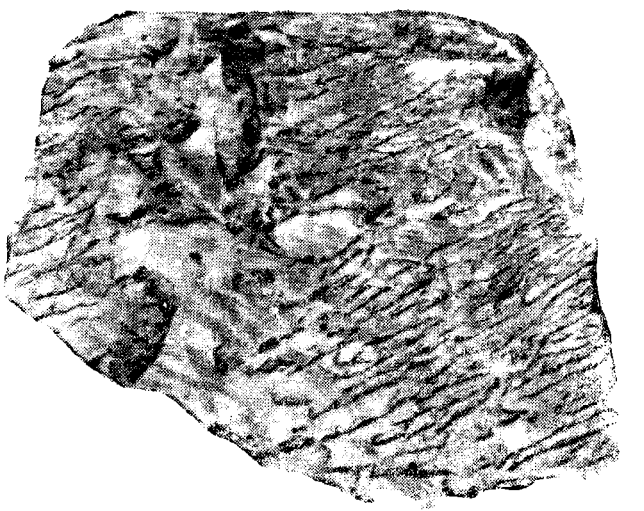


Рис. 5. Образование пегматита так называемой сегрегационной структуры в монокристаллическом блоке микроклинового письменного гранита. Ихтиоглипты кварца в определенной зоне сегрегируют в крупные неправильные зерна (серое). Размер образца 12 × 12 *см*

поэтому может быть рациональнее называть их общим термином сегрегационная структура.

Как уже говорилось, зоны пегматитов этих структур часто рассекают письменные граниты, граниты и аплиты; обратных соотношений нами не наблюдалось нигде. Во многих пегматитовых телах породами сегрегационной структуры сложены мощные зоны, располагающиеся между письменными гранитами и пегматоидным пегматитом. На продолжении зон, сложенных пегматитом сегрегационной структуры, мы встречаем зоны, состоящие целиком из крупных и гигантокристаллических полевых шпатов, совершенно освобожденных от выделений кварца. Последний слагает различные по величине гнезда или просто мономинеральные пояса.

Пегматит, состоящий целиком из таких крупно- и гигантокристаллических полевых шпатов или кварца, уже давно в литературе получил название пегматита блоковой структуры.

Внутри таких мономинеральных зон отдельные выделения минералов характеризуются крайне прихотливой формой. Здесь часто наблюдаются лапчатые, извилистые контуры отдельных кристаллических выделений. На границе же зон, сложенных полевыми шпатами и кварцем, кристаллы первых всегда вполне идиоморфны. В этих местах встречаются породы, состоящие из правильных кристаллов полевых шпатов, как бы плавающих в ксеноморфном, по отношению к ним, кварце. Такие породы получили название пегматита пегматоидной структуры.

В некоторых случаях зоны, сложенные таким пегматитом, наблюдаются прямо в гранитных породах или в письменных гранитах.

Заканчивая на этом краткую характеристику различного рода структур, отметим, что по взаимному пересечению зон пегматита, обладающих всеми этими структурами, устанавливается следующая общая последовательность в их возникновении: 1) аплитовые и гранитные породы; 2) пегматит письменной структуры; 3) пегматит сегрегационной структуры; 4) пегматит пегматоидной структуры.

Отчетливо обнаруживается, что все основные структурные разновидности пегматитов возникают в результате процессов перекристаллизации одних пород в другие, а не смены их в результате последовательной кристаллизации расплава.

Кроме перечисленных структурных ассоциаций, составляющих основную массу пегматита всех жил, известное распространение имеют еще типичные структуры замещения. Минералы, образующиеся метасоматическим путем, встречаются обычно в виде весьма ограниченных зон, не изменяющих существенно общего облика пегматитов. Формы образования этих минералов будут разобраны ниже.

Распределение всех охарактеризованных структур в телах пегматитов бывает различно и определенным образом оно зависит от формы тел.

В дайкообразных и линзовидных телах часто наблюдается правильная зональность, выдерживающаяся почти по всему телу. В этом случае зальбанды жил сложены аплитами или гранитной породой. Ближе к середине жилы они сменяются зоной письменных гранитов, затем последовательно пегматитом сегрегационной структуры, поясом блокового сложения, пегматоидом, и, наконец, серединную часть жилы составляет зона кварца. Текстурные особенности жил такого типа, как известно, послужили в свое время А. Е. Ферсману главным аргументом обоснования его идеи о последовательной кристаллизации «пегматитового расплава».

Известно большое количество жил, имеющих обратную зональность. В этих жилах прямо в зальбандах расположены пояса мономинерального кварца; серединная часть жил сложена аплитовыми

или гранитными породами, а между кварцевым поясом и аплитами породы сменяются в той последовательности, что и в первом типе этих жил.

В некоторых жилах наблюдается асимметричная зональность. В них один зальбанд (в большей, пожалуй, части случаев висячий) сложен мономинеральным кварцем, другой — аплитом или гранитом, а между ними располагаются в обычной последовательности зоны всех других структурных разновидностей пегматита.

Известно большое число жил, обладающих полизональным текстурным сложением. В них имеется несколько параллельных зон кварца или пегматоидного пегматита, ориентированных парал-

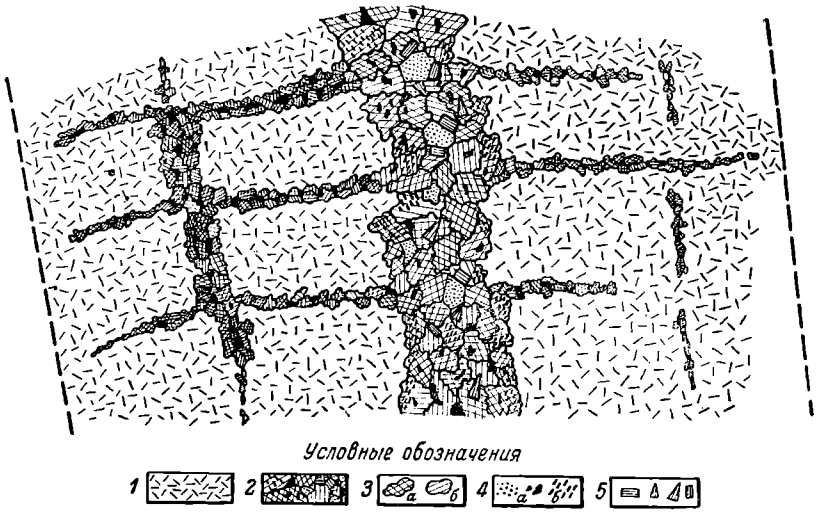


Рис. 6. Участок жилы с ячеистой текстурой. Пунктиром показана ориентировка зальбандов жилы. Условные обозначения:

1 — гранитная порода; *2* — крупно- и гигантокристаллический пегматит; *3* — крупные кристаллы: *а* — микроклина, *б* — плагиоклаза; *4* — обособления кварца: *а* — его гнезда, *б* — ихтиоглипты в графической структуре; *5* — кристаллы мусковита второй генерации.

лельно зальбандам. Эти зоны разделены поясами мелкозернистых пород и всеми, или лишь некоторыми переходными между ними зонами, сложенными породами, имеющими графическую и сегрегационную структуры. Особенно часто такое текстурное строение имеют более или менее правильные мощные жилы, представляющие собой иногда очень своеобразные слоеные тела. В мощных пегматитовых телах, заключающих значительное количество пластообразных ксенолитов, ориентированных почти параллельно зальбандам, участки крупнозернистого строения тяготеют часто к висячему боку этих ксенолитов.

В ряде жил автор имел возможность наблюдать, кроме такой полизональности, наличие еще целой серии зон, сложенных пегматитом пегматоидной или сегрегационной структуры, расположенных в плоскостях, ориентированных почти перпендикулярно к падению жилы и ее зальбандам. В этих жилах имеется, следовательно, очень своеобразная, как бы ячеистая текстура.

Миниатюрный пример такой ячеистой текстуры приведен на рис. 6. В ряде случаев в таких жилах зоны, ориентированные нормально к падению и зальбандам жил, развиты сильнее, чем зоны, параллельные зальбандам. Яркий пример такой зональности, имеющейся в мощном пегматитовом теле, был автору любезно показан геологом Е. М. Литвинцевой в Мамском районе.

В большом количестве жил породы, обладающие теми или иными структурными особенностями, распределены в пегматитах не в форме правильных зон, а в виде отдельных участков, прерывистых как по простиранию, так и по падению тел. Такое текстурное сложение жил можно характеризовать как участковую или гнездовую зональность. Этими текстурными особенностями обладают в большей мере неправильные по форме жилы. В жилообразных пегматитах, имеющих многочисленные послойные и секущие апофизы, главное тело жилы имеет обычно также участковую или гнездовую зональность. В апофизах зачастую встречаются участки с асимметричной зональностью (пегматоид приурочен чаще к висячему боку) и реже с правильной.

Если жилы имеют раздувы и пережимы, то в первых зональное строение выражено большей частью резче и здесь наблюдаются более крупнокристаллические породы.

IV. КОНТАКТОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЕГМАТИТОВ С ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ

Контактовое взаимодействие пегматитов с вмещающими породами у различных жил проявляется по-разному. Характер околоконтактового изменения пород варьирует в зависимости от четырех основных причин: 1) минерального состава вмещающих пород; 2) тектонических и текстурных особенностей пород; 3) главного минерального состава пегматита; 4) структурных и текстурных особенностей пегматита.

Разберем последовательно все встречающиеся случаи. Около пегматитовых жил, богатых микроклином и залегающих в гнейсах плагио-микроклинового состава (т. е. в том случае, когда составы жилы и гнейсов приблизительно тождественны и богаты микроклином), заметных изменений в гнейсах около контакта не обнаруживается. Происходит лишь некоторое укрупнение минеральных зерен гнейсов и оно тем заметнее, чем более крупнокристалличен пегматит на контакте. Особенно заметно в некоторых случаях укрупнение минеральных зерен гнейсов зонами, расположенными по сланцеватости гнейсов.

Химический состав гнейсов при этом не меняется, что иллюстрируется химическими анализами двух образцов гнейсов, взятых вдали от контакта и в самом контакте (табл. 3)

Таблица 3

Окислы	Гнейсы вдали от контакта	Гнейсы из контакта	Окислы	Гнейсы вдали от контакта	Гнейсы из контакта
SiO_2	75,18	74,53	CaO	1,65	1,58
Al_2O_3	12,36	12,56	MgO	0,24	0,20
Fe_2O_3	2,07	2,18	K_2O	5,45	5,64
FeO	0,79	0,60	Na_2O	2,43	2,33
TiO_2	0,09	0,07	Потери при прокаливании	0,40	0,54
MnO	0,11	0,09			
			Сумма	100,37	100,32

В том случае, когда богатые микроклином жилы залегают в микроклин-плагиоклазовых гнейсах, околоконтактовое изменение последних выражено заметнее. Наблюдается зачастую развитие антипертитизации

олигоклаза, в небольшой степени — мусковитизация плагиоклаза. Если в гнейсах есть роговая обманка, то она частично замещается биотитом.

Более резкие изменения происходят в гнейсах, если в составе их нет или почти нет микроклина, а в жиле он присутствует в значительном количестве. Здесь в гнейсах происходит мусковитизация плагиоклазов и более интенсивное, чем в предыдущем случае, замещение роговой обманки биотитом. В гнейсах местами имеются небольшие просечки, отходящие от пегматитовых жил, обогащенные микроклином. Широко развита антипертитизация плагиоклазов.

Все эти изменения гнейсов выражены тем более заметно, чем с более крупнозернистой массой пегматита они непосредственно контактируют. Если с ними соприкасаются мелкозернистые гранит-аплитовые породы пегматитовых жил, то изменений в гнейсах почти не заметно.

Изменение химического состава роговообманково-биотитового плагио-гнейса в контакте с жилой, богатой микроклином, иллюстрировано химическими анализами образцов такого гнейса, взятого вдали от контакта и из того же горизонта в самом контакте с жилой (табл. 4).

