



УДК 550.4: 551/2(571.6)

А. В. Колосков

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, 683 006;  
e-mail: kolosav@kscnet.ru*

## Ещё раз о мантийных ксенолитах

Проведено сравнительное рассмотрение особенностей проявления ксенолитов ультрамафитов, Sr-изотопных аномалий в составе вулканитов и анализ вихревых структур Камчатско-Корякского региона

### Введение

Наличие или отсутствие ксенолитного материала в вулканических породах является геологическим фактом, который сам по себе требует объяснения. Эта проблема время от времени будоражит умы исследователей, но, главным образом, в связи с решением задачи стратификации литосферной мантии, поскольку эти образования почти безоговорочно рассматриваются в качестве мантийного материала [9].

### Проявления ксенолитов ультрамафитов и сопутствующих им образований

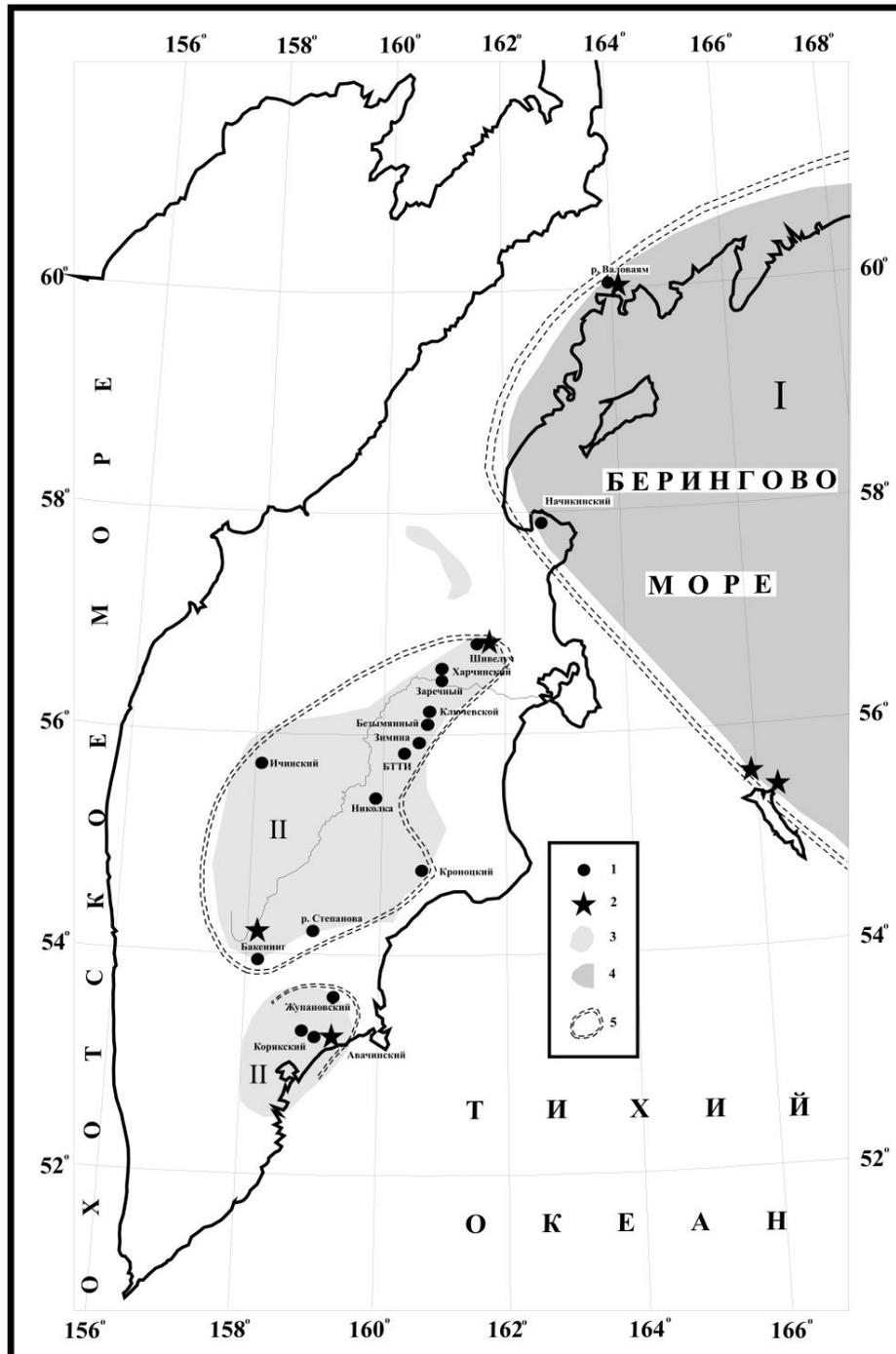
Камчатско-Корякский регион является одним из немногих примеров островодужной системы, где находки ксенолитов ультрамафитов широко распространены (рис. 1) и детально изучены. В их составе выделено [5] три ассоциации: 1. Дунит-гарцбургитовая с подчинённой ролью верлитов, пироксенитов и габброидов — распространена преимущественно на вулканах фронтальной зоны — Авачинском, Жупановском, Кротоцком. 2. Дунит-верлит-пироксенитовая в сочетании с амфиболовыми габброидами — преимущественно на вулканах Центрально-Камчатской депрессии (ЦКД). 3. Верлит (лерцолит)-пироксенитовая в ассоциации с вулканитами внутриплитового геохимического типа — на вулканах Бакенинг, Ичинский, в р-не р. Валоваям.

