

Рис. 2. Модульные диаграммы для мафоситов максовской залежи.

Из приведенных модульных диаграмм можно сделать некоторые выводы:

- в ШП максовской залежи наблюдается прямопропорциональная зависимость суммы щелочей и алюмокремниевого модуля, а также ппп и  $K_2O$  (за некоторым исключением) (рис. 2);
- по мере поднятия от подошвы к поверхности залежи содержание кремнезема растет, содержание Al, Fe, Mg, Ca, K уменьшается;
- мафоситы подошвы залежи более щелочные, карбонатные, с повышенным содержанием Al, Fe, Mg, менее кремнистые;
- мафоситы обнажений, наоборот, имеют менее щелочной состав, но более кремнистый, содержание Al, Fe и Mg ниже, чем в донной части;
- мафоситы центральной части залежи имеют промежуточный состав;
- четких границ в содержании элементов между породами всех трех частей нет.

Как уже отмечалось (Рычанчик, 2006), при общей высокой кремнистости минеральной основы мафоситов различных тел, содержания Ссв. в них связаны со слюдистой (первично глинистой) составляющей. Поэтому на обеих приведенных диаграммах все выделенные поля в принципе можно объединить в общий «мафоситовый тренд». Исключение составляет небольшой кластер на диаграмме  $K_2O$  – ппп для пород подошвы залежи. Для него характерны повышенные содержания  $K_2O$  на фоне низких значений ппп. Скорее всего, эти породы не следует относить к мафоситам, они могут представлять собой обогащенные миграционным ШВ вмещающие породы подошвы залежи. «Мафоситовый тренд» можно подразделить на три отдельные группы, которые соответствуют различным частям залежи: подошве, центру и обнажениям, что свидетельствует о дифференциации по плотности и вязкости органо-минерального комплекса.

#### ЛИТЕРАТУРА

Купряков С.В. Отчет о результатах поисковых работ на шунгитовые породы, проведенных в Онежской мульде в 1985–88 гг. Петрозаводск, 1988. 148 с.

Рычанчик Д.В., Ромашкин А.Е., Дейнес Ю.Е. Петрохимические особенности минеральной компоненты шунгитовых пород (мафоситов) онежской структуры Карелии //Литохимия в действии 2006. II всероссийская школа по литохимии. Сыктывкар. 2006. С. 107-109.

Филиппов М.М., Клабуков Б.Н., Ромашкин А.Е. и др. Закономерности формирования, развития и размещения шунгитоносных структур Онежской мульды: Отчет по т. 152. Петрозаводск, 2000. 197 с. (Фонды КарНЦ РАН).

Филиппов М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. 280 с.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

## ВУЛКАНИТЫ РАННЕГО ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЯ СВИТЫ ВЕТРЕНЬ ПЯС И БУРАКОВСКИЙ РАССЛОЕННЫЙ ПЛУТОН, КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИНТРУЗИВНЫЙ АНАЛОГ (КАРЕЛИЯ И АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Евсеева К.А., Чистяков А.В.

ИГЕМ РАН, Москва, [chist@igem.ru](mailto:chist@igem.ru)

В течение раннего палеопротерозоя (2.5-2.3 млрд. лет назад) на Балтийском щите сформировалась крупная магматическая провинция кремнеземистой высокомагнезиальной (бонинитоподобной) серии (Шарков и др., 1997), в состав которой вошли расслоенные базит-ультрабазитовые интрузивы, крупнейшим из которых

на Карельском архейском кратоне является Бураковский плутон (БП), а также вулканогенно-осадочные комплексы в грабенообразных структурах, одной из которых являлся Ветренный Пояс (рис.1). Базальты последней, входящие в состав одноименной свиты ветренный пояс, часто рассматриваются как вулканические аналоги БП. Сопоставлению вулканитов свиты и пород плутона с целью определения возможности их генетического родства и посвящена данная работа.

**Бураковский плутон** располагается в пределах древнейшего на Балтийском щите Водлозерского архейского блока, достигает 50 км в длину, 13-17 км в ширину при мощности от 5-7 до 10 км и площади - более 600 км<sup>2</sup>. Ранее предполагалось, что плутон представляет собой единый интрузив, разбитый в позднем протерозое на три тектонических блока. Однако комплексные исследования последних лет указывают на то, что плутон образован двумя самостоятельными однотипными интрузивами - Аганозерским (АТ) и Шалозерско-Бураковским (ШБТ) (Чистяков и др., 2000; Берковский и др., 2000). Sm-Nd возраст АТ составил 2372±22 млн. лет ( $\epsilon_{Nd} = -3.22 \pm 0.13$ ), а ШБТ - 2433±28 ( $\epsilon_{Nd} = -3.14 \pm 0.14$ ).