Таблица 4

Окислы	Роговообманково-биотитовый гнейс вдали от контакта	Гнейс того же горизонта из контакта	Окислы	Роговообманково-биотитовый гнейс вдали от контакта	Гнейс того же горизонта из контакта
SiO_2	70,52	68,35	CaO	1,67	1,98
Al_2O_3	16,36	16,44	MgO	1,66	0,73
Fe_2O_3	1,00	0,78	SO_3	0,08	0,08
FeO	1,12	1,17	K_2O	3,35	5,15
TiO_2	0,10	0,09	Na_2O	4,46	4,48
MnO	0,02	0,02	Потери при прокаливании	0,43	0,76
			Сумма	100,79	100,03

Как видно из табл. 4, анализ и минерального, и химического состава гнейсов показывает вынос щелочей, особенно калия, из пегматита в гнейс.

Еще более резкое изменение гнейсов происходит тогда, когда жилы залегают в дистеново-биотитовых или дистено-гранатово-биотитовых гнейсах. Здесь в контакте с жилами эти гнейсы обычно превращаются в двуслюдяные гнейсы. Это происходит благодаря превращению дистена в мусковит. Л. В. Калафати приводит интересные данные о том, что оторочки таких двуслюдяных гнейсов около некоторых пегматитовых жил достигают до метра и более мощности.

Изменение химического состава гнейсов около контакта с жилой видно из двух приведенных ниже анализов [1] (табл. 5).

Как видно из табл. 5, в контакте с пегматитом гнейсы обогащаются щелочами и происходит некоторая гидратация их.

Такого рода контактовое изменение гнейсов проявляется тем более интенсивно, чем более крупнокристаллическое сложение имеет жила и чем резче она дифференцирована.

Наконец, особенно резкие контактовые изменения вмещающих пород наблюдаются в основных породах. Они превращены в контакте

[1] Все приведенные в этом разделе анализы выполнены в химической лаборатории Ленинградского горного института А. С. Сребродольской.

Таблица 5

Окислы	Дистено-гранатово-биотитовый плагиогнейс вдали от контакта	Двуслюдяной плагио-гнейс из контакта с пегматитом	Окислы	Дистено-гранатово-биотитовый плагиогнейс вдали от контакта	Двуслюдяной плагио-гнейс из контакта с пегматитом
SiO_2	62,93	62,80	CaO	1,73	2,26 >
Al_2O_3	16,93	16,67	MgO	3,90	3,83
Fe_2O_3	2,90	1,51 <	K_2O	1,97	2,51 >
FeO	5,33	4,59 <	Na_2O	2,01	3,62
TiO_2	0,60	0,43	Потери при прокаливании	1,29	1,49
MnO	0,11	0,07			
			Сумма .	99,70	99,83

с пегматитом в биотитовый слюдит. Такие слюдитовые оторочки около жил достигают иногда до 10—15 *см* мощности. Иногда в пегматите в самом контакте его с основными породами образуется оторочка из толстотаблитчатых кристаллов биотита.

Рассматривая описанные в общих чертах явления контактового изменения вмещающих пород около пегматитовых жил, замечаем, что основной особенностью процессов, проходящих при этом, является вынос щелочей (и особенно калия) из пегматита в породы и некоторое обогащение его кальцием, магнием и железом. Этот обмен химическими элементами происходит тем более интенсивно, чем меньше микроклина во вмещающих породах.

V. ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕГМАТИТОВЫХ ТЕЛ

1. Источник пегматитового материала и пути его проникновения

Об источнике материала, составляющего пегматитовые тела, как известно, существуют два представления. Одни исследователи, в том числе и все изучавшие пегматиты Мамского района, считают, что материал этот поднимался с глубины и тесно связан с магматическими очагами. Многие же исследователи огромных пегматитовых полей Карелии в согласии со взглядами Н. Г. Судовикова (П. А. Борисов, Н. Г Бунтин и многие другие) полагали, что материал этот рождался в самих метаморфических породах в процессе их гранитизации, отжимаясь затем из них и заполняя ограниченные полости местных разрывов в этих породах.

Правильное решение этого вопроса чрезвычайно важно. Допустим, материал пегматитовых жил рождался непосредственно в окружающих их вмещающих породах, тогда главное внимание должно быть направлено на выявление условий, благоприятных для возникновения в них этого материала (общей гранитизации и мигматизации пород, согласно идее Н. Г Судовикова). Эти особенности мигматизации вмещающих пород являются, следовательно, и основными определяющими поисковыми признаками.

Если мы установим, что материал, составляющий пегматитовые тела, был поднят с глубин, то главное внимание должно быть уделено анализу всей совокупности геолого-структурных особенностей площади распространения пегматитовых месторождений с целью выявления путей, благоприятных для проникновения с глубин материала пегматитовых жил, подобно тому, как это делается при анализе рудных полей других жильных месторождений. В этом случае характер метаморфизма

пород будет являться лишь одной из особенностей всей совокупности геолого-структурных элементов площади и особенностью, далеко не определяющей, не главной.

Представление о прямой генетической связи промышленных месторождений пегматитов с процессами общей мигматизации пород (по Н. Г. Судовикову, Г Н. Бунтину, П. А. Борисову и др.) стало столь популярным среди исследователей Карелии и Кольского полуострова, что долгое время анализу иных геолого-структурных элементов площадей развития пегматитовых жил и разработке иных поисковых признаков почти не уделялось внимания.

Различные авторы предлагали лишь детализацию этого принципа, выдвигая те или иные положения, как условия, наиболее благоприятные для возникновения местных полостей в зонах со средней степенью мигматизации и гранитизации вмещающих пород, считавшихся единственно благоприятными для образования промышленных месторождений. Например, П. П. Скабичевский полагал, что такими местами являются перегибы поперечных складок, Н. В. Горлов — крупные складчатые формы гнейсов и пр.

Автор уже имел случай, начиная с 1948 г., выступать с критикой этих взглядов о генетической связи возникновения пегматитов с процессами метаморфизма гнейсов.

Однако ряд исследователей все еще разделяет идею Н. Г Судовикова. Поэтому приведем еще раз факты, противоречащие ей.

1. Эпоха проявления процессов метаморфизма гнейсовых толщ в Карелии отделена от эпохи образования пегматитов временем проникновения даек основных пород. В целом ряде мест было обнаружено, что пегматитовые жилы рассекают дайки основных пород очень правильной формы и не затронутые процессами мигматизации, а последние рассекают уже вполне сформированные сильно деформированные гнейсы.

2. Основной минеральный состав пегматитовых тел в ряде случаев резко отличен от состава вмещающих гнейсов. Так, например, множество жил [1], содержащих значительное количество микроклина, расположено на большой площади развития плагиоклазовых, биотитовых, гранато-биотитовых и кианито-биотитовых гнейсов. Целая серия пегматитовых жил, существенно микроклиновых по составу, расположена на площади, сложенной разнообразными плагио-гнейсами. Многие пегматитовые жилы, существенно микроклиновые по составу, расположены в районе пегматитового поля в толщах разнообразных сланцевых пород, из полевых шпатов, содержащих только плагиоклаз. В ряде мест известны почти чисто плагиоклазовые жилы, расположенные на площадях распространения микроклин содержащих гнейсов.

Каким же образом могли «отжаться», согласно теории гранитизации, соответствующие полевошпатовые компоненты пегматитовых жил из вмещающих пород, если последние не содержат его?

3. Хорошо известно, что у подавляющего числа промышленных пегматитовых жил контакты их с вмещающими гнейсами и даже с ксенолитами этих гнейсов в жилах достаточно четки и не обнаруживают постепенного перехода от гнейсов в пегматиты. Вместе с тем, в очень многих случаях отчетливо наблюдается, как уже указывалось, проявление процессов околожильного изменения.

Каким же образом могли произойти околожильные изменения гнейсов, если материал пегматитовых жил поступал в трещины из самих же вмещающих пород?

---

[1] Общее описание жил опубликовано в работах П. К. Григорьева [7] и П. А. Борисова [3].

На основании перечисленных явлений мы неизбежно приходим к выводу о том, что материал пегматитовых жил является явно чужеродным вмещающим породам и что в Карелии, так же как и в Мамском районе, пегматитовые жилы образовались интрузивным путем. Отсюда вытекает важный практический вывод о необходимости коренной ревизии тех представлений об условиях образования пегматитовых жил Карелии, которые создавались на протяжении длительного времени на основе теории гранитизации. Ревизия позволит выявить наиболее благоприятные геолого-структурные особенности на площадях развития пегматитов.

2. Процесс формирования пегматитовых тел

Предшествовавшими исследователями Карелии был собран огромный материал, характеризующий геологические условия залегания пегматитовых тел и их общий минеральный состав. Имеется ряд работ, в которых с большой тщательностью описаны отдельные минералы пегматитов [13], [26] и др. Однако изучению взаимоотношений между различными минералами и структурными ассоциациями до совсем недавнего времени уделялось мало внимания. Последовательность их возникновения просто укладывалась в известную схему Ферсмана. За неоспоримые факты принималось следующее:

1) образование письменных структур в пегматитах произошло в результате раскристаллизации расплава, отвечающего по составу эвтектической смеси кварца и полевого шпата;

2) зональность пегматитов, присущая многим пегматитовым телам, является результатом последовательного изменения состава кристаллизующегося магматического остатка и физико-химических условий кристаллизации; процессы перекристаллизации и замещения развиты очень слабо;

3) пегматиты Карелии принадлежат к образованиям высокотемпературного типа; гидротермальные процессы в них почти не имеют места;

4) турмалин, апатит, гранат и редкие минералы кристаллизовались из расплава в ранние стадии процесса;

5) мусковит и биотит образовались главным образом путем кристаллизации из расплава, в результате гидролиза алюмосиликатных компонентов этого расплава; процессам замещения полевых шпатов при образовании мусковита отводилась ничтожная роль.

Идеи Д. С. Коржинского о влиянии химизма пород на характер слюдообразования в пегматитах, сформулированные в 1937 г. для месторождений бассейна реки Мамы, у карельских геологов нашли полное забвение. Учитывался лишь поисковый признак, сформулированный в 1940 г. Н. Г Бунтиным, о том, что продуктивными породами для слюдоносных пегматитов являются высокоглиноземистые (дистеновые) гнейсы.

Но, так как слюдоносные пегматиты непосредственно залегают в самых разнообразных породах, многие знатоки карельских пегматитов считали, что слюдоносные жилы могут находиться в любых породах (1950 г. Д. М. Мишарев, В. С. Смирнова и др.).

Среди исследователей пегматитов Мамского района до последнего времени нет единого мнения о процессах их формирования. Часть из них следует взглядам Д. С. Коржинского [11] о том, что пегматиты графической структуры образуются путем кристаллизации пегматитового

расплава, а все прочие структурные ассоциации являются результатом их позднейшего передела. Целый ряд ведущих геологов придерживается после работ Н. В. Петровской в основном взглядов А. Е. Ферсмана.

Анализируя соотношения в пегматитах различных структурных ассоциаций, мы обнаруживаем, что они не сменяют друг друга в той постоянной последовательности, какая должна была бы наблюдаться, если бы пегматиты образовались в результате кристаллизации расплава. Очень часто можно наблюдать, что породы одних структур рассекают зоной (рис. 7) или системой зон породы с другими структурными особенностями.

