

Вестник Московского Университета, Серия 4 Геология, 2008, No. 4, стр. 35–44

2. Dirksen O., Humphreys M.C.S., Pletchov P., Melnik O., Demyanchuk Y., Sparks R.S.J., Mahony S. The 2001-2004 dome-forming eruption of Shiveluch volcano, Kamchatka: Observation, petrological investigation and numerical modelling // Journal of Volcanic and Geothermal Research, 2006, V. 155, Issues 3-4, pp. 201-226.
3. Martin V.M., Holness M.B., Pyle D.M. “Textural analysis of magmatic enclaves from the Kameni Islands, Santorini, Greece” // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2006, т. 154, стр. 89–102.
4. Murphy M.D., Sparks R.S.J., Barclay J., Carroll M.R., Brewer T.S. “Remobilization of Andesite Magma by Intrusion of Mafic Magma at the Soufriere Hills Volcano, Montserrat, West Indies” // Journal of petrology, 2000, т. 41, н. 1, стр. 21–42.
5. Perugini D., Valentini L., Poli G. Insights into magma chamber processes from the analysis of size distribution of enclaves in lava flows: A case study from Vulcano Island (Southern Italy) // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2007, т. 166, стр. 193-203
6. Sparks R.S.J., Mashall L.A. Thermal and mechanical constraints on mixing between mafic and silicic magmas // Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1986, т. 29, стр. 99-124.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ
ФОРМИРОВАНИЯ СУМИЙСКО-САРИОЛИЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ
ЛЕХТИНСКОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГЕОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Хлебалин Игорь Юрьевич

Геологический факультет СПбГУ, Санкт-Петербург, hlebalin@bk.ru

Проблема эндогенной активности на границе архея-протерозоя – одна из ключевых проблем геологии докембрия. Переход от плюм-тектоники архея к плитной тектонике, аналогичной современной, в протерозое – один из ключевых моментов в тектонической истории Земли. Разумеется, принципиальное изменение характера тектоники нашло отражение в характере магматизма. Кроме того, решение вопроса о характере палеогеодинамической обстановки в исследуемом регионе в раннепротерозойское время поможет в прогнозировании месторождений полезных ископаемых в Лехтинской структуре.

В данной публикации автором приводятся новые геохимические данные о составе сумийско-сариолийских вулканитов Лехтинской структуры.

В Лехтинской структуре сумийско-сариолийские вулканиты перекрывают непосредственно с угловым несогласием породы верхнего архея.

Автором исследовались породы трёх вулканогенных свит сумия-сариолия (снизу-вверх):

- тунгудская свита. (K_1^1 tn): сланцы хлоритовые, хлорит-биотитовые, амфиболовые; амфиболиты по основным вулканитам и их туфам;
- ожиярвинская свита (K_1^1 og): кератофиры, риолиты порфиоровые;
- вермасская свита (K_1^2 vr): туфы основного-среднего состава, сланцы хлоритовые, кварц-хлоритовые, кварц-биотит-хлоритовые по туфам и лавам основного-среднего состава, андезибазальты, базальты;

Эффузивные образования сумийско-сариолийского возраста Лехтинской структуры имеют отчётливый бимодальный характер: среди них отсутствуют породы с содержанием кремнезема в интервале 57-71%.

По соотношению FeO^*/MgO породы тунгудской и вермасской свит могут быть отнесены к известково-щелочной серии ($FeO^*/MgO = 0,75$ для тунгудской свиты, $0,84$ для вермасской при содержании кремнезема 54-57 %). Для риолитов ожиярвинской свиты этот способ разделения по петрохимическим сериям непригоден, так как он малодостоверен для кислых пород. Содержание CaO в андезибазальтах вермасской и тунгудской свит также соответствует таковому в породах известково-щелочной серии (тунгудская свита – 8 %; вермасская свита – 7,8 %). Таким образом, вулканиты сумийско-сариолийского возраста Лехтинской структуры по некоторым признакам могут быть отнесены к известково-щелочной серии. Эта серия типоморфна для активных континентальных окраин и островных дуг. Опираясь на этот факт, С. А. Светов и др. авторы рассматривают сумийские вулканиты Кумсинской, Семченской, Койкарской структур, во многом аналогичных Лехтинской, как аналоги образований активных континентальных окраин [1]. Однако в Лехтинской структуре, в отличие от других вышеупомянутых, представлены не только андезибазальты сумия, но и другие породы этого же цикла вулканизма. Геохимические особенности полного спектра сумий-сариолийских вулканитов показывают, что сумийские образования, по крайней мере, в Лехтинской структуре, не являются аналогами активных континентальных окраин Андского типа.