В разрезах обоих тел выделяются краевая и расслоенная серии. Последняя отражает смену кумулятивных парагенезисов снизу вверх по разрезам обоих тел от более высокотемпературных к относительно более низкотемпературным (т.е. от ультрабазитов к базитам). Строение расслоенных серий двух тел и их сопоставление на основе выделяемых зон приведено на рис. 2. Условным «нулевым уровнем» для корреляции разрезов на рисунке служит обогащенный хромшпинелидами горизонт (ГХГ). В расслоенных сериях обоих тел наблюдается скрытая расслоенность, выраженная в снижении магнезиальности оливина и пироксенов вверх по разрезам при общей тенденции к понижению основности плагиоклаза (см. рис.2 и табл.1).

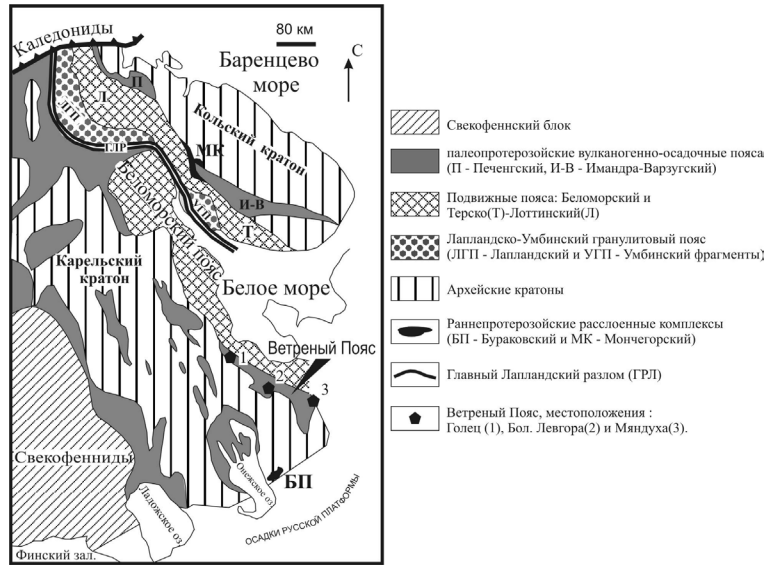


Рис. 1. Схема геологического строения восточной части Балтийского щита и местоположение изученных объектов

