

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 реститы 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 реститы 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, минерагения: 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)

Куричная 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 питкярانتской 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 питкярانتской 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

флюорита колеблется в пределах (15-20%), содержание слюды возрастает (15-20%), кварца-(10-15%). Второстепенные и акцессорные минералы группы аналогичны минералам группы собственно грейзенов.

Группа собственно грейзенов. Как и в предыдущих двух случаях, главным признаком обособления в отдельную группу является количественное соотношение минералов. Главными породообразующими минералами являются слюда (до 40%), кислый плагиоклаз, представленный альбитом (25-30%), флюорит (15-20%), кварц (10-15%). Кроме этого в качестве второстепенных и акцессорных минералов встречаются кальцит (до 5%), циркон и различные рудные минералы. В составе грейзена встречаются единичные зерна шеелита, пирита, халькопирита, галенита и ильменита.

Структурно-текстурные особенности для трех групп пород практически идентичны. Для них характерна метасоматическая, местами переходящая в липидобластическую структура.

Таблица 1. Содержание петрогенных элементов в грейзенах и грейзенизированных гранито-гнейсах

Образец	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ппп
13-2	52,7	0,251	21,5	1,72	0,0332	9,31	1,25	4,1	5,92	0,242	2,8
13-1	45,8	0,214	21,6	2,6	0,0457	14,6	2,18	5,96	3,21	0,124	3,27

Примечание: 13-2 – сильно грейзенизированный гранито-гнейс, 13-1 – собственно грейзен.

Анализ выполнен в Центральной лаборатории ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург)

Результаты рентгено-спектрального силикатного анализа проб сильно грейзенизированных гранито-гнейсов и собственно грейзенов (табл. 1) характеризуют миграцию петрогенных компонентов в ходе метасоматического процесса. Выносятся из системы Si, Na, привносятся Al, Ca, K, Fe, Mg, в небольшом количестве Mn, Ti, P.

Масс-спектрометрический анализ проб сильно грейзенизированных гранито-гнейсов и собственно грейзенов (табл. 2) показывает, что исследуемые породы характеризуются высокой степенью геохимической специализации на Li, Rb, Be, причем содержание Li, Rb закономерно возрастает от сильно грейзенизированных гранито-гнейсов к собственно грейзенам.

Таблица 2. Содержание компонентов рассчитанное по масс-спектрометрическому анализу

Образец	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge
13 2	705	516	4,80	10,4	10,5	0,776	5,36	6,03	86,3	44,1	3,59
13 1	1 382	460	8,39	20,0	11,5	1,03	9,05	5,15	77,6	44,5	3,74

Образец	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	Sn	Sb
13 2	3,06	1,93	805	53,5	7,64	238	15,5	1,02	0,336	112	0,020
13 1	1,21	2,71	1289	43,1	17,6	228	14,1	0,451	0,249	141	0,030

Образец	Te	Cs	Ba	Hf	Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U
13 2	0,195	11,7	206	4,28	3,20	22,5	1,65	19,2	0,054	38,7	1,53
13 1	0,437	23,0	276	4,58	2,39	28,7	2,41	9,62	0,041	24,4	1,75

Примечание: 13 2 – Сильно грейзенизированный гранито-гнейс, 13 1 – собственно грейзен
Анализ выполнен в Музее Естественных Наук (Лондон)

По-видимому, распределение содержания элементов находится в прямой зависимости от минерального состава породы. Минералом концентратом, Li, Rb, Fe является мусковит. Повышенное содержание Li, оптические свойства и результаты рентгенографии дают право относить слюду к литиевому мусковиту. Содержание в больших количествах Be, выявленное по масс-спектрометрическому анализу указывает на присутствие в минеральном составе исследуемой породы бериллиевого минерала, предположительно фенакита.

Распределение редкоземельных элементов в изучаемых породах весьма специфично. Можно отметить повышенное содержание легких редких земель La, Ce, Pr, Nd, при этом содержание их в грейзенизированных гранито-гнейсах выше, чем в грейзенах. При грейзенизации происходит уменьшение степени накопления легких REE и, наоборот, увеличивается степень накопления тяжелых редких земель. Общим породам свойственна ярко выраженная "отрицательная" аномалия Eu, что связано, вероятно, с фиксацией Eu полевыми шпатами, которые в ходе метасоматического процесса интенсивно удаляются из системы. (рис. 1)

Одной из решаемых автором задач является расчет миграции вещества в ходе метасоматического процесса. В данном случае в качестве наиболее рациональных и целесообразных методов расчета привноса-выноса вещества были выбраны: метод стандартного состава, относящийся к группе методов с введением коэффициентов, и окисно-объемный метод, учитывающий пористость породы.