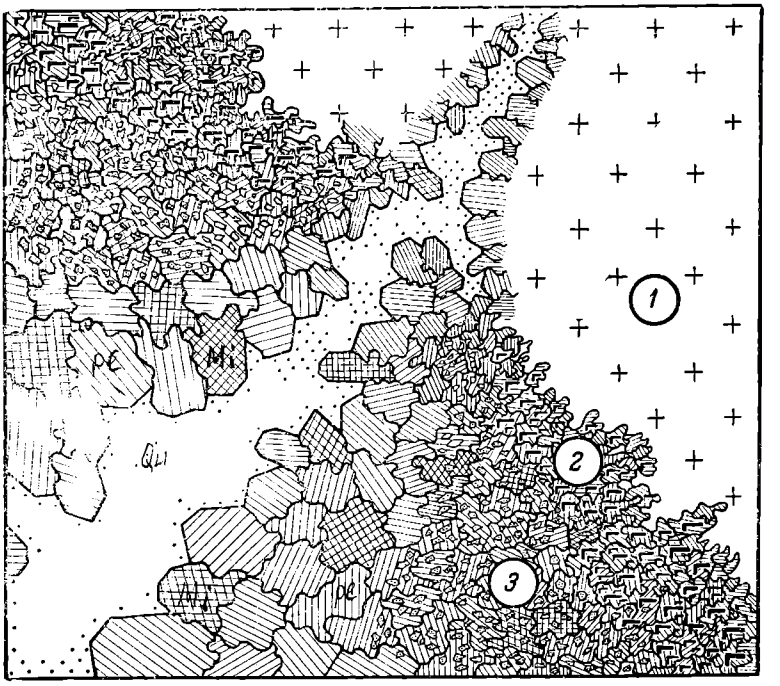


Рис. 7. Зона пегматита пегматоидного сложения пересекает жилы:
гранитной (*1*), письменной (*2*) и сегрегационной (*3*) структур. Масштаб 1 10

По взаимному пересечению одних структурных ассоциаций другими устанавливается, что наиболее ранними образованиями в пегматитах являются породы типа аплита, гранит-аплита или неравномернозернистого гранита. С большой ясностью остатки этих первичных пород в Карелии обнаруживаются лишь в небольшом количестве жил. В большей части других жил они не сохраняются, так как почти полностью перерабатываются в процессе развития всех последующих стадий формирования пегматитовых тел.

Гораздо большее распространение эти первичные мелкозернистые породы имеют в пегматитовых телах Мамского района. Здесь, как указывалось, есть мощные тела, состоящие почти целиком из этих пород.

В целом ряде пегматитов минеральный состав этих исходных пород и крупно- и гигантокристаллической пегматитовой массы жил вполне

тождественен. Одинаковы или очень близки и их химические составы. Для иллюстрации этого приведем химические анализы аплитовой породы и крупнокристаллического пегматита из одной жилы Северной Карелии (табл. 6).

Таблица 6

Окислы	Гранит-аплит	Пегматит	Окислы	Гранит-аплит	Пегматит
SiO_2	73,57	74,55	K_2O	5,40	5,10
Al_2O_3	15,38	15,02	Na_2O	3,69	3,92
Fe_2O_3	0,43	0,35	SO_3	0,13	0,18
CaO	0,68	0,87	Потери при прокаливании	0,28	0,24
MgO	0,13	0,26			
			Сумма	99,69	100,49

Заметное изменение составов происходит лишь тогда, когда жилы залегают в породах, резко отличных по химическим особенностям от пегматитов и имеется значительное контактовое изменение пород или жилы на глубине подстилаются такими породами.

Приведем следующие примеры такого влияния. Пегматитовая жила плагиоклаз-микроклинового состава (по характеру полевых шпатов) непосредственно залегает среди микроклин-плагиоклазовых гнейсов, но на глубине, как это следует по геологическому разрезу, залегают амфиболиты. В этой жиле первичные мелкозернистые породы представлены плагио-микроклиновым аплитом. А в крупно- и гигантокристаллической массе пегматита встречается значительное количество крупных кристаллов роговой обманки. Далее, пегматитовая жила микроклин-плагиоклазового состава залегает в плагиоклазовых роговообманково-биотитовых гнейсах, а на глубине подстилается пачкой гнейсов, содержащих микроклин. Исходные мелкозернистые породы в этой жиле представлены аплитами, содержащими микроклин в небольшом количестве, а в письменном и пегматоидном пегматите количество микроклина заметно больше.

Исходные породы пегматитового тела, как мы видели, вначале перерабатываются в письменные граниты, в которых количественное соотношение кварца и полевых шпатов тождественно исходным породам. В этих условиях вещество полевых шпатов обладает бо́льшей подвижностью, чем кварц.

В последующем, при постепенно изменяющейся физико-химической обстановке и изменении в соотношении подвижности кварца и полевых шпатов, в результате все более интенсивного развития процессов сегрегации минеральных компонентов, из письменных гранитов или прямо из мелкозернистых пород возникает пегматит «сегрегационной структуры», а затем — гнезда и блоки кварца и полевых шпатов, вплоть до образования обычной зональности пегматитовых тел с кварцевой осью в серединной их части.

Чем обусловлены все эти процессы перекристаллизации и что способствует их течению в пегматитовых телах?

Общеизвестно, что никакое перемещение минеральных веществ, обладающих исчезающе малой упругостью пара (наш случай), невозможно и не происходит без участия растворов. Оно осуществляется только путем последовательного растворения компонентов в одном

месте породы и отложения его в другом. Так как во всех этих стадиях перекристаллизации пород, составляющих пегматит, перед нами с очевидностью выступают процессы некоторого перемещения минеральных компонентов, перегруппировка их, мы неизбежно должны сделать допущение, что в этих местах жил, в этих зонах переработки присутствовали растворы. В ряде случаев, как увидим ниже, мы встречаем и прямое доказательство этому Присутствием растворов, следовательно, создается благоприятная среда для течения процессов перекристаллизации. Причиной же, вызывающей эти процессы, как уже давно писал об этом Д. С. Коржинский [11], является стремление веществ создать более крупные свои кристаллические обособления за счет растворения мелких, так как запас энергии крупных кристаллов всегда меньше, чем у того же количества вещества, находящегося в мелко раздробленном состоянии. Разнообразие же структурных сочетаний кварца и полевых шпатов в различных породах, возникающих в процессе их перекристаллизации, обусловливается, как мы видели, изменяющимся в зависимости от изменения физико-химических условий соотношением между подвижностью (растворимостью) кварца и полевых шпатов.

Важно отметить, что для течения этих процессов перекристаллизации совсем не нужно большого количества растворов. Эти процессы будут итти, если растворы только пропарят или слегка увлажнят породу.

В зависимости от физико-химических условий, при которых поступали растворы, вызывающие все эти процессы перекристаллизации, первичные интрузивные породы перерабатываются или сначала в письменные граниты, а затем в пегматит сегрегационной структуры и пр., или, минуя форму письменных гранитов, преобразуются прямо в пегматит различного вида сегрегационной структуры, или пегматоид.

Именно поэтому зачастую прямо в мелкозернистых породах возникают зоны пегматоида без наличия переходных между ними зон письменных гранитов и пород сегрегационной структуры и другие подобные соотношения с выпадением промежуточных звеньев. Во всех этих случаях растворы попадали в жилу уже при таких физико-химических условиях, при которых возникновение промежуточных структурных ассоциаций невозможно, так как последние, как мы видели, образуются только в определенных, и в данном случае уже миновавших, условиях среды.

В определенных благоприятных случаях процесс образования пород сегрегационной структуры сопровождается частичным гидролизом полевых шпатов с образованием вместо них кварца и слюды.

Подчеркнем, что на этих стадиях формирования пегматитов не происходит существенного изменения валового химического состава (об исключениях сказано выше). Осуществляется лишь миграция минеральных компонентов внутри тела пегматита и только иногда, в случае гидролиза полевых шпатов, происходит частичная замена щелочей гидроксилом, что, однако, очень немногим меняет первичный валовой химический состав пегматита. Следовательно, эти стадии переработки могут характеризоваться в основном как процессы перекристаллизации. Наличие явлений гидролиза полевых шпатов является уже прямым доказательством присутствия растворов при течении процессов перекристализации.

При развитии сегрегационных процессов с одновременным гидролизом полевых шпатов кварц накапливается здесь прежде всего путем сегрегации его из письменных гранитов или гранит-аплитов. Кроме того, он образуется еще в результате гидролиза полевых шпатов. Это

приводит, естественно, к тому, что образующийся в этих случаях пегматит сегрегационной структуры очень богат кварцем. Он состоит из кварца, мусковита (в меньшем количестве) и переменного, обычно очень небольшого, количества реликтов не гидролизованных полевых шпатов (часто характеризуется полным отсутствием последних). Это, повидимому, те образования, которые у сибирских геологов получили название кварц-мусковитового комплекса или комплекса замещения. Однако обилие кварца в них вызвано совсем не привносом его, как это представляется некоторым исследователям [24 и др.].

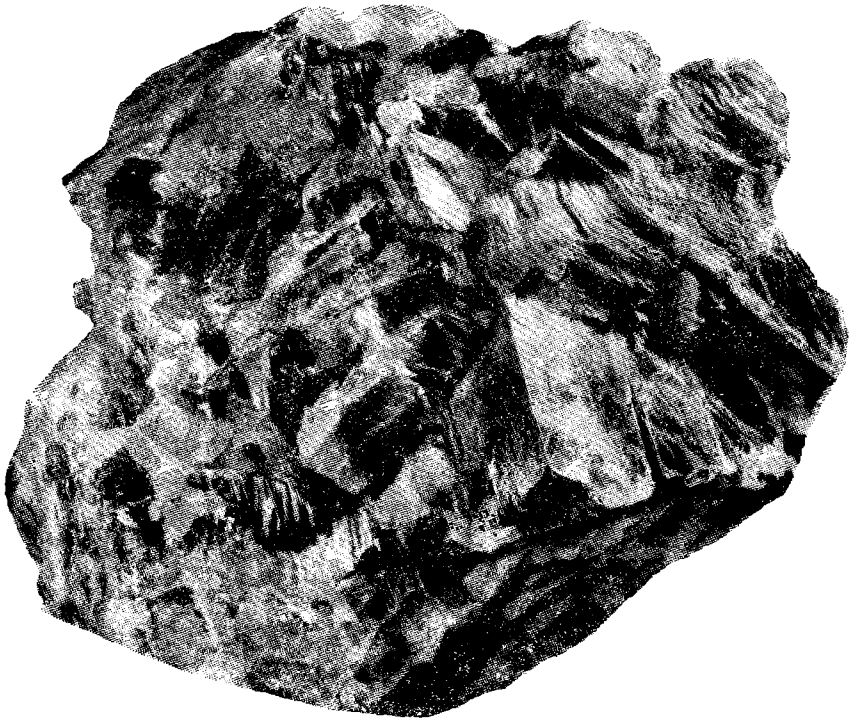


Рис. 8. Мусковит, находящийся в тесном срастании с кварцем. Отчетливо видны индукционные поверхности раздела мусковита и кварца

Образующиеся в пегматите сегрегационной структуры кристаллы слюды разрастаются одновременно с ростом зерен кварца. В результате возникают типичные для кристаллов слюды этой генерации индукционные поверхности соприкосновения кристаллов ее с кварцем и очень часто взаимные их прорастания (рис. 8). Это первая генерация мусковита.

В пегматитах имеется еще одна, более ранняя генерация слюд — мелкие листочки мусковита и биотита в гранитных и аплитовых исходных породах. Эта генерация не имеет никакого практического значения и нами не рассматривается.

Из известного уравнения гидролиза полевых шпатов:

$$3K[AlSi_3O_8] + 2H_2O \rightleftarrows KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}] + 2KOH + 6SiO_2$$

видно, что реакция пойдет слева направо с накоплением мусковита в том случае, если ионы калия будут удаляться из раствора. В противном

случае после достижения определенной степени концентрации калия в растворе реакция остановится (на что указывал еще Д. С. Коржинский [11])

Возможны два пути удаления калия из растворов: 1) диффузия его за пределы жилы (об этом ниже); 2) поглощение его в самой жиле при гидролизе плагиоклазов, протекающем одновременно с гидролизом калиевых полевых шпатов. Напомним эту известную реакцию:

$$3Na\,[AlSi_3O_8] + KOH + 2H_2O \leftrightarrows KAl_2(OH)_2\,[Si_3AlO_{10}] + \\ + 3NaOH + 6SiO_2.$$

Следует иметь в виду, что сам плагиоклаз всегда содержит калий, и следовательно, при этой реакции будет поглощаться из раствора лишь ограниченное его количество.

