

Таким образом, результаты проведенного исследования противоречат идее о «чужеродности» тел микрогабброноритов и их образовании в результате внедрения самостоятельной порции магмы в магматическую камеру. И распределение редкоземельных элементов, и Sm-Nd изотопные данные свидетельствуют о геохимическом сродстве пород тел микрогабброноритов и вмещающих их пород расслоенных серий интрузий. Если пополнение магматической камеры свежими порциями расплава имело место, то магма в него поставлялась из геохимически однородного магматического очага.

УСЛОВИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ В ДОКЕМБРИИ. ГИПЕРГЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАННЕПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГРАНИТОВ ЛЕХТИНСКОЙ СТРУКТУРЫ (С. КАРЕЛИЯ)

Климова Е.В.¹, Алфимова Н.А.²

¹ СПбГУ

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, ana@na10581.spb.edu

Докембрийские коры выветривания играли огромную роль в формировании осадочной оболочки Земли, являясь начальными продуктами экзогенной дифференциации первичного мантийного вещества и поставщиками в бассейны седиментации высоkozрелого терригенного материала, благодаря чему они являются источником уникальной информации о составе и закономерностях эволюционных изменений литосферы, атмосферы и гидросферы.

В работе были изучены образцы коры выветривания (расположенной на южном берегу оз. Ватулма) сумийского возраста по гранит-порфирам Лехтинской структуры из Ватулминской зоны Лехтинского синклинали.

Кора выветривания развита по гранит-порфирам, которые являются комагматами сумийских риодацитов с возрастом 2.44 млрд. лет (Левченков и др. 1994). Гранит-порфиры представляют собой средне- крупнозернистую, кристаллическую породу серовато-розового цвета. Для них характерны реликты порфировой структуры, где порфиновые вкрапленники представлены главным образом кварцем. Главные породообразующие минералы гранит-порфиров: кварц представлен крупными (5 – 7мм) округлыми зернами и составляет 30 – 35% объема породы. Микроклин встречается в виде кристаллов размером до 4 – 5 мм и составляет 5 – 10%. Плаггиоклаз (An 20%) составляет до 35% объема породы. По кристаллам плаггиоклаза часто развивается замещающая его, мелкочешуйчатый мусковит и мелкозернистый карбонат. Состав плаггиоклаза при этом изменяется до (An 5%). Биотит часто замещается хлоритом светло-зеленоватого цвета.

Гранит-порфиры в разрезе сменяются метапесчаниками сумийского возраста через кору выветривания, мощность которой составляет около 6 м. Переход от гранит-порфиров к коре выветривания постепенный. Начальная степень изменения пород проявляется в образовании разноориентированных трещин, разбивающих породу на блоки. Трещины заполнены обломочным материалом песчаной размерности, состав которого аналогичен материнской породе. Постепенно вверх по разрезу количество трещин, заполненных песчаным материалом, увеличивается. Видимая мощность зоны начального разрушения субстрата около 2.5 м. Выше по разрезу порода теряет целостность и постепенно переходит в элювиальную брекчию. Элювиальная брекчия сложена угловатыми, неокатанными обломками гранит-порфиров, которые сцементированы обломочным материалом песчанистой размерности, состоящим из кальцита, более мелких обломков гранит-порфиров и их минералов. Процентное соотношение обломков и цемента в средней части горизонта 40% ÷ 60%. Размер обломков варьирует от 20 см до 1 – 2 сантиметров. Видимая мощность зоны элювиальной брекчии около 3.5 м.

Для обломков гранит-порфиров в элювиальной брекчии характерно повсеместное развитие серицита по плаггиоклазу. В обломках широко проявлен процесс деанортизации плаггиоклаза, когда по нему развивается мелкозернистый агрегат кальцита. Калиевый полевой шпат замещается мелкочешуйчатым агрегатом серицита в значительно меньшей степени, чем плаггиоклаз. Хлорит, как вторичный минерал, развивается по биотиту.

Цемент элювиальной брекчии представлен песчаным материалом зеленоватого цвета. Это мелкозернистая порода, состоящая из кварца, слюд и полевого шпата. Кварц представлен слабоокатанными угловатыми зернами и их мелкими обломками с волнистым погасанием и составляет 50 – 70% от объема породы. Микроклин, встречается в виде угловатых зерен небольшого размера 1 – 2 мм и составляет 5 – 10%. Слюды составляют до 25% от объема породы и представлены мусковитом, серицитом и биотитом, который частично замещается хлоритом. В цементе элювиальной брекчии встречаются реликты глинистой зоны коры выветривания, ныне представленной серицит-биотит-хлоритовым агрегатом, по которому не развивается кальцит, в отличие от основной массы цемента. Содержание кальцита достигает 20% – 30% от объема породы. Кальцит присутствует в виде двух генераций: крупные зерна размером до 2 – 3 мм составляющие 10-15% объема всей породы и мелкозернистый агрегат кальцита, развивающийся по плаггиоклазу, количество которого колеблется от 5% до 10%.

