

ЛИТЕРАТУРА

- Алфимова Н.А., Матреничев В.А. Континентальное выветривание в раннем докембрии: особенности минеральных преобразований и состав гипергенных растворов. Литология и полезные ископаемые, М., 2006, в печати (№4)
- Ахмедов А.М., Травин Л.В., Тихомирова М. Эпохи оледенения и эвапоритизации в раннем протерозое и межрегиональная корреляция. // Региональная геология и металлогения. С-Пб, 1996, №5, с. 84-97.
- Борисов М.В. Геохимические и термодинамические модели жильного гидротермального рудообразования. М, 2000, с.356
- Левченко О.А., Николаев А.А., Богомолов Е.С., Яковлева С.З. Уран-свинцовый возраст кислых магматитов сумия Северной Карелии. Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1994, Т. 2. № 1. с. 3-9.
- Хейсканен К. И. Палеогеография Балтийского щита в карельское время, 1990, с. 123.

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЧАСТИЧНОГО ПЛАВЛЕНИЯ И МЕТАСОМАТОЗА ПРИ МИГМАТИЗАЦИИ АМФИБОЛИТОВ НИГРОЗЕРСКОЙ СТРУКТУРЫ, СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ

Корпечков Д.И.

ИГЕМ РАН, Москва, korpechkov@yandex.ru

В настоящий момент очевидно, что мигматиты в целом являются полигенными образованиями и могут формироваться в результате процессов метаморфической дифференциации, метасоматоза, частичного плавления, инъекции расплава, а также в результате совмещения этих процессов. Поэтому задачей, встающей при изучении мигматитовых комплексов, является детальное изучение роли каждого из вышеперечисленных процессов и нахождение критериев отличия мигматитов различного генезиса. Такая задача решалась нами на примере апоамфиболитовых мигматитов Нигрозерской структуры.

Нигрозерская структура расположена на границе Карелии и Мурманской области и входит в состав Центрально-Беломорской мафической зоны (зеленокаменного пояса) (Слабунов и др., 2005). Структура имеет синформное строение (размеры в поперечнике – приблизительно 7x4 км (Щербакова, 1988), сложена в той или иной степени мигматизированными амфиболитами, которые содержат небольшие (до первых сотен метров мощности) линзовидные тела метаультрабазитов и окаймлены гнейсами ТТГ-ассоциации. Возраст структуры оценивается как архейский.

Неизменные амфиболиты представлены достаточно однородными породами, состоящими из амфибола, плагиоклаза, граната, пироксена и кварца, характеризуются равномернозернистыми гранобластовыми структурами, массивными или гнейсовидными текстурами. В большинстве случаев амфиболиты в той или иной степени изменены. Среди продуктов изменения можно выделить перекристаллизованные амфиболиты, меланократовые породы, лейкократовые породы и гранат-кварцевые метасоматиты.

Перекристаллизованные амфиболиты характеризуются наличием неоднородных порфиробластовых или аллотриоморфнозернистых структур, пятнистых, полосчатых, линзовидно-полосчатых, плейчатых текстур. Фазовый состав тот же, что и в неизменных амфиболитах, однако наблюдается тенденция к образованию меланократовых и лейкократовых минеральных агрегатов, соответственно, выделяются лейкократизированные и меланократизированные, порфиробластовые, разности.

Меланократовые породы сложены преимущественно амфиболом и гранатом, содержат небольшое количество кварца, а плагиоклаз в них либо вовсе отсутствует, либо имеет очевидно реликтовый характер. По структурной приуроченности можно выделить два типа меланократовых пород: породы первого типа сопровождаются лейкократовыми породами, второго – слагают самостоятельные небольшие (сантиметры-десятки сантиметров мощности, реже – до метра) линзо- и жиллообразные тела.

Лейкократовые породы сложены плагиоклазом и кварцем, часто содержат белый микроклин, а из темноцветных минералов – амфибол, биотит, гранат, иногда встречается мусковит. Также можно выделить два структурных типа лейкократовых пород – комплиментарный меланократовым породам, и имеющий самостоятельное развитие в виде жило- и дайкообразных тел мощностью до нескольких метров. Лейкократовые породы первого типа обычно не содержат микроклина, а из темноцветных минералов в них присутствует гранат и амфибол. Среди лейкократовых пород второго типа наблюдается последовательная пространственно-временная смена парагенезисов: плагиоклаз(пл) + кварц(кв) + амфибол(амф) + гранат => пл + кв + биотит(би) + гр ± амф => пл + кв + гр ± би => пл + кв + микроклин(мк) ± гр ± би => пл + кв + мк + мусковит.