Поэтому для образования мусковита таким способом более благоприятные условия будут иметься в жилах, содержащих большое количество плагиоклаза. Действительно, почти все лучшие жилы с мусковитом этой первой генерации содержат большое количество плагиоклаза. В некоторых из них микроклин почти совсем отсутствует. В жилах, где плагиоклаза немного и резко преобладает микроклин, слюда этой генерации развита слабо и не имеет практического значения.

Минеральные ассоциации, в которых встречается мусковит первой генерации, очень просты. Обычно это только кварц, мусковит и реликты полевых шпатов. Лишь иногда среди них присутствуют апатит и еще реже — гранат и турмалин. Это свидетельствует о простоте состава растворов, при участии которых протекали сегрегационные процессы. Следствием этого является в большинстве случаев чистота образующихся кристаллов мусковита в противоположность мусковиту второй промышленно-ценной генерации (см. ниже). Процесс сегрегации развивается обычно в значительной массе пегматитового тела, в уже твердых породах, и протекает на сравнительно ранних стадиях его формирования. Естественно допустить, что в этих условиях процессы роста минеральных индивидов проходят очень медленным темпом и в достаточно гомогенной среде. Следствием этого является однородная кристаллизация мусковита первой генерации и его обычно высокое качество.

Таким образом, для мусковита первой генерации характерно: 1) нахождение в пегматите сегрегационной структуры; 2) отсутствие в участках, сложенных письменным гранитом, в кварцевых и полевошпатовых блоках и в гранит-аплитах; 3) наличие индукционных поверхностей у его кристаллов; 4) постоянная и обязательная сингенетическая ассоциация с кварцем, зачастую и тесное взаимное прорастание с ним (рис. 8); 5) высокое качество.

Следует иметь в виду, что в более крупнозернистых сегрегационных структурах встречаются и более крупные кристаллы мусковита.

После того как основные особенности строения пегматитового тела уже созданы, закончено перераспределение в нем кварцевого и полевошпатового вещества и в первой стадии течения сегрегационных процессов при гидролизе полевых шпатов образован мусковит (или биотит) первой промышленной генерации, все последующие стадии процесса формирования пегматитового тела осуществляются уже типично метасоматическим путем, приурочиваясь только к трещинам и трещиноватым зонам, с резким отличием химического состава образующихся минералов и минеральных ассоциаций от состава замещаемых пород. Они не за-

хватывают большой массы тела, как процессы предыдущих стадий (преимущественно перекристаллизации).

Следовательно, все минеральные ассоциации, связанные с этими метасоматическими процессами, в том числе и мусковит последующих генераций, распределены в теле пегматита сугубо локально лишь там, где имелись благоприятные для проникновения растворов трещинные зоны. Последние в силу тех или иных причин, естественно, могут проходить в любой части пегматитового тела, рассекать любые из всех созданных ранее структурных ассоциаций.

Метасоматическим путем, развиваясь от трещин, зачастую совершенно волосных, а частью, вероятно, уже совсем залеченных, и замещая, естественно, более легко полевые шпаты, чем кварц, разрастаются кристаллы следующих минералов (в порядке их обычной последовательности).

1. Мусковит (реже биотит) второй генерации в кристаллах таблитчатой или клиновидной формы, иногда в розетковидных агрегатах, турмалин, апатит, гранат.

2. Тонколистоватый биотит (и реже мусковит) третьей генерации, обычно имеющий малое практическое значение, выполняющий очень тонкие трещины.

3. Гранат и редкие минералы. Они часто развиваются от поверхности тонколистоватых кристаллов слюд третьей генерации. Обыкновенно одновременно с отложением этих минералов происходит интенсивная хлоритизация биотита этой генерации.



Рис. 9. Кристаллы мусковита расположены вдоль трещин, рассекающих пегматит:
1 — слитной мономинеральный кварц; *2* — микроклин

Образование всех минералов стадии метасоматоза замещением пегматита всех разнообразных структур отчетливо устанавливается по целому ряду несомненных признаков.

Кристаллы мусковита второй генерации очень часто располагаются цепочкой вдоль определенных зон, пересекающих пегматит пегматоидной (рис. 9), письменной, сегрегационной и даже гранитной структур [17], [18]. Зачастую одна и та же цепочка кристаллов мусковита этой генерации пересекает целый ряд зон, сложенных пегматитом различных структур (рис. 10) Внутри кристаллов мусковита иногда встречаются реликты оставшихся не замещенными кварца и полевых шпатов.

Кристаллы турмалина, граната и апатита в пегматитовых жилах также очень часто располагаются цепочкой (рис. 11), протягивающейся через породы самых разнообразных структур. Внутри кристаллов этих минералов находятся многочисленные реликты кварца и полевых шпатов.

Кристаллы биотита третьей генерации слюд зачастую приурочены вполне определенным трещинам и развиваются удлинением вдоль последних (рис. 12) Иногда при этом образуются очень своеобразные дендритовидные формы кристаллов биотита (рис. 13). Иногда тонколистоватые кристаллы биотита образуются вдоль густой системы параллельных трещин и тогда возникают очень своеобразные слоистые

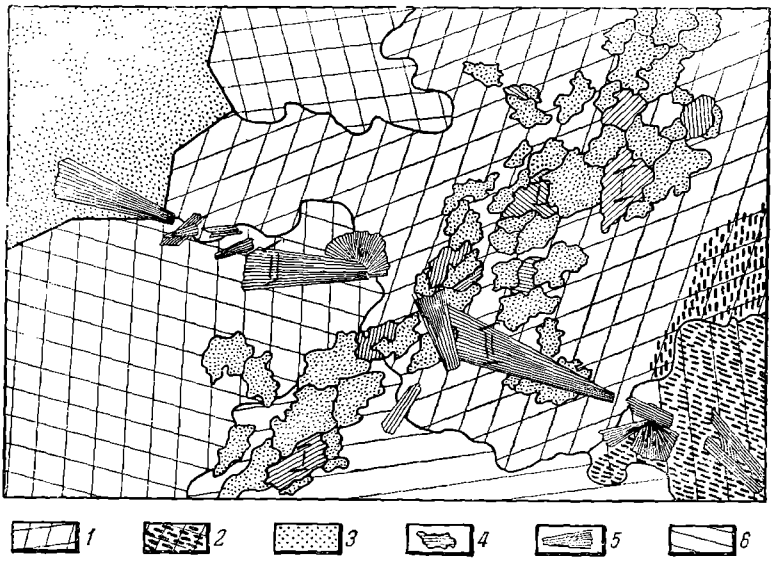


Рис. 10. Кристаллы мусковита второй генерации расположены вдоль трещины, рассекающей пегматит различной структуры:

1 и *6* — крупные кристаллы гомогенных полевых шпатов; *2* — письменный гранит; *3* — кварц; *4* — мусковит первой генерации; *5* — мусковит второй генерации

пачки листов биотита, переслаивающихся с кварц-полевошпатовой массой пегматитового тела. Встречаются случаи, когда кристаллы биотита располагаются вдоль трещин в исходных мелкозернистых породах (рис. 14). Кристаллы биотита этой генерации пересекают кристаллы мусковита первой и второй генераций слюд. При этом в подавляющем большинстве случаев обнаруживается, что первый замещает мусковит [18].

Кристаллы редких, так же как и предыдущих, минералов зачастую располагаются цепочкой в пегматите разнообразной структуры, чаще в полевых шпатах крупно- и гигантокристаллического пегматоида. Иногда они развиваются в форме дендритов с прекрасно выраженными формами замещения (рис. 15) и заключают в себе реликты незамещенного полевого шпата.

Очень часто все эти минералы стадии метасоматоза образуются в виде щеток или друз, основанных на месте трещинок. В таких случаях рост кристаллов замещающих минералов происходит по тем же

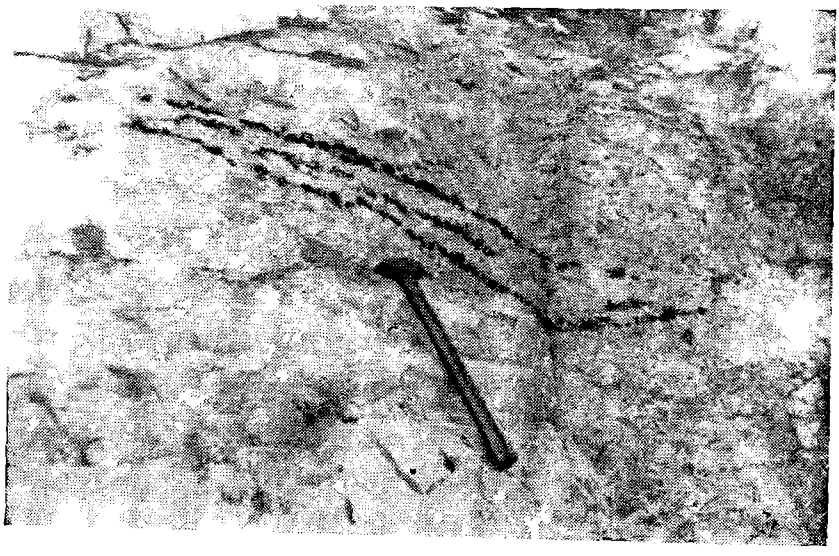


Рис. 11. Кристаллы граната располагаются цепочкой вдоль трещин в крупноблоковом пегматите



Рис. 12. Мечевидные кристаллы биотита третьей генерации слюд ориентированы параллельно в плоскости одной трещины, рассекающей обособленные крупные кристаллы кварца и полевого шпата

известным принципам Шубникова — Ламлейна (геометрического отбора при росте), по которым происходит образование друз в свободной среде. Такие друзы замещения характерны для турмалина, граната, редких минералов, слюд третьей и реже второй генерации и пр.

Общий ход процесса формирования пегматитовых тел иллюстрируется приведенной схемой (рис. 15а).

Отметим еще раз наиболее существенные особенности мусковита второй генерации. Для него прежде всего характерна приуроченность к определенным трещинам или трещиноватым зонам. В этом его важное



Рис. Дендритовидные формы роста кристаллов биотита третьей генерации слюд

отличие от мусковита первой генерации. Распределение этой слюды в теле пегматита локально и крайне неравномерно. Для нее типично гнездовое распределение в жиле.

2) Образование слюды второй генерации по термодинамическому режиму и по концентрации различных компонентов раствора происходит уже в совершенно иных условиях, чем первой. Поэтому образуются и иные формы его кристаллов. Они обычно имеют уплощенные формы и часто обладают правильными кристаллографическими очертаниями. Нередко встречаются двойниковые сростки. В ряде случаев возникают перистые или розетковидные агрегаты кристаллов.

Так как мусковит второй генерации замещает и полевой шпат и кварц, то для него не характерна сингенетическая ассоциация с последним. Хотя кристаллы слюды часто располагаются в кварцевых блоках и гнездах кварца, мусковит здесь не сингенетичен с кварцем, а замещает его, создавая свои кристаллографические формы, сплошь и рядом располагаясь вдоль определенных трещин, цепочкой кристаллов и пр.

(рис. 16) В этом еще одно существенное отличие его от мусковита первой генерации, для которого типична обязательная сингенетическая ассоциация с кварцем.