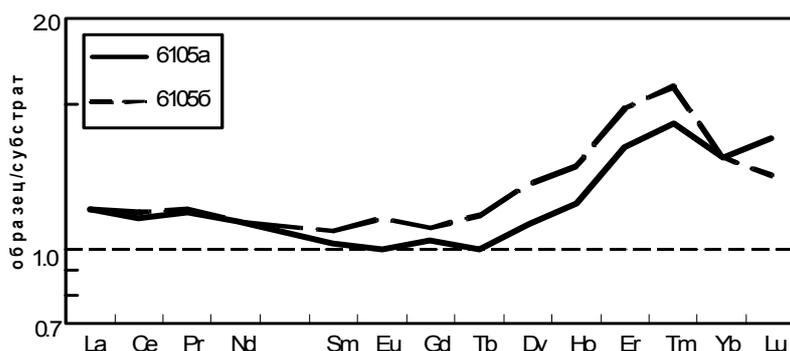


Рис. 1. Распределение редкоземельных элементов (нормированное на субстрат).

Был изучен минералогический состав искусственных шлихов. В составе цемента элювиальной брекчии были определены следующие минералы: циркон, монацит, апатит, эпидот, роговая обманка, титанит, гематит, рутил. Полуколичественный минералогический анализ свидетельствует о том, что при выветривании гранит-порфиров в коре выветривания появляется титанит, а также увеличивается количество апатита, монацита и циркона (в 6 раз).

Химические преобразования при выветривании. По профилю выветривания было изучено распределение породообразующих и редких элементов (табл.1). Для оценки изменения содержания элементов в коре выветривания относительно их содержания в субстрате были рассчитаны коэффициенты изменений концентрации К(эл). Расчет производится по следующей формуле: $K(\text{эл}) (\%) = [(K_{\text{эл.кв}} - K_{\text{эл.суб}}) / K_{\text{эл.суб}}] * 100$, где $K_{\text{эл.кв}}$ – концентрация элемента в выветренном образце, $K_{\text{эл.суб}}$ – концентрация элемента в субстрате (Алфимова, Матреничев, 2006).

Таблица 1. Распределение породообразующих и редкоземельных элементов по профилю выветривания

№ пробы	гранит-порфир		начальная степень выветривания		кальцитовая зона		
	5905	6005	6205	6105г	6505а	6105б	6105а
SiO ₂ %	68.3	69.1	71.7	72.5	66.7	63.5	64.3
Al ₂ O ₃	15.6	15	14.7	14.2	14.6	13.8	13.3
TiO ₂	0.46	0.46	0.30	0.33	0.37	0.42	0.43
Fe ₂ O ₃	2.1	1.98	1.35	1.25	1.6	2.37	2.56
MnO	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.06	0.06
MgO	0.74	0.83	0.35	0.27	0.62	1.09	1.29
CaO	1.92	2.1	1.06	0.992	4.04	5.52	5.32
Na ₂ O	4.14	4.5	4.27	4.02	3.62	2.67	1.88
K ₂ O	3.6	3.25	4.38	4.57	4.14	4.47	4.6
P ₂ O ₅	0.13	0.148	0.07	0.06	0.10	0.15	0.14
ppm	2.9	2.58	1.72	1.76	4.14	5.85	6.05
V	<.005	<.005	<.005	<.005	<.005	<.005	<.005
Cr	<.002	0.002	<.002	<.002	0.003	0.003	0.005
Ba	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07
La ppm	-	12	-	-	-	14.4	14.5
Ce	-	25.7	-	-	-	30.5	29.8
Pr	-	3.03	-	-	-	3.62	3.58
Nd	-	11.4	-	-	-	13	12.9
Sm	-	2.93	-	-	-	3.18	3
Eu	-	0.9	-	-	-	1.03	0.9
Gd	-	1.77	-	-	-	1.95	1.84
Tb	-	0.23	-	-	-	0.27	0.23
Dy	-	0.94	-	-	-	1.28	1.05
Ho	-	0.17	-	-	-	0.25	0.21
Er	-	0.4	-	-	-	0.78	0.65
Tm	-	0.06	-	-	-	0.13	0.11
Yb	-	0.52	-	-	-	0.8	0.8
Lu	-	0.07	-	-	-	0.1	0.12
Au	-	< 0.01	-	-	-	< 0.01	-