Гранат-кварцевые метасоматиты сложены гранатом и кварцем приблизительно в равных количествах и могут образовываться как по амфиболитам и меланократовым породам (в этом случае они иногда содержат небольшое количество реликтового амфибола), так и по лейкократовым породам.

Все указанные разновидности апоамфиболитовых пород приурочены к достаточно мощным (несколько десятков метров) и протяженным зонам сдвиговых деформаций, причем в строении этих зон наблюдается определенная закономерность: в центральных частях зон развиты преимущественно лейкократовые породы второго структурного типа, а периферию слагают перекристаллизованные амфиболиты, меланократовые по-

роды, гранат-кварцевые метасоматиты. Структурные наблюдения показывают, что вещественные преобразования в таких сдвиговых зонах шли одновременно с тектоническими деформациями.

В шлифах видно, что структуры неизменных амфиболитов – гранобластовые, типично метаморфические. Структуры перекристаллизованных амфиболитов более разнообразны, здесь можно встретить как собственно метаморфические структуры, так и катакlastические (динамометаморфические), а также структуры, для которых можно предполагать их возникновение в результате частичного плавления вещества. Структуры лейкократовых пород первого типа аллотриоморфнозернистые, типично магматические, в то время как для лейкократовых пород второго типа характерны гранобластовые структуры, по-видимому, метасоматического происхождения.

По своим петрохимическим характеристикам амфиболиты Нигрозерской структуры близки к толеитовым базальтам срединно-океанических хребтов, хотя по ряду признаков приближаются к островодужным толеитам. По сравнению с исходными и слабоизмененными амфиболитами меланократовые породы обогащены Fe, Mg, Ca, Mn, Ti, а из редких элементов – V, Co, Zn, Zr, Y, обеднены Al, Na, K, Rb, Sr, Ba. Лейкократовые породы, наоборот, обогащены кремнием, щелочами, Ba, в меньшей степени – Sr, обеднены сидерофильными и халькофильными элементами (см. рис. 1). Содержание кремнезема в амфиболитах и меланократовых породах близкое, иногда меланократовые породы оказываются несколько обеднены кремнеземом по отношению к амфиболитам, в то время как лейкократовые породы резко им обогащены.