Очень важно, что трещинки, от которых разрастаются кристаллы мусковита второй генерации, как мы видели, могут рассекать любые структуры пегматита. Поэтому мусковит этой генерации следует искать не только в участках жил пегматоидного сложения, как это следует согласно идее А. Е. Ферсмана о приуроченности образования мусковита к стадии кристаллизации пегматоида. В действительности мы знаем ряд жил (например, в Мамском районе), в которых зоны, ослюденения этого типа приурочены главным образом к пегматиту сегрегационной структуры, частью даже письменной, а в некоторых редких гнездах гигантокристаллического пегматоида ослюденение практически отсутствует. Известен ряд жил, в которых участки пегматоидного сложения вообще почти отсутствуют, между тем, ослюденение в этих жилах представляет практический интерес.

Словом, мусковит в этих жилах встречается там, где пегматит был более размят и куда поэтому могли проникнуть растворы.

Другое дело оценивать места пегматита, в которых будут создаваться тектонические условия, наиболее благоприятные в общем случае для роста крупных кристаллов мусковита этой генерации. При деформации жил наиболее интенсивное нарушение сплошности их в таком общем случае естественно скорее ожидать в местах жил, характеризующихся наименее однородным сложением. Такими местами в жилах как раз и являются участки околокварцевых зон

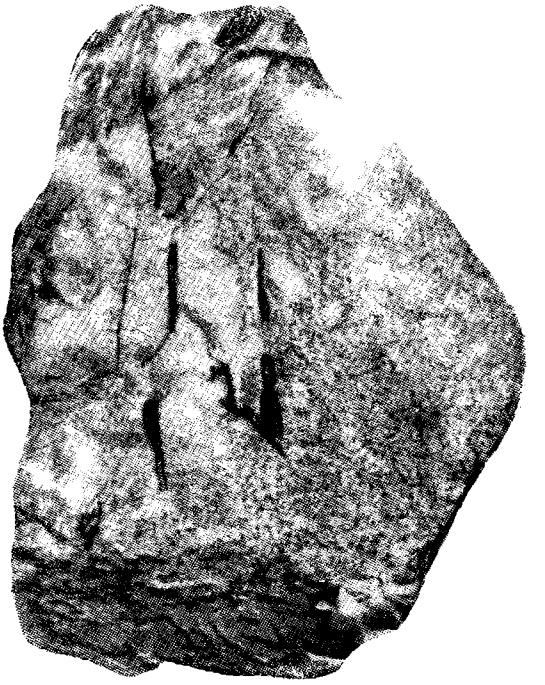


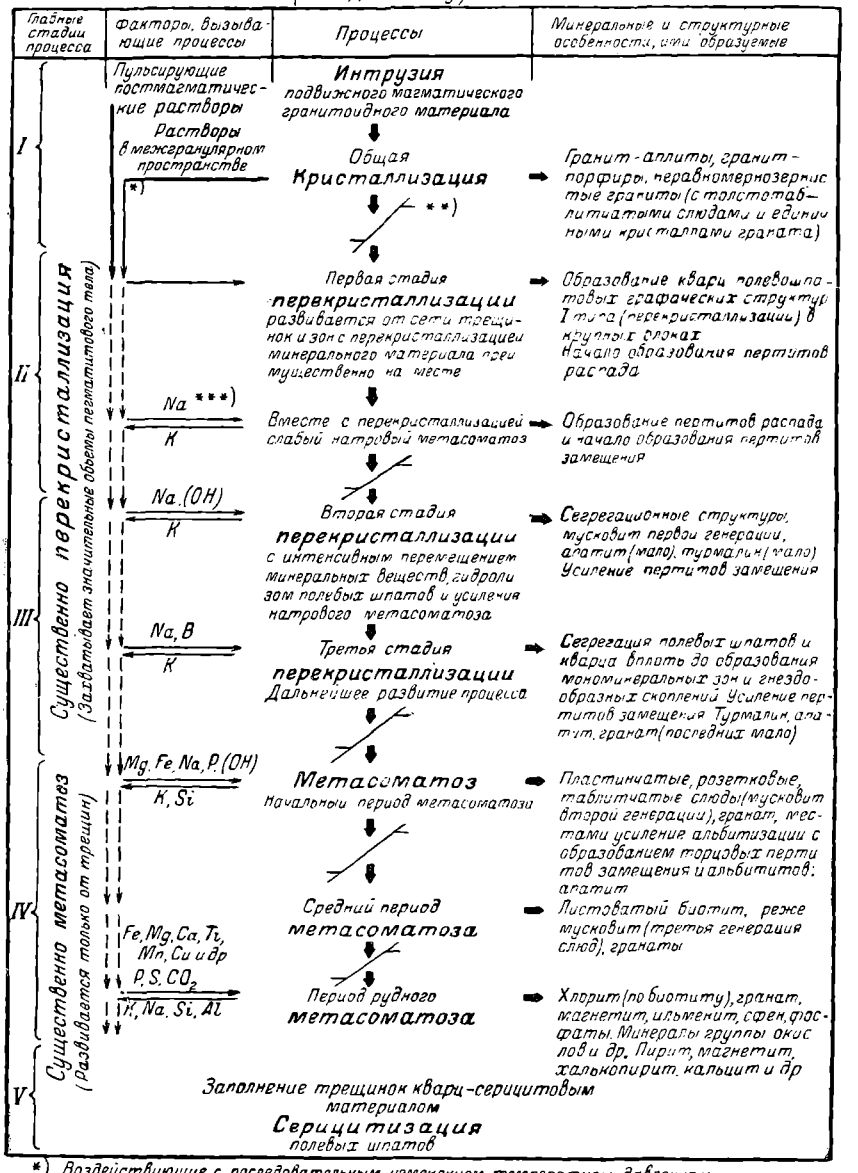
Рис. 14. Кристаллы биотита третьей генерации слюд расположены цепочкой вдоль трещин в мелкозернистой гранитной массе пегматитового тела



Рис. 15. Дендритовидные формы роста редкого минерала, образующегося замещением плагиоклаза

СХЕМА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ пегматитовых тел

(по В.Д. Никитину)



*) Воздействующие с последовательным изменением температуры, давления и концентрации компонентов

**) Значек / показывает образование расколов, трещиноватости

***) Иногда Mg и Fe, тогда в жилах образуется биотит и мусковит первой генерации или даже один биотит

Рис. 15а

и блоков или гигантокристаллического пегматоида. Однако в действительных, конкретных случаях в силу ряда особенностей деформации жил зоны максимальной трещиноватости возникают и в иных местах и совсем не затрагивают гнезд пегматоида.

Определенная неоднородность жил создается и в местах около ксенолитов. Поэтому и здесь можно ожидать ослюденение.

Наблюдается часто приуроченность мусковита второй генерации к висячим зальбандам жил и висячим контактам ксенолитов, что понятно, так как именно по висячему зальбанду скорее просачиваются постмагматические растворы. Однако такое явление не носит характера закономерности, как это следует из идеи А. Е. Ферсмана о концентрации летучих компонентов в верхней части жилы. Известны жилы, в которых ослюденение приурочено и к лежачему зальбанду.

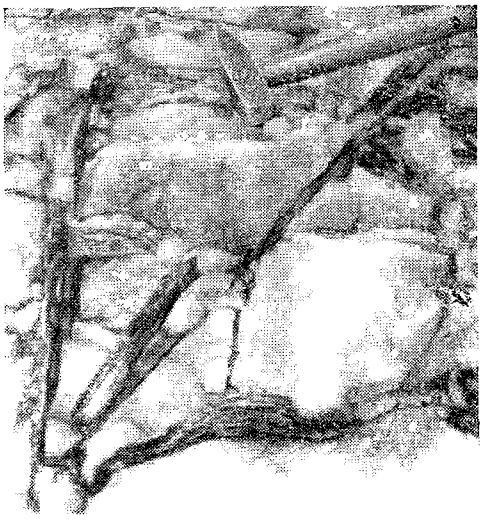


Рис. 16. Кристаллы мусковита второй генерации слюд расположены цепочкой вдоль трещин в крупном гнезде мономинерального слитного кварца

Качество мусковита второй генерации очень различно и находится в прямой зависимости от специфических условий его образования и характера последующих тектонических напряжений в жилах.

В пегматитах некоторых районов в парагенетической ассоциации с мусковитом часто встречаются в заметных количествах: гранат, турмалин, апатит и другие минералы, свидетельствующие о сложном вещественном составе растворов. Мусковит поэтому часто содержит первичные включения различных минералов. Кроме того, он часто деформирован, имеет ельчатое строение и ленточную отдельность. В этих случаях мусковит характеризуется средним или низким качеством. В деформированных кристаллах его часто развиваются железистые образования и пр. [18]. В тех жилах этих районов, где присутствует мусковит обеих генераций, мусковит второй генерации в подавляющем большинстве случаев хуже по качеству, чем первой. Вообще в пегматитовых жилах кристаллы мусковита второй генерации всегда оказываются сильнее деформированными, чем первой. Эта особенность на первый взгляд представляется парадоксальной. Казалось бы, минерал, образованный раньше, должен был бы испытать и более сильную деформацию. Однако она легко расшифровывается, если учесть охарактеризованное выше своеобразие размещения в жилах мусковита обеих генераций. Мусковит первой из них заключен в консолидированной общей массе пегматита сегрегационной структуры. Он здесь не приурочен к каким-то определенным трещинам и при тектонической деформации напряжение испытывает вся масса жилы, предохраняя тем самым кристаллы слюды.

Кристаллы мусковита второй генерации явно приурочены к ослабленным трещиноватым зонам. Поэтому при последующих деформациях жил в этих уже ослабленных местах возникнут и наиболее интенсивные

новые напряжения, приводящие к смятию имеющихся здесь кристаллов мусковита.

В жилах других районов парагенетическая ассоциация мусковита этой генерации очень бедна. Следовательно, кристаллизация ее происходила при участии растворов, очень простых по составу. Поэтому в мусковите мало включений. И если кристаллы его не претерпели затем деформаций, качество их очень высокое.

Влияние химического состава полевых шпатов пегматитовых тел на процессы образования мусковита второй генерации несколько иное, чем первой. Мусковит первой генерации распространен, как мы видели, почти только в жилах, очень бедных микроклином. Мусковит второй генерации наблюдается в жилах, содержащих и значительное количество микроклина. В чисто микроклиновых жилах и там, где его очень много, где он является главным минералом, мусковит и этой генерации развит слабо.

Возможно, эта особенность образования мусковита второй генерации вызвана тем, что процессы ее возникновения протекают только в определенных ослабленных зонах без общего пропаривания массы пегматита, как это бывает при образовании мусковита первой генерации. Поэтому на концентрации калия в присутствующих здесь растворах больше сказывается содержание его в поступающих сюда растворах и меньше влияет состав полевых шпатов самих жил. В Мамском районе распространены как раз микроклин-плагиоклазовые пегматиты со второй генерацией мусковита. В Карелии есть жилы с обеими генерациями мусковита.

О процессах формирования пегматитовых тел, учитывая все перечисленные особенности, можно сделать следующие выводы.

1. Все основные специфические свойственные пегматитовым телам особенности структур, входящих в состав их пород, и текстурное сложение жил возникают не путем последовательной кристаллизации «пегматитового расплава», как это полагал в свое время А. Е. Ферсман и теперь повторяют К. А. Власов и др., а в результате течения очень длительных процессов переработки (перекристаллизации) первично интрузивных мелкозернистых пород гранитного состава, как это было высказано в 1947 г. А. Н. Заварицким.

2. Судя по тому, что процессы переработки развивались, подчиняясь определенной системе зон, а также по всем особенностям в расположении и взаимоотношении различных структурных и минеральных ассоциаций друг с другом, единственно возможное объяснение причин, вызвавших эти процессы, мы видим в наличии межгранулярных растворов.