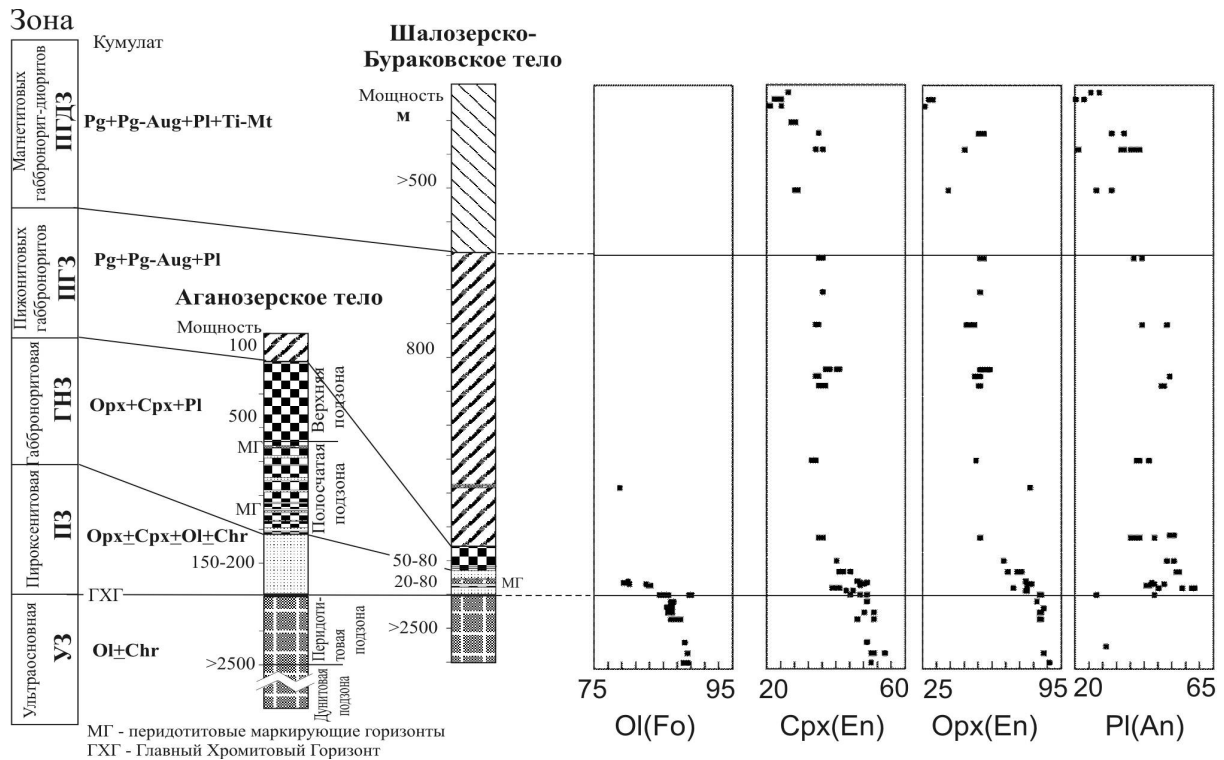


Рис. 2. Строение расслоенных серий Аганозерского (АТ) и Шалозерско-Бураковского (ШБТ) тел Бураковского плутона; изменение составов минералов по разрезу расслоенной серии ШБТ (скрытая расслоенность).

Таблица 1. Изменения составов минералов по зонам расслоенных серий АТ и ШБТ Бураковского плутона

Зоны	Оливин, Fo		Ортопироксен, En		Клинопироксен, En	
	АТ	ШБТ	АТ	ШБТ	АТ	ШБТ
УЗ	88-86	88-84	80	86-83	53-48	51-44
ПЗ	82-83		76	75-71	44-47	45-42
ГНЗ	80		76-62	66	41-44	40
ПГНЗ			63	58-51	40	40-34
МГДЗ				54-38		36-28

Для большинства габброидов Бураковского плутона характерно сочетание относительно высоких содержаний магния с высокими же концентрациями SiO<sub>2</sub> при низких содержаниях титана, щелочей, ТРЗЭ, ниобия и т.д. Наблюдаются удовлетворительные тренды корреляции ряда главных элементов с MgO – отрицательные для суммы щелочей и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и положительные – для Ni.

По сравнению с MORB, все породы плутона обогащены литофильными элементами (Rb, Ba, Sr), а габброиды – также ЛРЗЭ, при низких содержаниях тяжелых РЗЭ и титана. Относительно состава примитивной мантии по (McDonough & Sun, 1995) породы также показывают обогащенность Rb, Sr и Ba при относительно низких содержаниях рудных компонентов (Ni, V, Cr). Количество хрома существенно возрастает лишь в породах рудных хромитовых горизонтов, главным из которых является ГХГ (см. рис.2).

Вся совокупность исследованных горных пород Бураковского плутона обладает в целом однотипным фракционированным трендом распределения РЗЭ. Для ШБТ количество РЗЭ закономерно возрастает от 10 ppm в УЗ до 72.8 ppm в МГДЗ; в Аганозерском теле эти изменения составляют от 2.5 до 20.6 ppm. Вверх по разрезу также происходит обогащение легкими РЗЭ, что иллюстрируется возрастанием отношения (Ce/Yb)<sub>n</sub> от 3.5 до 6.9 в ШБТ и от 1.5 до 5.5 в АТ. Полученные нами данные показывают также существенную обогащенность РЗЭ и ЛРЗЭ пород Шалозерско-Бураковского тела относительно одноименных пород Аганозерского тела.

**Свита ветренный пояс** в составе одноименной структуры (см. рис. 1) сложена лавовыми потоками преимущественно базальтов и пикробазальтов, с подчиненным количеством андезибазальтов и ограниченным развитием туфов и туфогенно-осадочных пород. Согласно изотопно-геохронологическим данным (Puchtel et al., 2001 и т.д.) возраст свиты определен в 2.45 - 2.41 млрд. лет при ε<sub>Nd</sub> = - 2.6.