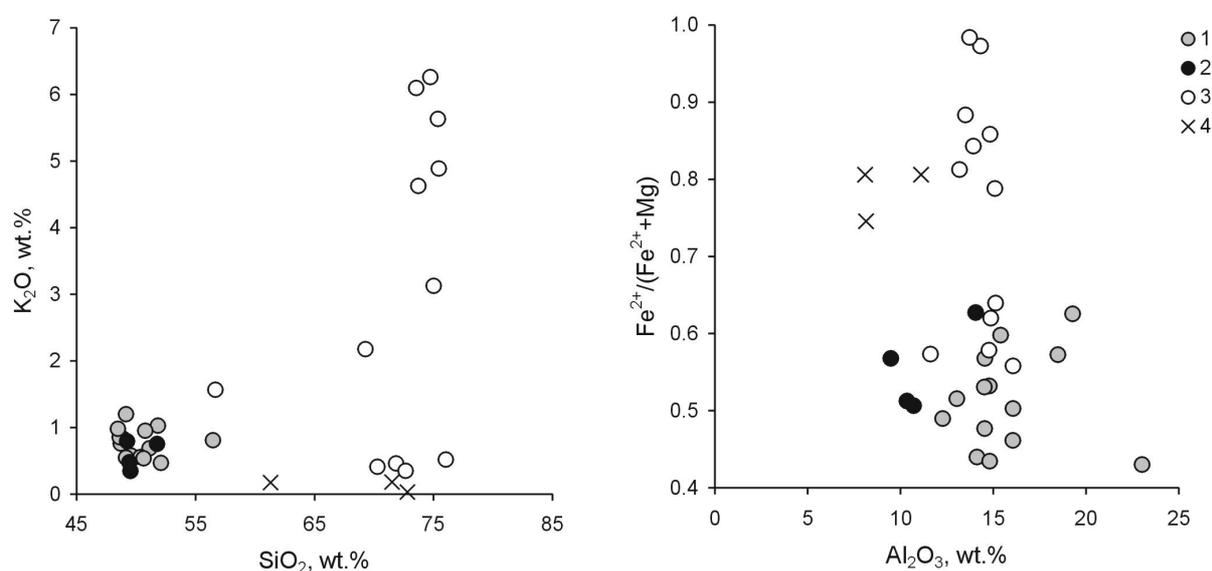


Рис. 1. Составы пород Нигрозерской структуры. 1-неизменные и перекристаллизованные амфиболиты, 2-меланократовые породы, 3-лейкократовые породы, 4-гранат-кварцевые метасоматиты.

Балансовые расчеты показывают, что меланократовые и лейкократовые породы не могли возникнуть путем простой дифференциации (метаморфической или путем частичного плавления) исходных амфиболитов в закрытой системе: в систему должен был быть принесен кремнезем (приблизительно 25 частей на 100 частей амфиболита), в меньшей степени калий, натрий, а также рубидий и барий, при этом из системы, по-видимому, выносились магний, хром, никель и медь. Составы лейкократовых пород на диаграмме анортит-альбит-кварц близки к составу котектических расплавов-минимумов, что в целом подтверждает их возможный магматический генезис. На диаграмме альбит-кварц-калишпат составы лейкократовых пород первого типа лежат вблизи стороны альбит-кварц, т.е. резко обеднены калием по отношению к гранитной эвтектике. В то же время составы лейкократовых пород второй группы резко сдвинуты к ортоклазовой вершине треугольника и обогащены калием по отношению к эвтектике. Очевидно, что такие высококальциевые породы не могут возникнуть путем кристаллизационной дифференциации низкокальциевых гранитоидов, что с очевидностью указывает на значительную роль метасоматических процессов в их формировании. Для гранат-кварцевых пород характерно накопление кремнезема, железа, а также высокозарядных катионов – Zr, Y, Nb.

Одноименные минералы в разных породах несколько различаются по составу. Амфибол порфиробластовых меланократизированных перекристаллизованных амфиболитов по сравнению с амфиболом неизменных амфиболитов оказывается существенно более магниальным, обогащен кремнием, обеднен алюминием и щелочами. Наоборот, амфибол из лейкократовых пород более железистый, чем в первичных амфиболитах. Плагиоклаз неизменных амфиболитов имеет состав An 26-30, в меланократовых перекристаллизованных амфиболитах он более основной (An 29-43, чаще An 35-40), в лейкократовых породах, наоборот, более кис-

лый (An 23-31, чаще An 25-27). Гранат меланократовых перекристаллизованных амфиболитов по отношению к гранату неизменных амфиболитов обогащен магнием и кальцием, гранат лейкократовых пород, наоборот, железом. Любопытно, что в гранатах неизменных и перекристаллизованных амфиболитов и лейкократовых пород наблюдается изменение содержания альмандинового минала при примерно равных соотношениях пиропового и гроссулярового (изоморфизм $Fe \Leftrightarrow Mg+Ca$), в то время как гранаты гранат-кварцевых пород характеризуются изменением соотношений Mg- и Ca-миналов при почти равном содержании альмандинового минала (изоморфизм $Ca \Leftrightarrow Mg$ при $Fe=const$) (см. рис. 2), то есть содержание железа в гранате метасоматитов контролируется составом флюида. Железистость и глиноземистость биотитов в лейкократовых породах сначала повышается, а потом, с появлением в породе микроклина, падает.