Поскольку риолиты – эффузивные аналоги гранитов, то для риолитов ожиярвинской свиты возможно определить, какому типу гранитоидов (S, I или A) соответствует их состав. Отличительным признаком, позволяющим отличить A-тип гранитоидов от всех остальных, является сумма содержаний $Ce+Zr+Nb+Y$ [2]. Если эта сумма больше 350 г/т, то даже при низких значениях FeO^*/MgO и Na_2O+K_2O/CaO , как в данном случае, гранитоиды однозначно относятся к A-типу. Средняя сумма содержаний $Ce+Zr+Nb+Y$ в риолитах ожиярвинской свиты – 675 г/т.

Достаточно надёжно отличить внутриплитные гранитоиды от других типов позволяет использование диаграмм Пирса «Nb–Y» и «Rb–Nb+Y» (рис. 1). На обеих диаграммах точки составов риолитов ожиярвинской свиты попадают в поле внутриплитных гранитоидов. Исходя из этого можно сделать вывод, что риолиты ожиярвинской свиты, вполне вероятно, сформировались в условиях континентального рифтогенеза и входят в состав контрастной серии вулканитов с составами от базальтового до риолитового.

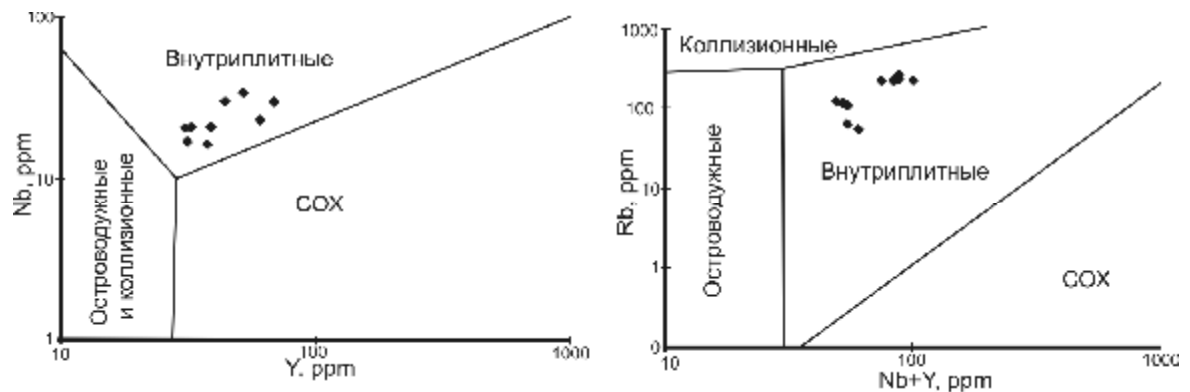


Рис. 1. Бинарные диаграммы «Nb–Y» и «Rb–Nb+Y» для риолитов ожиярвинской свиты K_1^1 og.

Дискриминантная диаграмма «Zr/Y–Ti/Y» позволяет отличить внутриплитные базальты от всех остальных типов базальтов. На этой диаграмме результаты анализов вулканитов тунгудской и вермасской свит попадают на границу полей (рис.2).

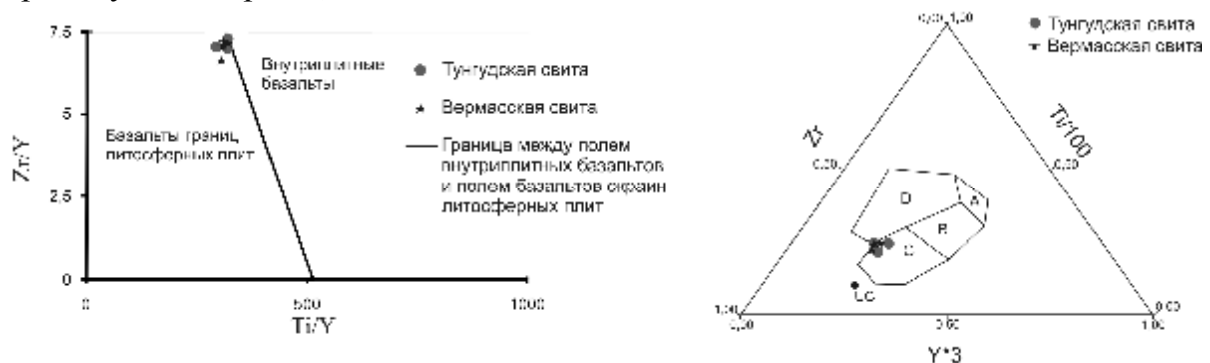


Рис. 2. Дискриминантная диаграмма "Zr/Y–Ti/Y" и дискриминантная диаграмма «Ti–Zr–Y» для вулканитов тунгудской свиты (K_1^1 tn) и вермасской свиты (K_1^2 vr): А – поле толеитов островных дуг; В – поле базальтов СОХ; С – поле известково-щелочных базальтов островных дуг; D – поле внутриплитных базальтов; UC – точка, отвечающая осреднённому составу верхней континентальной коры.