Нами изучались породы верхней части разреза свиты ветренный пояс из трех участков: гора Мяндуха, гора Голец и гора Бол. Левгора (см. рис. 1). Во всех участках наблюдаются реликты вулканических построек, сложенных десятками базальтовых потоков мощностью от первых до десятков метров. Судя по находкам пиллоу-лав и гиалокластитов, их излияния происходили в подводных условиях. Редко в лавовых телах наблюдаются горизонты кумулятивных пикритов, главным (до 80 об.%) минералом кумулула в которых выступает оливин. Базальты обычно имеют мелкопорфировую структуру с вкрапленниками оливина, хромшпинелида, реже, клинопироксена. Особенностью основной массы базальтов являются структуры типа микроспинифекс, характеризующиеся развитием длиннопризматических, игольчатых, радиально-лучистых агрегатов клинопироксена, реже оливина в вулканическом стекле. Реликты оливина Fo<sub>80-87</sub> наблюдаются также и в порфировых выделениях. Вкрапленники клинопироксена (авгит Wo<sub>41-44</sub>En<sub>44-50</sub>Fs<sub>9-11</sub>) имеют скелето- и футлярообразные

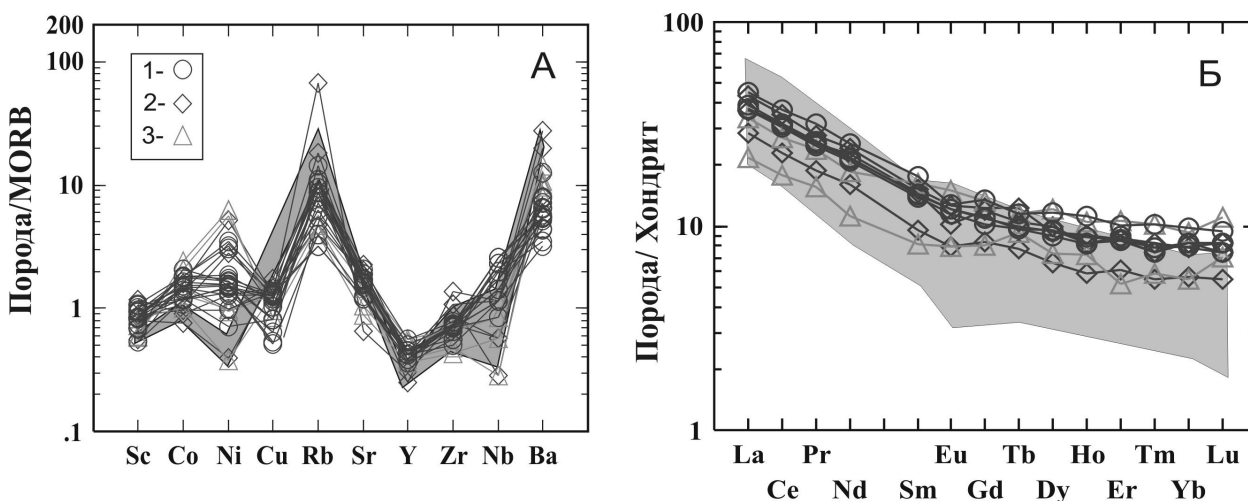


Рис. 3. Распределение элементов-примесей (А) и РЗЭ (Б) в породах свиты ветренный пояс (1 - Мяндуха, 2 - Голец, 3 - Бол. Левгора). Поле выделены спектры габброидов ШБТ БП.

формы. Состав Срх в структурах микроспинифекс отвечает авгиту  $Wo_{45-47}En_{33-42}Fs_{12-21}$ . Хромшпинелид - субферриалюмохромит ( $Cr_2O_3$  от 42 до 46 мас.%) присутствует в виде единичных мелких зерен. Плагноклаз ( $An_{62-64}$ ) встречается лишь в полнокристаллических долеритах. Пятнистое вулканическое стекло имеет переменный состав, варьирующий от базальта ( $SiO_2 = 50-54$  мас.%) до андезит-дацита ( $SiO_2 = 56-62$  мас.%).

Среди изученных пород свиты преобладают кремнеземистые ( $SiO_2$  - до 54 мас.%), высокомагнезиальные ( $MgO > 8$  мас.%) базальты с низким содержанием  $TiO_2$  - до 0.8 мас.%. Подчиненную роль играют пикриты и пикробазальты с содержаниями  $SiO_2$  42-45 мас.% и  $MgO$  - 33-21 мас.%. Все породы имеют близкие спектры распределения редких и рассеянных элементов, в частности, обогащены Sr, Zr, Ba, и обеднены Nb, Y и др. (рис.3А), а также имеют однотипный фракционированный тренд распределения РЗЭ (см. рис. 3Б) с заметным обогащением легкими РЗЭ по отношению к тяжелым  $(Ce/Yb)_n = 2.7-3.9$ , что существенно отличает их как от толеитовых, так и коматиитовых базальтов.