Так как известны многочисленные примеры, когда вся жила вплоть до ее почти полного выклинивания является вполне переработанной и на самых нижних горизонтах ее обладает той же ясной зональной текстурой и тем же гигантокристаллическим сложением, кажется мало вероятным, чтобы процессы перекристаллизации жилы происходили при участии растворов, отделяющихся только на месте в самом пегматите во время общей первичной кристаллизации мелкозернистых интрузивных масс и что система при этом была по существу замкнутой, как это полагал А. Н. Заварицкий [10]. Более вероятным представляется проникновение и постмагматических растворов из глубинных корневых частей интрузивных масс. Трудно допустить, чтобы пегматитовые тела в течение длительного процесса формирования (о чем соглашаются единодушно все исследователи) были полностью оторваны и изолированы от магматических очагов.

Напомним, что при формировании гидротермальных жильных месторождений — процессе более быстро текущем, чем образование пегматитов, — мы не только допускаем, но и обнаруживаем зачастую последовательное многократное поступление постмагматических растворов.

Полагать, что пегматиты формируются путем раскристаллизации замкнутой системы, в отрыве от магматического очага и от реальной геологической обстановки развития последнего, значит противоречить самому естеству природы.

Поступление растворов с глубины обнаруживается и по влиянию подстилающих жилу пород на характер минерализации пегматитов, о чем будет сказано далее. Поэтому утверждения К. А. Власова, что они представляют собою в принципе замкнутую систему, т. е. что с момента внедрения пегматитового расплава в кровлю. связь этого расплава с материнской интрузией практически прекращается» [4], представляется мало вероятными.

Особо отметим, что в ряде районов (например, Северная Карелия), где раньше предполагалось наличие пегматитовых тел, обособленных в метаморфических породах, теперь обнаруживается, что зачастую на глубине они связаны тонкими проводниками с другими жилками. Все эти проводники зачастую оказываются также интенсивно переработанными. В некоторых случаях вдоль проводников наблюдается интенсивная переработка гнейсов, резкое проявление в них бластеза. Таким образом, выявляется наличие сложной единой системы жильных тел, уходящей на глубину.

Если пути проникновения постмагматических растворов в пегматитах были длительное время одними и теми же, то вокруг них процессы переработки развивались очень интенсивно с несколькими, последовательно сменяющимися стадиями. Ввиду различной степени растворимости кварца и полевых шпатов происходило местное перемещение минеральных компонентов и дифференциация их в теле пегматита и образовывались участки и зоны с обычным для них зональным строением.

Если пути проникновения растворов приурочены к одной центральной зоне пегматитового тела, то возникают жилы с простой зональностью и образованием кварцевой оси в середине жилы. Если растворы поступали по зальбандам, то образуется обратная зональность с кварцевыми осями по зальбандам и мелкозернистыми породами в средней части жилы. И, наконец, известны примеры, когда были две или несколько зон проникновения растворов, соответственно чему образовывались жилы с несколько раз повторяющейся зональностью.

При таком допущении о поступлении постмагматических растворов, естественно, возникает вопрос: почему же они проникают преимущественно по телу пегматита и сравнительно редко поднимаются по трещинам во вмещающих породах, вызывая и там процессы перекристаллизации? [1] Нельзя ли при ответе на этот вопрос сослаться на аналогичные явления, имеющие место при формировании других жильных месторождений, когда последовательно поступающие растворы идут по одним и тем же путям — рудным жилам, проникая по трещинам и брекчированным зонам в минеральных агрегатах более ранних стадий образования. Не являются ли в обоих этих случаях и пегматитовые тела и рудные жилы просто путями, более благоприятными для проникновения поступающих растворов, в частности потому, что эти жильные тела уже являются шрамами в земной коре?

Естественно, что при последующих тектонических усилиях новые расколы и разломы возникают в этих шрамах. О наличии же много-

---

[1] Эти явления известны, например, в Карелии, но очень редки.

кратно повторяющихся расколов, разломов и даже общей деформации пегматитовых тел в процессе их формирования свидетельствуют очень многие явления [16], [17], [18]. Например, кристаллы минералов, образованные в ранние стадии процессов формирования пегматитов, оказываются разломанными, смятыми, а по трещинам, рассекающим эти уже размятые кристаллы, развиты (путем замещения их) новые минеральные ассоциации. Изучение автором зональности и микрозональности в кристаллах мусковита [18] позволило установить, что в период роста их происходили неоднократные тектонические подвижки.

Этими же причинами объясняется и обычная приуроченность участков интенсивной переработки пегматитов, вплоть до образования кварцевых гнезд и блоков, к раздувам жил, потому что именно здесь и будет возникать наиболее интенсивная контракционная трещиноватость в интрузивной массе, занимающей такие раздувы, трещиноватость, которая и реализуется, как проводники растворов, последующими тектоническими усилиями. Растворы, вызывавшие течение процессов переработки жил, способствуют и биметасоматическому обмену компонентами между жилой и вмещающими породами. Мы уже видели, что этот обмен происходит тем более интенсивно, чем сильнее переработана жила. В ряде случаев наблюдается проникновение этих растворов по трещинам в глубь вмещающих пород, вызывая вдоль трещин их сильное изменение. Примеры этому встречаются в Карелии в основных породах, перерабатывающихся в таких случаях в слюдит, и реже в гнейсах, в которых развиваются бластические явления и образуются крупные кристаллы слюды.

3. Процессы переработки пегматита идут с последовательным и сильным изменением среды минералообразования и создающихся ранее структурных ассоциаций. Они протекают при взаимном обмене компонентами с вмещающими породами. На первых стадиях переработки процесс идет, в основном, как процесс перекристаллизации, обычно без заметного изменения валового вещественного состава пегматита. Лишь в некоторые периоды в слюдяных пегматитовых телах (содержащих мусковит первой генерации), в отличие от керамических пегматитов, наблюдается частичный гидролиз полевошпатовых компонентов с соответствующим выносом щелочей. Именно этими процессами перекристаллизации создаются основные структурные особенности пегматитовых жил.

Заметное изменение минерального состава жил в эту стадию формирования происходит лишь в том случае, когда состав первичных интрузивных пород пегматитов сильно отличен от состава вмещающих и подстилающих пород.

Рассмотренные особенности процессов формирования керамических и слюдяных пегматитов во многом хорошо согласуются с общими принципами А. Н. Заварицкого о генезисе пегматитов [10] и несомненно опровергают взгляды американских геологов (Гесса, Ландеса и др.), согласно которым очень важная роль отводится процессам замещения с резким изменением валового минерального и химического состава исходного материала, сопровождающимся привносом и выносом алюмосиликатных компонентов.

4. Процессы замещения развиваются только в последней стадии процесса формирования пегматита. Они существенно не изменяют ранее создавшихся основных черт его структурного и минерального облика, а идут, развиваясь вдоль трещин и трещинных зон. Образующиеся при этом минералы — гранаты, турмалин, рудные и др., в том числе и мусковит второй и третьей генераций, — существенно не ме-

няют валового химического состава пегматитов (происходит лишь небольшой привнос железа, титана, меди, бора, серы, фосфора, воды и некоторых других элементов и соответствующий вынос кремния и щелочей)

5. Отчетливо устанавливается наличие в пегматитах нескольких генераций мусковита. Каждая из них характеризуется своими особенностями образования, формы и качеством слюды и закономерностями в пространственном распределении в теле пегматита, значительно отличающимися от тех, которые устанавливала в свое время Н. В. Петровская в пегматитах Мамского района.

6. Устанавливается определенная закономерность изменения химического состава образующихся минералов. В начальных стадиях процесса формирования пегматитов в состав минералов входят легкие петрогенные элементы, затем — тяжелые рудные и еще позднее — главная масса сульфидов (см. общую схему процесса).

7 Процессы формирования пегматитовых тел тесно связаны с тектонической жизнью пегматитов.

3. Влияние состава вмещающих и подстилающих жилы пород на характер слюдообразования в пегматитах

Влияние вмещающих пород на характер минерализации пегматитовых тел, в том числе мусковитообразования в них, хорошо выявляется на примере пегматитовых полей Карелии.

Мусковитовые пегматиты находятся в непосредственном контакте с самыми разнообразными породами беломорского комплекса. Подавляющее большинство слюдоносных жил залегает в плагиоклазовых гнейсах. Некоторые из них расположены в небольших изолированных, заключенных в гнейсах телах габбро-амфиболитов, габбро-норитов и др. уходя, однако, своими корнями всегда в толщу гнейсов. Известно несколько слюдоносных жил, залегающих в микроклин-плагиоклазовых гнейсах.

Если принять концепцию об образовании пегматитовых жил путем раскристаллизации «пегматитового расплава», то эти, находящиеся непосредственно в контакте с пегматитом породы, с которыми расплав мог бы реагировать в процессе своей длительной кристаллизации и накопления летучих компонентов, должны были бы оказывать решающее влияние на характер минерального состава жил. Так, А. Е. Ферсман писал: «Вообще процесс взаимодействия пегматита и боковых стенок носит сначала лишь термальный характер и только позднее в геофазах *B* и *C* начинаются энергичные пневматолитические взаимоотношения. Растворенные в расплаве газы по мере охлаждения породы накапливаются в остаточной жидкости до тех пор, пока давление газов не достигнет такой величины, что они смогут выделиться в боковую породу» [28].

Какие же особенности химизма вмещающих пород по А. Е. Ферсману при этом будут влиять на характер слюдообразования в жилах?

Если мусковит, как полагал А. Е. Ферсман и др., действительно образуется путем кристаллизации расплава в пегматоидную стадию, то для того, чтобы из него образовался минерал, содержащий калий (мусковит), естественно, и расплав должен быть богат калием.

«Наличие в боковых стенках пород лейкократового типа, не отличающихся по своему составу от состава гранитного остатка, не вызывает потери К. Наоборот, кислые боковые породы облегчают миграцию Na,

очищая расплав от этого элемента, несомненно вредного для образования калиевой слюды-мусковита. Таким образом, и K_2O, и Al_2O_3, оказываются в избытке. и облегчают образование мусковита» [28].

«Таким образом, влияние боковых пород химически сравнительно мало отражалось на пегматитах при внедрении их в гнейсы, и, повидимому, лишь при богатстве гнейсов калием и алюминием эти элементы ассимилировались пегматитом и усиливали образование мусковита» [13].

Как видим, определяющими благоприятными условиями для накопления мусковита в жилах считалось, в согласии с теорией А. Е. Ферсмана, богатство жил и вмещающих пород калием и алюминием.

Однако слюдяные жилы в Карелии непосредственно контактируют с разнообразными породами и зачастую с породами, очень бедными калием (плагиогнейсы). Следовательно, не эти породы оказывают решающее влияние на характер слюдообразования в пегматите.

Таким образом, теория А. Е. Ферсмана не дает основания для расшифровки этой очень важной в практическом отношении закономерности. Рассмотрим, как другие исследователи разрешают этот вопрос.

Идеи Д. С. Коржинского [11] о связи мамских мусковитовых пегматитов с определенными особенностями вмещающих пород, как известно, в основном сводятся к следующему.

1. Образование мусковитовых пегматитов тесно связано с процессами околожильного метаморфизма вмещающих пород и при этом только определенных ступеней метаморфизма («мусковитовой ступени»).

2. Образование мусковита в жилах происходит путем гидролиза полевых шпатов. Благоприятными для этого процесса условиями будут такие, при которых выделяющийся калий поглощается вмещающими породами. Вмещающие породы не должны выделять в жилы железо и магний, вызывающие превращение мусковита в биотит. Продуктивными породами, отвечающими этим условиям, в противоположность микроклиновым амфиболовым и пироксеновым породам, являются дистеновые гнейсы. Эти очень важные положения мы рассмотрим немного далее.

Согласно представлениям Н. П. Семененко [23], [24], образование мусковитовых пегматитов во времени сопрягается с течением определенного характера метаморфизма вмещающих пород — превращения их в дистеновые и альмандин-дистеновые гнейсы. Образование мусковита в жилах и возникновение самих гнейсов мыслится взаимосвязанным и одновременным.