При этом содержание Zr в исследуемых породах более чем в 2 раза выше (около 90 г/т в обеих свитах), чем среднее для известково-щелочных базальтов (около 37 г/т). А содержание титана, напротив, меньше (около 3700 г/т), характерного для известково-щелочных базальтов (4590 г/т). Такой элементный

состав мог возникнуть, если с магмой мантийного происхождения, имевшей первоначально базальтовый состав, смешивалась магма, имевшая более высокое содержание циркония, но менее высокое - титана, например кислая гранитная магма. Смешение магм также объясняет и высокое, по сравнению с типичными базальтами континентальных рифтов, содержание кремнезёма в вулканитах тунгудской и вермасской свит.

Для построения дискриминантной диаграммы «Ti-Zr-Y» (Pearce, Cann, 1973) [3] используются содержания тех же элементов, что и в предыдущей диаграмме. Точки пород тунгудской и вермасской свит попадают на границу поля известково-щелочных базальтов и поля внутриплитных базальтов (рис. 2).

При этом если сместить положение точек пород от точки UC (“average upper crust” – точка, отвечающая осреднённому составу верхней континентальной коры), они окажутся в поле внутриплитных базальтов. Из этого можно сделать вывод, что породы тунгудской и вермасской свит могут являться внутриплитными базальтами, содержащими значительную примесь верхнекорового материала.

Дискриминантная диаграмма «Th-Ta-Hf» (Wood, 1979) [3] лучше всего позволяет отличить вулканиты зон субдукции от вулканитов, сформировавшихся в других геодинамических обстановках. Она пригодна для дискриминации не только основных, но и средних и кислых пород. Точки пород вулканитов тунгудской и вермасской свит ложатся в поле известково-щелочных пород, опять же рядом с точкой «UC» (рис. 3). Кроме того, при построении этой диаграммы используется содержание тория, а обогащение торием может происходить не только вследствие смешения магм, но и при гидротермальных процессах.

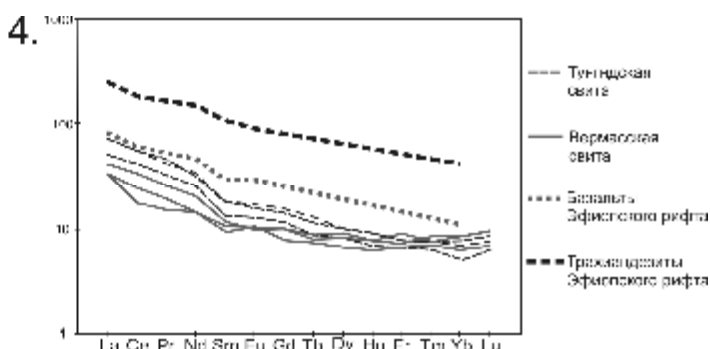
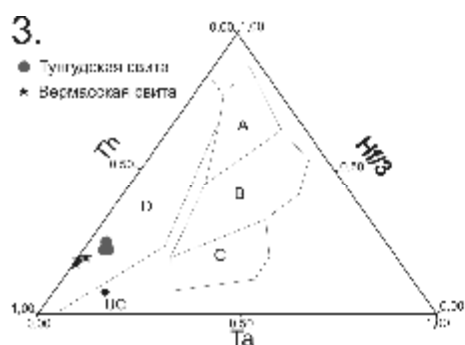


Рис. 3. Дискриминантная диаграмма «Th-Ta-Hf» для вулканитов тунгудской свиты (K_1^1 tn) и вермасской свиты (K_1^2 vr): А – поле нормальных базальтов COX (N-MORB); В – поле «обогащённых» базальтов COX (E-MORB) и внутриплитных базальтов; С – поле щелочных внутриплитных базальтов; D – поле толеитовых и известково-щелочных базальтов островных дуг; UC – точка, отвечающая осреднённому составу верхней континентальной коры.

Рис. 4. Распределение РЗЭ в вулканитах тунгудской (K_1^1 tn) и вермасской свит (K_1^2 vr).