Установлено, что в систему были привнесены такие элементы, как Al, Ca, K, Fe, Mg, F, в небольшом количестве Mn, Ti, P, CO₂ и H₂O, вынесены Si и Na. (рис. 2)

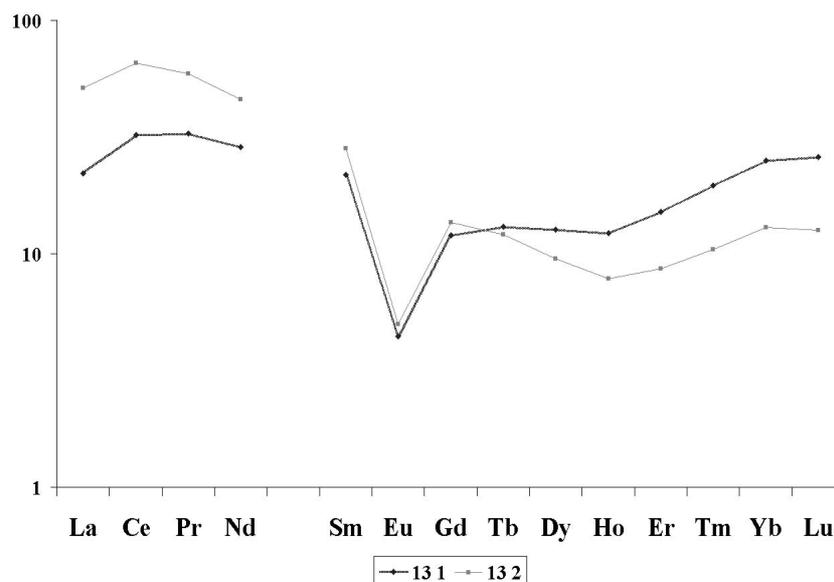


Рис. 1. График распределения редкоземельных элементов (REE) составленный по масс-спектрометрическому анализу проб грейзенизированных гранито-гнейсов и собственно грейзенов. 13-1 – собственно грейзен, 13-2 – сильно грейзенизированные гранито-гнейсы.

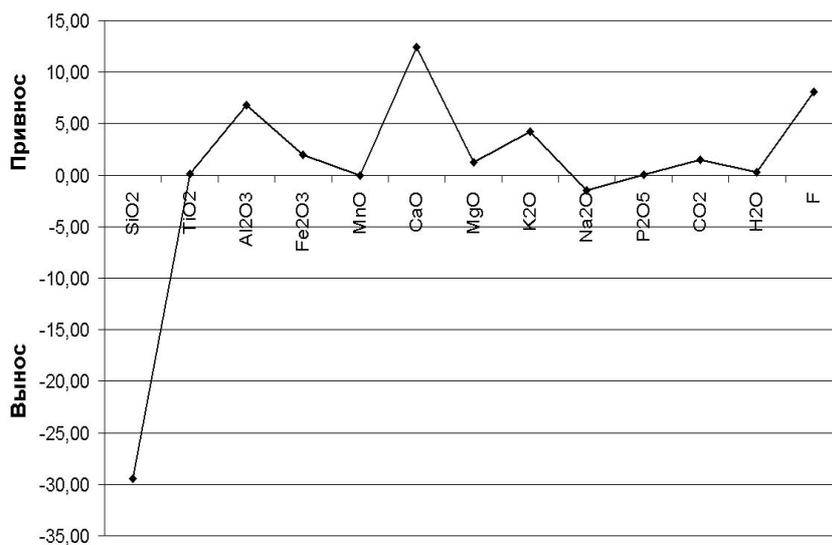


Рис. 2. График абсолютного привноса-выноса вещества при образования грейзенов за счет гранито-гнейсов.

Таким образом, в результате проведенных исследований были установлены петрографические особенности и минералогический состав грейзенов и грейзенизированных гранито-гнейсов Винбергского купола. Определены основные черты химического состава исследуемых пород, отмечена геохимическая специализация грейзенов на Li, Rb, Be. Проведен анализ привноса-выноса компонентов при образовании грейзенов за счет гранито-гнейсов.

На основании петрографического и минералогического изучения грейзенов и грейзенизированных гранито-гнейсов, выяснения их геохимических особенностей выделены три стадии метасоматического преобразования пород: щелочная стадия, стадия кислотного выщелачивания или грейзеновая, постгрейзеновая или гипергенная.

Авторы выражают признательность С.В. Петрову, Г.А. Суслову, А.Н. Зайцеву, Д.Н. Куренному, Л.В. Варовой, И.А. Алексею за помощь в подготовке материалов к исследованию, проведении химических анализов, своевременном содействии и поддержке в ходе написания работы.