Так, например, Н. П. Семененко пишет: «Эти процессы скрещивания (взаимное влияние жил и вмещающих пород, приводящее к образованию мусковита. В. Н.) происходят во время механического перемещения интрузии пегматитов в глинистую толщу в механически подвижной среде в связи с процессами складкообразования, обусловливающими расслоение и разрывы толщи и перемещение в ней пегматитовых флюидов». В результате этих процессов метаморфизма глинистые толщи превращаются в дистеновые гнейсы, а в пегматитах возникает мусковит.

В последние два года это положение о прямой генетической связи образования мусковитоносных пегматитов с процессами общего метаморфизма вмещающих пород начали применять к пегматитам Кольского полуострова (С. И. Макиевский) и Карелии (П. К. Григорьев, 1950 г.). Однако против применения этого положения к мусковитовым жилам указанных районов необходимо сделать ряд возражений.

1. Вполне сформированный комплекс беломорских гнейсов рассекается дайками основных пород, которые в свою очередь рассекаются пегматитами (наблюдения наши, В. Л. Васютовича и др.). Таким обра-

зом, метаморфизм гнейсов и образование мусковита в жилах совершенно не связаны друг с другом.

2. В одних и тех же гнейсах залегают пегматиты разных возрастов, что не позволяет связывать образование мусковита в жилах с процессами общего метаморфизма вмещающих пород.

Автор полагает, что сущность влияния вмещающих пород на образование мусковита в пегматитах, повидимому, заключается не в различном характере метаморфизма гнейсов, а в их химическом составе. Именно этот признак является определяющим.

Вопрос о влиянии химического состава вмещающих пород на характер слюдообразования в пегматитах легко решается применением второго приведенного выше положения Д. С. Коржинского. Необходимо внести в него лишь небольшое дополнение [17].

В самом деле, согласно положению Д. С. Коржинского, возможность накопления мусковита в жиле определяется степенью поглощения калия вмещающими породами и выносом из них в жилу Mg и Fe. Однако известно, что в Карелии и на Кольском полуострове слюдоносные жилы залегают и в гнейсах, богатых микроклином, и в телах амфиболитов, и габбро-норитов. Казалось бы, в этих условиях как раз и не мог бы накапливаться мусковит. Быть может, именно из-за этих противоречий до последнего времени и не находили себе признания у карельских геологов глубоко справедливые идеи Д. С. Коржинского. Однако кажущееся противоречие устраняется, если учесть, что на ход гидролиза полевых шпатов в жиле будет оказывать влияние не только непосредственно вмещающие жилу породы, но и состав поступающих в жилу постмагматических растворов (концентрация в них K, Mg и Fe).

Постмагматические растворы, вызывающие переработку пегматитов, на своем пути неизбежно должны претерпеть какое-то влияние той толщи пород, которая расположена на пути их проникновения. Это обстоятельство заставляет нас учитывать влияние на характер образования мусковита не только тех пород, с которыми непосредственно контактирует пегматитовое тело, но и пород, залегающих на глубине десятков и первых сотен метров под ней. Каким же образом может влиять минеральный состав последних на характер слюдонасыщения пегматитов и какие минералы в этих породах будут определяющими?

Как указывалось, образование мусковита в значительных количествах возможно, если освобождающийся при этом калий будет удаляться из раствора. Часть калия, как известно, поглощается в результате гидролиза плагиоклазов в самих жилах, часть выносится во вмещающие породы. При этом, как наблюдается в действительности, происходит процесс биотизации роговой обманки, мусковитизации кианита и плагиоклаза и пр.

Следует отметить, что у большинства слюдоносных пегматитов зоны контактово-измененных пород имеют очень небольшую мощность, следовательно, таким путем поглощается немного калия.

Если же поступающие с глубин в жилу постмагматические растворы будут уже насыщены калием, то реакция гидролиза полевых шпатов в пегматите вообще не пойдет с большой интенсивностью. Следовательно, пегматиты с промышленным мусковитом не могут находиться на участках, сложенных породами, могущими насытить калием поднимающиеся постмагматические растворы. В породах Карелии известны только такие минералы, существенно содержащие калий, как слюда и калиевый полевой шпат. Но слюды не могут отдать калий постмагматическим растворам, так как они сами являются конечным продуктом гидролиза. В эти растворы калий может перейти только из

калиевого полевого шпата, при процессе его мусковитизации (явление очень хорошо известное для гнейсов Беломорья).

Следовательно, наличие в подстилающих жилу гнейсах микроклина в значительном количестве неблагоприятно для образования слюды в имеющихся здесь пегматитовых жилах. Продуктивными толщами будут плагиоклазовые гнейсы. Присутствие в этих гнейсах дистена (известный поисковый признак, предложенный для пегматитов Карелии Г Н. Бунтиным) совсем не обязательно. Дистен показывает лишь еще большую недосыщенность толщи гнейсов калием; роль дистена совсем не в том, что из него извлекается глинозем, необходимый для образования мусковита, как это представлял себе Бунтин, а в том, что он в этих процессах является поглотителем калия (широко распространенное для Беломорья явление мусковитизации дистена в гнейсах).

В постмагматических растворах, воздействующих на пегматитовые жилы, не должно быть высокой концентрации Mg и Fe, так как в противном случае в процессе гидролиза полевых шпатов в пегматите будет образовываться не мусковит, а биотит.

Следовательно, слюдоносные жилы не могут находиться на участках, сложенных породами, содержащими в заметных количествах минералы существенно железо-магнезиального состава, к каким относятся здесь разнообразные роговообманковые гнейсы.

Наличие мусковитоносных пегматитов в основных породах и линзах микроклин-содержащих гнейсов не противоречит сказанному, так как массивы этих пород, обычно небольших размеров, на небольшой глубине подстилаются плагио-гнейсами, и пегматитовые жилы уходят в них. Состав этих, подстилающих жилу гнейсов и будет влиять на характер образования слюды в пегматите.

Положение о том, что главная причина вероятности накопления мусковита в жилах заключается не в особенностях пород, непосредственно вмещающих пегматит, а в минеральном составе подстилающих жилу толщ, не снижает эффективности этого поискового признака, так как в подавляющем большинстве районов толщи гнейсов собраны в складки и составление разрезов не представляет труда.

Подчеркнем, что нельзя принимать за основной поисковый признак обязательное наличие дистеновых гнейсов. Он сузит перспективы возможных находок в будущем. Известен целый ряд слюдоносных жил, расположенных в районах, сложенных плагио-гнейсами, без дистена. Наличие дистеновых гнейсов является поисковым признаком второго порядка, показывающим лишь наиболее благоприятные условия из всех достаточных (низкое содержание в породах калия, магния и железа).

Этой закономерности подчиняется в Северной Карелии и на Кольском полуострове вся масса лучших слюдоносных жил. Они залегают на участках, сложенных толщей плагиоклазовых биотитовых, гранато-биотитовых, двуслюдяных и дистено-биотитовых гнейсов. Слюдонасыщение сильно снижается, если в толще пород имеется заметное количество микроклина. На площадях, целиком сложенных гнейсами и гранито-гнейсами, содержащими значительное количество микроклина, слюдоносных жил практически не известно, хотя бесслюдные пегматитовые жилы имеются там в очень большом количестве.

Среди многочисленных, часто крупных пегматитовых жил, расположенных на участках, сложенных в основном роговообманковыми гнейсами и параамфиболитами, содержащими в большом количестве железо-магнезиальные минералы, встречаются пегматиты с биотитом; мусковитоносных жил здесь не найдено.

Общая схема, показывающая зависимость слюдообразования в жилах от состава вмещающих и подстилающих пород, приведена на рис. 17.

В последнее время ряд геологов (В. Л. Васютович, А. В. Скропышев, В. С. Смирнова) отмечали приуроченность слюдоносных жил некоторых районов к плагиогнейсам. Однако эти явления ранее не обобщались и не служили сформулированным и осознанным поисковым признаком.

Как видим, характер влияния химизма вмещающих пород как раз обратный тому, какой следовал из теории А. Е. Ферсмана.

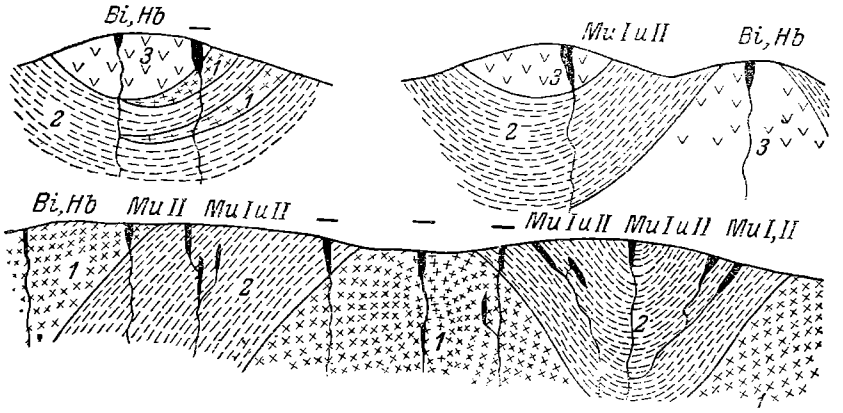


Рис. 17. Зависимость слюдообразования в пегматитовых жилах от состава вмещающих пород:

Bi и *Hb* — роговая обманка; *Mu I* и *II* — мусковит первой или второй генераций; „ — " почти полное отсутствие слюд;
1 — гнейсы с микроклином; *2* — разнообразные плагиоклазовые гнейсы; — орто- и параамфиболиты

4. Влияние тектонических факторов на процесс формирования пегматитов

Рассмотрев вкратце основные особенности процессов формирования керамических и слюдоносных пегматитовых тел, мы установили, что создание всех текстурных и структурных черт их, а также возникновение в них целой серии минералов стадии метасоматоза (в том числе и слюд) происходит только тогда, когда в соответствующие участки жилы и при соответствующих физико-химических условиях проникают постмагматические растворы. Растворы же могут проникнуть только тогда, когда в жилах возникнут пути для просачивания их. Возможность для этого определяется тектоническими факторами — соответствующим размятием жил, возникновением в них нарушений сплошности. Можно, пожалуй, сформулировать положение: пегматитовые тела со всеми своими специфическими особенностями являются в значительной мере детищами тектонических явлений, проходящих в период формирования пегматитов. Если тела первичных, исходных пород, в которых затем могли бы происходить все многообразные процессы перекристаллизации и метасоматоза, не подвергались тектоническим напряжениям, в них не возникало ослабленных зон, то и процессы эти в них не проходят. В этом случае тела мелкозернистых пород так и останутся без заметного изменения и пегматита из них не возникнет.

Пегматиты формируются в течение длительного периода при последовательном изменении физико-химических условий процесса. Эта идея, закончено сформулированная А. Е. Ферсманом, находит все большее

подтверждение. Характер преобразования жил, как мы видели, определенным образом зависит от физико-химических условий, существовавших в жиле на данной стадии процесса. Этим определяется зависимость и обусловленность характера возникающих в пегматите структурных, текстурных и минеральных особенностей при тектонической жизни данного пегматитового тела и всего окружающего его участка. Если пегматит в период его формирования подвергался деформации много раз и в течение всего периода, то в жиле мы можем обнаружить все последующие стадии ее переработки. В том случае, когда пегматитовое тело находилось в геологической обстановке, при которой оно деформировалось только в начале периода его формирования, пегматит приобретал преимущественно графическую структуру и дальше процессы преобразования его развивались очень слабо.

В каждый новый период деформации пегматитовых жил в процессе их формирования нарушения сплошности жил могут возникать в одних и тех же местах, тогда здесь мы обнаруживаем развитие тех структур и минеральных ассоциаций, которые отвечают данным стадиям преобразования пегматитов. В иных же случаях новые нарушения, в силу ряда геологических причин, могут возникать и в других местах жил. Тогда мы встречаем пересечение ранее возникших структурных ассоциаций зонами вновь образующихся структур с выпадением всех тех промежуточных форм, которые отвечали физико-химическим условиям, существовавшим в то время, когда в данном месте жилы нарушений сплошности пегматита не происходило.