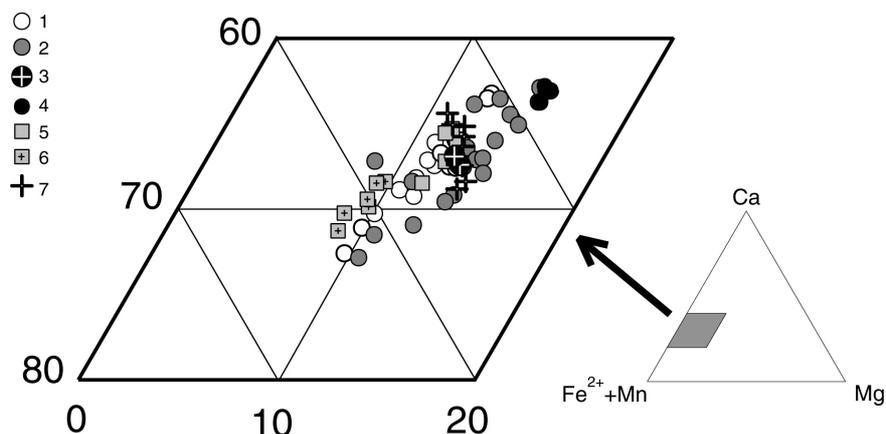


Рис. 2. Состав граната из пород Нигрозерской структуры.

1-из неизменных амфиболитов и перекристаллизованных пород с катакластическими структурами, 2-из перекристаллизованных порфиробластовых амфиболитов со структурами плавления, 3-из меланократовых пород первого структурного типа, 4-из меланократовых пород второго структурного типа, 5- из лейкократовых пород первого структурного типа, 6-из лейкократовых пород второго структурного типа, 7-из гранат-кварцевых метасоматитов.

Зональность минералов в неизменных амфиболитах в целом ретроградная, температуры, оцененные по гранат-амфиболовому геотермометру (программа GEOPATH – Gerya, Perchuk, 1992), колеблются в пределах 610-615° (центры зерен) до 590° (для краев), редко встречаются более низкотемпературные (до 550-560°C) парагенезисы. Железистость граната в краевых частях зерен всегда, а железистость амфибола часто, повышается. Зональность минералов в меланократизированных перекристаллизованных амфиболитах существенно более сложная, но в большинстве случаев проградная. Оценки температур варьируют в широких пределах – от 550-570° для центральных частей зерен до 590-620° для краевых. Иногда на самом краю зерен минералов наблюдается снижение температуры до 500°C. Зональность минералов в меланократовых породах также обычно проградная, а температуры очень сильно колеблются – от 570° до 680°C. Температуры лейкократовых пород первого типа оцениваются по гранат-амфиболовому термометру в 620-630°C, в краевых частях зерен опускаются до 600°. Гранат-биотитовый термометр для лейкократовых пород второго типа дает температуры от 600 до 730°C, причем зональность обычно ретроградная. Температуры, полученные по двуполевошпатовому термометру для микроклинсодержащих лейкократовых пород обычно существенно ниже и колеблются от 430 до 610°C, зональность полевых шпатов чаще проградная.

Как известно по литературным данным (Ходоревская, 2006 и др.), при плавлении амфиболитов реститовые темноцветные минералы обогащаются магнием, а плагиоклаз – кальцием, наоборот, плагиоклаз, переходящий в расплав – более кислый, чем плагиоклаз исходных амфиболитов, а темноцветные минералы обогащены железом. Это позволяет интерпретировать меланократизированные порфиробластовые перекристаллизованные амфиболиты как реститы при плавлении исходных амфиболитов, а лейкократовые породы рассматривать как продукт кристаллизации выплавленных магм. Температуры начала плавления должны быть оценены приблизительно в 620°C, так как неизменные амфиболиты метаморфизованы при температуре 590-610° и не затронуты частичным плавлением, а температуры около 630° дают гранаты и амфиболы из расплавов лейкократовых пород первого типа.

Общий ход петрогенетического процесса представляется следующим образом. Сначала породы метаморфизуются в спокойной тектонической обстановке при ретроградном снижении температуры от 610 до 590°C,

затем они испытывают сдвиговые деформации, в результате чего закладываются сдвиговые зоны, по которым происходит фильтрация флюида, привносящего в систему кремнезем, частично щелочи, а также дополнительное тепло. В результате происходит частичное плавление амфиболитов. Получившиеся расплавы частично кристаллизуются *in situ* (лейкократовые породы первого структурного типа), а частично перемещаются на небольшие расстояния (лейкократовые породы второго типа). При этом как расплавы, так и респиты продолжают испытывать воздействие фильтрующегося флюида, в результате чего расплавы обогащаются калием (в результате преимущественной экстракции калия в расплав по отношению к флюиду (Глебовицкий, Бушмин, 1983) - биотитизация амфибола и позднее развитие микроклина, частично гиперсолидусная, а частично уже субсолидусная, при отделении калийсодержащих растворов от затвердевающего гранитного расплава), а респиты испытывают кислотное выщелачивание с возникновением меланократовых пород и гранат-кварцевых метасоматитов. Последние могут развиваться и по уже затвердевшим лейкократовым породам при более низких температурах.