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что базальты свиты ветреный пояс могут быть отнесены к образованиям раннепалеопротерозойской кремнеземистой высоко-Мг серии Балтийского щита и по своим геохимическим характеристикам сопоставимы с породами расслоенных серий Бураковского плутона. Время становления обоих тел плутона укладывается в интервал формирования базальтов свиты ветреный пояс.

Формирование БП происходило при давлении, не превышающем 5 кбар (т.е. на глубине до 15 км). Все перекрывающие его породы, а, возможно, и верхние части разрезов расслоенных серий самого плутона, «смыты» эрозией и плутон выходит на четвертичный срез. Можно предполагать, что аналогичная ситуация наблюдается и в соседний регионах. Вероятно, во время формирования, вулканы занимали значительно большую площадь и Бураковский плутон мог выступать как промежуточная камера (или одна из камер) для расплавов (рис. 4), обеспечивших образование КВМС и, в частности, базальтов свиты ветреный пояс.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 04-05-64581.

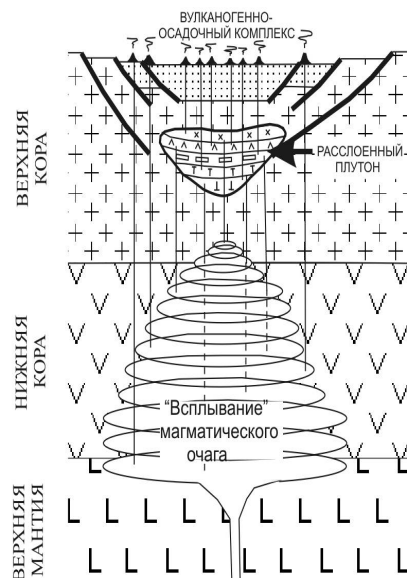


Рис. 4. Схема формирования КВМС (по Шарков и др., 1997).

#### ЛИТЕРАТУРА

Берковский А.Н., Семенов В.С., Корнеев С.И., Яковлева С.З., Беляцкий Б.В., Гриневич Н.Г. Строение Бураковского Аганозерского расслоенного комплекса, петрологические выводы // Петрология, 2000, т.8, №6, с.650-672.

Чистяков А.В., Богатилов О.А., Гроховская Т.Л., Шарков Е.В., Беляцкий Б.В., Овчинникова Г.В. Бураковский расслоенный плутон (Южная Карелия) как результат пространственного совмещения двух интрузивных тел: петрологические и изотопно-геохимические данные // Доклады РАН, 2000, т.372, № 2, с. 228-235.

Шарков Е.В., Смолькин В.Ф., Красивская И.С. Раннепротерозойская магматическая провинция высокомагнезиальных бонинитоподобных пород в восточной части Балтийского щита // Петрология, 1997, т.5, № 5, с.503-522.

McDonough M.F., Sun S.-s. The composition of the Earth // Chemical Geology, 1995, v.120, pp. 223-253.

Puchtel I.S., Brugmann G.E., Hofmann A.W. et al. Os isotope systematics of komatiitic basalts from the Vetreny Belt, Baltic Shield: evidence for a chondritic source of the 2.45 Ga plume // Contrib.Mineral.Petrol., 2001, v. 140, p. 588-599.

#### ИСТОЧНИКИ ТЕЛ МИКРОГАББРОНОРИТОВ: РЕЗУЛЬТАТЫ SM-ND ИЗОТОПИИ

Епифанова Т.А.<sup>1</sup>, Казанов О.В.<sup>1</sup>, Каринен Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, epifanova@yahoo.com

<sup>2</sup>Университет Оулу, Финляндия

Более 90% запасов платиновых металлов сосредоточены в стратиформных месторождениях, приуроченных к расслоенным интрузиям перидотит – ортопироксенит - габброноритовой формации. Это так называемые месторождения «рифового» типа, такие, как риф Меренского (массив Бушвелд, ЮАР), J-M риф (Стиллуотер, США). Обычно они образованы маломощными пластами малосульфидных платинометаллических руд – рифами, латерально протяженными по всему объему массива.

Месторождения, связанные с телами микрогабброноритов, являются особым подтипом подобных месторождений. Месторождения и рудопроявления такого рода известны в двух расслоенных интрузиях северо-восточной части Балтийского щита – Луккулайсваара (Северная Карелия), Койлисмаа (Финляндия). Проявления микрзернистых пород обнаружены также в критической зоне горы Нюд (Мончегорский плутон, Кольский полуостров), однако крупных рудоносных тел они не образуют.