По результатам геохимических исследований в коре выветривания можно выделить две зоны (табл.2). Первая зона, в которой наблюдается незначительное накопление K_2O , а содержание большей части остальных элементов уменьшается. При петрографическом изучении пород было установлено, что эти образцы представляют собой обломки гранит-порфиров в элювиальной брекчии. Состав этих образцов характеризует гипергенные преобразования субстрата в зоне начального химического выветривания пород. Здесь происходит разложение и замещение первичных минералов гранит-порфиров (плаггиоклаз и слюды) новообразованными глинистыми минералами группы иллита и смектита, которые при метаморфизме были перекристаллизованы в мусковит (серицит) и биотит. Незначительное увеличение K_2O связано с устойчивостью калиевого полевого шпата на начальной стадии гипергенных преобразований и увеличением его количества относительно плаггиоклаза. Вторая зона характеризуется значительным изменением в распределении элементов и соотносится с зоной интенсивного химического выветривания. Эти образцы представляют собой цемент элювиальной брекчии.

Породообразующие элементы в зоне интенсивного химического выветривания можно разделить на три группы по степени подвижности в профиле выветривания: (1) элементы, которые выносятся при гипергенезе – Al_2O_3 , Na_2O ; (2) элементы относительно инертные – P_2O_5 , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 ; (3) элементы, накапливающиеся в остаточной коре выветривания – CaO , MnO .

Таблица 2. Распределение породообразующих элементов по профилю выветривания нормированное на субстрат

№ пробы	зона начальных изменений		зона интенсивного химического выветривания		
	6205	6105г	6105б	6105а	6405а
SiO_2	1.847	2.983	-9.801	-8.665	13.494
TiO_2	-22.131	-14.268	7.800	10.590	-56.880
Al_2O_3	-1.176	-4.538	-7.227	-10.588	-79.832
FeO^*	-19.162	-25.150	41.916	53.293	-43.832
MnO	-19.071	-24.492	135.431	143.175	188.093
MgO	-35.530	-49.616	96.840	132.957	-78.149
CaO	-30.171	-34.651	263.636	250.461	394.730
Na_2O	0.886	-5.021	-36.917	-55.582	-92.841
K_2O	10.886	15.696	13.165	16.456	-64.810
P_2O_5	-31.339	-40.266	46.249	39.601	-50.807

Уменьшение содержания Al_2O_3 , Na_2O свидетельствует о том, что при формировании профиля выветривания происходило преимущественное разложение плаггиоклаза. Элементы, отнесенные ко второй группе (MgO , P_2O_5 , Fe_2O_3) накапливаются, в связи с тем, что в профиле выветривания возрастает содержание монацита и минералов группы смектита. Содержания CaO , CO_2 , MnO и ппп (потери при прокаливании) по профилю выветривания меняются согласованно и закономерно – в верхней части профиля происходит накопление этих элементов, что указывает на накопление в остаточной коре выветривания кальцита, который является главным новообразованным минералом коры выветривания.

При формировании профиля происходит накопление редкоземельных элементов особенно заметное для легких и тяжелых лантаноидов, тогда как средние редкоземельные элементы накапливаются в значительно меньшей степени (рис. 1). Повышенная концентрация легких редкоземельных элементов связана с накоплением монацита, а тяжелых вызвана накоплением циркона в коре выветривания. В исследованных пробах определялось содержание Au. Содержание золота в коре выветривания не превышает 0.01г/т.

Таким образом, изучение минерального и химического состава элювиальной брекчии показало, что исследованная кора выветривания относится к глинистому типу. Однако в строении коры выветривания выделяется зона, обогащенная карбонатным материалом, который представляет собой вещество выщелоченное из гранит-порфиров субстрата и переотложенное в пределах остаточной коры выветривания при взаимодействии с углекислотой атмосферы. Присутствие карбонатной зоны указывает на специфические условия формирования профиля выветривания – pH среды при гипергенезе было близко к границе устойчивости кальцита, что по данным М. В. Борисова (Борисов, 2000) составляет около 6 pH. Ранее участки обогащенные кальцитом выделялись в корях выветривания формирующихся в аридных условиях (Хейсканен, 1990)], в то же время палеоклиматические реконструкции для раннего протерозоя свидетельствуют о господстве холодного климата (Ахмедов, 1996). Для нивального климата карбонатная зона в корях выветривания выделена впервые.

На основании детальных геологических, петрографических и геохимических исследований гипергенного профиля по гранит-порфирам Лехтинской структуры было показано, что карбонатная зона в корях выветривания является специфической и первичной чертой раннедокембрийских гипергенных образований Карелии не только для условий жаркого аридного климата, но может присутствовать в корях выветривания формирующихся в нивальном климате.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия отечественной науке.

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 – комплементарный 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-