Именно этим обстоятельством, по мнению автора, объясняется наличие иногда крупных кристаллов мусковита второй генерации прямо в пегматите письменной структуры или даже в исходных мелкозернистых породах пегматитовых тел (известно в ряде жил Мамского района, Урала др.) или такие, например, случаи, когда зона пегматоидного сложения расположена прямо в мелкозернистых породах или письменных гранитах, и пр.

Рассмотрим некоторые из основных причин, определяющих характер деформации пегматитовых тел.

Прежде всего они зависят от условий залегания пегматитов и характера тектонических движений, имевших место в период формирования пегматитовых тел. В Мамском районе, как упоминалось, имеются послойные и секущие жилы, залегающие вперемежку друг с другом в одних и тех же биотитовых плагиогнейсах. При общей деформации всей этой достаточно пластичной массы гнейсов естественно, что жилы секущего залегания должны были гораздо интенсивнее претерпеть тектонические напряжения, чем жилы послойные. Следовательно, в первых больше основания ожидать сильных нарушений сплошности, чем во вторых, а значит в них должны сильнее проявиться и все процессы переработки пегматита, в том числе и слюдообразование. Иначе говоря, секущие жилы в общем случае более перспективны в смысле слюдоносности, чем послойные (что хорошо известно практическим работникам).

В других районах могут быть в силу специфичности общей тектонической деформации толщ пород иные, и, быть может, обратные соотношения. Вся суть в том, каков был характер тектонических движений и каковы были физические свойства вмещающих пород в период этих движений.

Определенным образом на нарушение сплошности жил влияет и форма пегматитовых тел. При деформации жил нарушения в них, как известно, в значительной мере происходят путем реализации той скрытой трещиноватости, которая возникает при первичной раскристаллиза-

ции интрузивного материала. Характер этой трещиноватости зависит от формы тел.

В мощных жилах более или менее правильной плитообразной формы основная система трещиноватости ориентирована параллельно зальбандам, а также в меньшей степени, примерно, по плоскостям, нормальным к падению жил и их зальбандам. Поэтому и зоны переработки пегматита, в том числе и слюдообразования, в нем будут главным образом приурочиваться именно к этим направлениям (возникновение полизональных и ячеистых текстур). При этом в некоторых, правда редко встречающихся, жилах этой формы (Мамский район) зоны ослюденения второй (нормальной к падению жил) системы бывают проявлены очень сильно. В этом случае, если жила имеет крутое падение, мы сталкиваемся с наличием как бы слоености в жиле, причем слюдоносные слои ориентированы почти горизонтально. Это обстоятельство следует иметь в виду при выборе системы разведки и опробования таких жил. Обычный прием опробования по канавам может дать ложный результат.

В жилах неправильной штокообразной или линзообразной формы первичная трещиноватость возникает достаточно сложная и не имеющая однозначной ориентировки. Поэтому в этих жилах мы встречаем главным образом гнездовое или участковое текстурное сложение. Ослюденение в них развивается также без ясно выраженных зон, участками, а то и в значительной массе тела в форме рассеянных кристаллов мусковита.

Теми же причинами вызываются и все прочие формы распределения сслюденения [1] в жилах.

Видимо, этими же тектоническими факторами определяется и то, что в Мамском районе тела гиганто-мигматитов являются мало переработанными и мало ослюденелыми. Естественно, что в процессе общей деформации пород мамской метаморфической толщи крупные, жесткие массы этих тел больше сопротивлялись тектоническим напряжениям, чем отдельные жилы. Поэтому в гиганто-мигматитах нарушений возникало меньше. Однако в тех местах, где тела гиганто-мигматитов все же разминались, в них протекали все те процессы переработки, что и в отдельных жилах, в частности, происходило и образование мусковитоносных зон и гнезд [22], [24].

Та же причина (влияние тектонических факторов), повидимому, обусловливает и общую закономерность распределения в Мамском районе пегматитовых тел различной минерализации, и то, что в одних и тех же горизонтах пород, считающихся продуктивными в смысле вероятности ослюденения заключающихся в них пегматитов, мы встречаем то действительно сильно ослюденелые жилы, то почти бесслюдные. Дело здесь совсем не в специализации «пегматитового расплава», как представляют себе многие сибирские геологи.

Характером тектонической деформации жил определяются и закономерности распределения в них мусковита. Накопление его происходит и в глубинных частях жил в виде серии гнезд или зон, все глубже и глубже залегающих в телах пегматитов, если эти части жил были дислоцированы в тот период, когда происходило образование мусковита. Поэтому мы не можем согласиться с пессимистической оценкой слюдоносности жил на глубине, которая следует согласно трактовке о концентрации летучих компонентов в пегматитовых жилах в верхних их частях (К. А. Власов, А. А. Беус и др.).

---

[1] Так же, как и редких минералов

Имея в виду всю важность знания характера тектонических факторов, определяющих течение процессов формирования пегматитов, в том числе и слюдообразования в них, автор пользуется случаем обратить внимание исследователей, работающих по изучению пегматитов на то, что в прошлом, возможно под влиянием идей А. Е. Ферсмана о генезисе пегматитов (о возникновении их путем последовательной кристаллизации расплава), этому важнейшему вопросу уделялось слишком мало внимания, хотя указания на это у ряда исследователей уже имелись (П. Н. Сучков, Г Г Родионов). Вопрос этот нуждается в скорейшем, более полном и конкретном разрешении для каждого пегматитоносного района, и знание тектонических факторов послужит одним из важнейших поисковых признаков.

Заканчивая рассмотрение основных особенностей процессов формирования пегматитовых тел, видим, что они образуются в тесной связи и при влиянии всех геологических факторов — характера вмещающих и подстилающих пород, тектонической жизни данной жилы и участка, ее окружающего, минерального характера исходных интрузивных пород и пр.

В процессе формирования пегматитов ранее образующиеся породы претерпевают в дальнейшем изменения, возникают новые структурные ассоциации. Эта динамичность захватывает не только структурные ассоциации и текстурное сложение жил. Сами минералы претерпевают изменения. В этом отношении очень показательны, например, изменения полевых шпатов и слюд, уже освещенные в литературе [18].

Дальнейшее исследование пегматитов, очевидно, должно быть направлено по пути обстоятельного и детального изучения всей сложной динамики развития процесса формирования пегматитов и выявления зависимости его от всех особенностей геологической среды окружающей жилы.

Изложенные представления о генезисе слюдоносных пегматитов, создавшиеся в тесном общении с коллективом геологов треста Ленгеослюда, разработаны еще далеко не полностью. Однако на основании намеченных закономерностей зависимости слюдообразования в жилах от состава полевых шпатов в них, от особенностей химизма вмещающих и подстилающих пород, формы пегматитовых тел и их текстурного сложения и от тектонических факторов устанавливаются и соответствующие поисковые признаки мусковитоносных пегматитов.

Затрагиваемые в настоящей статье вопросы автор уже несколько лет выносил на широкое обсуждение геологов — знатоков пегматитов, полагая, что плодотворное решение поставленных задач возможно только при проверке в практической работе.

В связи с этим автор с признательностью вспоминает обмен мнениями с геологами В. Л. Васютовичем, А. В. Скропышевым, Л. Я. Сидоренко, Л. В. Калафати, Д. Т. Мишаревым, П. С. Беловым, Е. П. Чуйкиной, П. Н. Сучковым, Н. В. Янковской, Г Г Родионовым, Б. А. Алексеевым, А. М. Спиридоновым, А. К. Марковым, Л. М. Тумольским, Е. М. Литвинцевой, З. В. Кучиной, М. С. Степановым, С. А. Юзефовичем и др.

Целый ряд ценных советов автор получил от А. Н. Заварицкого, В. А. Николаева, П. М. Татаринова, Д. С. Коржинского, П. П. Боровикова и С. А. Руденко. Все это очень помогло ему в разработке изложенных представлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амеландов А. С. и Мишарев Д. Т., Мамские слюдоносные месторождения, Известия Геологического комитета, 1928, № 1.
2. Беус А. А., О зональности гранитных пегматитов, Известия АН СССР, 1951, № 6.
3. Борисов П. А., Керамические пегматиты КФССР, Петрозаводск, 1948.
4. Власов К. А., Значение форм пегматитов, Доклады АН СССР, 1943, т. 41, № 9.
5. Власов К. А., Текстурно-генетическая классификация гранитных пегматитов, Доклады АН СССР, 1946, т. 53, № 9.
6. Власов К. А., К вопросу о генезисе пегматитов, Доклады АН СССР, 1951, т. 78, № 2.
7. Григорьев П. К., Материалы пегматитам Северной Карелии, Труды ЦНИГРИ, 1935, вып. 37.
8. Григорьев П. К., Слюдяные пегматиты Северной Карелии, сборник «Слюды СССР», ЦНИГРИ, 1937.
9. Заварицкий А. Н., Основной вопрос физической химии процесса образования пегматитов, Известия АН СССР, серия геологическая, 1944, № 5.
10. Заварицкий А. Н., О пегматитах, как образованиях промежуточных между изверженными горными породами и рудными жилами, Записки Всесоюзного Минералогического общества, 1947, № 1.

Коржинский Д. С., Петрологический анализ флогопитовых и мусковитовых месторождений Восточной Сибири, сборник «Слюды СССР», 1937.

12. Коржинский Д. С., Закономерности ассоциаций минералов в породах архея Восточной Сибири, Труды Института геологических наук АН СССР, 1945, вып. 61.

Лабунцов А. Н., Пегматиты Северной Карелии и их минералы, Пегматиты СССР, изд. АН СССР, т. 2, 1939.

Марков П. Н., Слюдяные месторождения Мамского пегматитового поля, сборник «Слюды СССР», ЦНИГРИ, 1937

15. Мишарев Д. Т., Мамско-Витимско-Чуйские месторождения слюды, Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения ВСНХ СССР, 1932, вып. 154.
16. Никитин В. Д., Основные черты генезиса пегматитов Южной Карелии, Записки Всесоюзного Минералогического общества, 1949, № 3.
17. Никитин В. Д., К генезису мусковитоносных пегматитов Северной Карелии, Записки Всесоюзного Минералогического общества, 1950, № 4.
18. Никитин В. Д., Зональность и микрозональность в мусковите, Записки Всесоюзного Минералогического общества, 1952, № 2.
19. Николаев В. А., О процессе отделения летучих соединений из магмы, Известия АН СССР, серия геологическая, 1944, № 5.
20. Николаев В. А., Диаграмма равновесия бинарной системы типа силикат-вода и отделение летучих соединений из магматических расплавов, Записки Всесоюзного Минералогического общества, 1945, № 1.
21. Николаев В. А., О тройных системах с летучими компонентами и этапах глубинного магматического процесса, Записки Всесоюзного Минералогического общества, 1947, № 1.
22. Петровская Н. В., Гиганто-мигматитовый тип пегматитов Мамско-Витимского слюдоносного района, ОНТИ НКТП СССР, 1937.
23. Семененко Н. П., Генезис мусковитовых пегматитов, Геологический журнал АН Укр. ССР, 1948, т. IX, вып. 1—2.
24. Семененко Н. П., Геология и петрография Мамской кристаллической полосы, АН Укр. ССР, 1948.
25. Соболев В. С., Введение в минералогию силикатов, 1949.
26. Солодовникова Л. Л., Материалы по изучению полевых шпатов из пегматитовых жил Северной Карелии, Труды Ломоносовского института АН СССР, 1935, вып. 5.
27. Стулов Н. Н., К минералогии пегматитовых жил Гисарского хребта, Записки Ленинградского горного института, 1939, т. XII, вып. 2.
28. Ферсман А. Е., Пегматиты, изд. АН СССР, 1940.

Поступило 15. VIII. 1951 г.