Таким образом, мигматизация амфиболитов Нигрозерской структуры происходила в условиях открытой системы в результате совместного действия процессов метасоматоза и частичного плавления в зонах сдвиговых деформаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 04-05-65131.

ЛИТЕРАТУРА

- Глебовицкий В.А., Бушмин С.А. Послемигматитовый метасоматоз. Л.: Наука, 1983, 216 с.
- Слабунов А.И., Володичев О.И., Балаганский В.В. и др. Беломорский подвижный пояс: общие черты геологического строения и эволюции // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика, минерагенез: Материалы конференции. Путеводитель геологической экскурсии. Петрозаводск: 2005, с.6-12.
- Ходоревская Л.И. Экспериментальное исследование гранитообразования по породам основного состава. Автореф. дисс. д. г.-м. н.. Москва: 2006, 41 с.
- Щербакова Т.Ф. Амфиболиты беломорского комплекса и их гранитизация. М.: Наука., 1988, 149 с.
- Gerya T.V., Perchuk L.L. GEOPATH - a thermodynamic database for geothermobarometry and related calculations with the IBM PC AT/XT computer // XXIX Inter. geol. cong.: Abstracts. Kyoto, 1992. V. 2. P. 1026.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ГРЕЙЗЕНОВ И ГРЕЙЗЕНИЗИРОВАННЫХ ГРАНИТО-ГНЕЙСОВ ВИНБЕРГСКОГО КУПОЛА (ПИТКЯРАНТСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН, КАРЕЛИЯ)

Куридная У.Н., Петров С.В.
СПбГУ, Санкт-Петербург, kun3@mail.ru

Исследуемый участок располагается на территории Северного Приладожья на границе ладожской геосинклинальной зоны с гранитами-рапакиви Салминского массива. В геологическом строении Винбергского куполообразного выхода на поверхность архейского фундамента участвуют породы ладожской и сортавальской серий, гранито-гнейсы, граниты-рапакиви Салминского массива. Гранито-гнейсы слагают центральную часть исследуемого участка, по периферии которого залегают породы питкярантской свиты. В северной и северо-восточной части участка граниты-рапакиви третьей фазы прорывают вышеуказанные породы. На северо-западе выявлено тело пегматитов, появление которого, по-видимому, контролируется внедрением в позднем протерозое гранитов-рапакиви. В этой зоне прослежено разрывное нарушение юго-восточного простирания, падающее на северо-запад с углами падения 65-70°, к нему приурочены тела грейзенов и грейзенезированных пород.

Жилоподобное тело грейзенов и грейзенезированных гранито-гнейсов мощностью 1-2 метра сечет центральную часть купола с юго-запада на северо-восток и имеет северо-западное падение под углом 65-70°. В восточной части участка контакт грейзенов с гранитами-рапакиви не обнаружен, а на юго-западе наблюдается его контакт с амфиболитами и скарнированными карбонатными породами питкярантской свиты.

В процессе петрографического изучения горных пород выделены три основные группы, включающие: собственно грейзены, сильно грейзенезированные гранито-гнейсы и слабо грейзенезированные гранито-гнейсы. Разновидности сходны по минеральному составу и отличаются по количественному соотношению породообразующих минералов.

Группа слабо грейзенезированных гранито-гнейсов. Главные породообразующие минералы в группе: плагиоклаз, кварц, слюда, флюорит. Содержание кислого плагиоклаза достигает (65%), кварца – (<15%), слюды – (<13-15%), флюорита – (8-10%). Второстепенные и рудные минералы представлены пелитизирующей массой, которая развивается по плагиоклазу, рудными минералами (ильменит, магнетит, галенит – до 3%), реликтами биотита.

Группа сильно грейзенезированных гранито-гнейсов. Минеральный состав группы слабо отличается от предыдущей группы, однако содержание кислого плагиоклаза в этой группе падает (до 50%), содержание