Распределение редкоземельных элементов в андезибазальтах тунгудской и вермасской свит (рис. 4) не противоречит предположению о том, что эти породы возникли во внутриплитных условиях. Андезибазальты тунгудской свиты обогащены лёгкими редкоземельными элементами (ЛРЗЭ) относительно хондритового резервуара [4] примерно в 68 раз, вермасской – в 45 раз; тяжёлыми редкоземельными элементами (ТРЗЭ): тунгудской – примерно в 7,5 раз, – примерно в 8,5 раз; отношение нормированных $La/Lu=5,5-8,5$. Такое распределение РЗЭ характерно для континентальных рифтов. Следует обратить внимание на обогащение Lu относительно других ТРЗЭ. Такая аномалия характерна для вулканитов континентальных рифтов [2]. Европиевая аномалия на графике распределения РЗЭ в андезибазальтах отсутствует, что характерно, хотя и не всегда, для вулканитов континентальных рифтов. Исходя из вышеназванных геохимических особенностей, можно сделать вывод, что андезибазальты тунгудской и вермасской свит, хотя многие петрохимические признаки говорят об их сходстве с известково-щелочными породами активных континентальных окраин, вполне вероятно, сформировались в условиях континентального рифтогенеза.

Несмотря на то, что некоторые петрохимические признаки андезибазальтов тунгудской и вермасской свит (такие как отношение FeO^*/MgO , содержание CaO) позволяют отнести их к известково-щелочной серии пород, сумийско-сариолийские вулканиты Лехтинской структуры следует считать сформировавшимися не в условиях островной дуги либо активной континентальной окраины, а в условиях континентального рифтогенеза. В пользу этого говорят следующие признаки:

Бимодальный характер вулканизма: отсутствуют породы с содержанием кремнезёма 57-71%;

Пониженная глинозёмистость риолитов ожиярвинской свиты;

Высокая сумма содержаний $Se+Zr+Nb+Y$ в риолитах ожиярвинской свиты;

Соответствие состава риолитов ожиярвинской свиты составу гранитоидов А-типа;

Повышенное содержание Zr (около 90 г/т) и Ti (около 3700 г/т) в андезибазальтах тунгудской и вермасской свит относительно типичных базальтов и андезибазальтов известково-щелочных серий;

Характер распределения РЗЭ в средне-основных и кислых вулканитах сумия-сариолия Лехтинской структуры, аналогичный характеру распределения РЗЭ в современных континентальных рифтах.

Вполне вероятно, что расплав, из которого образовались андезибазальты тунгудской и вермасской свит, был мантийным по происхождению, но содержал некоторое количество верхнекорового материала, а расплав, из которого сформировались риолиты ожиярвинской свиты, коровый по происхождению,

содержал некоторое количество мантийного материала. В пользу этого говорят следующие факты:

Повышенное содержание Zr (около 90 г/т) и содержание Ti (около 3700 г/т) в андезибазальтах тунгудской и вермасской свит;

Повышенное содержание Lu относительно других ТРЗЭ в риолитах ожиярвинской свиты.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что сумийско-сариолийские вулканиты Лехтинской структуры сформировались в условиях континентального рифтогенеза. А петрохимические особенности, позволяющие отнести их к известково-щелочной серии, обусловлены тем, что магмы, из которых формировались вулканиты – продукты смешения двух магм: мантийной по происхождению магмы (основного состава) и верхнекоровой (кислого состава).

Литература:

1. Светов С. А., Голубев А. И., Светов А. И. Геохимия сумийских андезибазальтов центральной Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии, Вып. 4, 2001
2. Фролова Т. И., Бурикова И. А. Магматические формации современных геотектонических обстановок. М.: Наука, 1997, 225 с.
3. Pearce J. A. A user's guide to basalt discrimination diagrams // Short Course Notes - Geological Association of Canada, 1996, P. 79-113
4. Sun S.-S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of basalts: implication for mantle composition and processes // Magmatism in the ocean basins., 1989

ПРИЗНАКИ СМЕШЕНИЯ МАГМ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВОВ РОГОВЫХ ОБМАНОК В ПРОДУКТАХ ИЗВЕРЖЕНИЯ (1991-1995) ВУЛКАНА УНЗЕН, ЯПОНИЯ

Цай Александра Евгеньевна

Геологический ф-т МГУ, Москва, sasha-msu@yandex.ru

Вулкан Унзен расположен на полуострове Шимабара, в юго-западной части острова Кюсю, примерно в 70 км к западу от вулканического фронта ЮЗ Японии (32.75 N 130.30 E) [3]. Под вулканом Унзен не обнаружено сейсмичности, связанной с субдукцией Филиппинской плиты, максимальная глубина гипоцентров не превышает 15 км [4].

Вулкан Унзен начал свою активность около 500 тыс. лет назад. Исторические извержения вулкана: 1663, 1792 и 1991-1995 гг. Продукты извержения вулкана представлены многочисленными экструзивными куполами, мощными лавовыми потоками и пирокластическими отложениями андезитового