Детально изучен петрохимический, геохимический и минералогический состав ксенолитов [3, 4, 9–11]. Выявлена определённая специфика составов и стадийность образования и преобразования ксенолитов. Показано существование хорошо проявленной зависимости между фаціальным типом включений гипербазитов, типом несущих их вулканитов и условиями их проявления [3, 4]. Установлено наличие многочисленных прожилков (клиноили ортопироксен), которые свидетельствуют о вторичном метасоматическом преобразовании ксенолитов [3, 4]. В метасоматическом преобразовании Авачинских гипербазитов предложено [10] участие водосодержащих расплавов, сходных по составу с адакитами. Подобное предположение в отношении ксенолитов лерцолитов в базанитах р. Валоваям сделано в работе [11]. По данным [7], близ-

кие по составу к «Neb-адакитам» вулканиты обнаружены в южной части ЦКД (рис. 1). Наличие «разбавленного» адакитового компонента предполагается [15] также для некоторых пород вулкана Шивелуч (рис. 1). «Бонинитовая тенденция» эволюции некоторых магнезиальных андезитов была обнаружена при изучении подводного вулканического массива «Вулканологов» [2]. Наконец, при подводном драгировании к северо-западу от Командорских островов в 38 рейсе ИИС Вулканолог были выявлены магнезиальные андезиты «Адак-типа» [14].

Адакиты и ассоциирующие с ними магнезиальные андезиты обычно рассматриваются как возможные петролого-геохимические индикаторы процессов плавления молодой (<25 млн. лет) или более древней, но подвергшейся деструкции и влиянию астеносферной мантии, субдуцируемой океанической плиты [8, 15]. Как видно на рис. 1, проявления «адакитоподобных пород» или соответствующего геохимического компонента наблюдаются не только в местах возможной субдукции относительно молодой Берингово-морской плиты или проявления процессов деструкции на углу относительно древней Тихоокеанской плиты, а гораздо шире. Поэтому для объяснения появления такого типа вулканизма требуется более универсальная модель.

Автором настоящего сообщения были обнаружены многочисленные расплавные включения в шпинелях из ксенолита гарцбургита Авачинского вулкана. Они были гомогенизированы и подробно изучены [5]. Состав гомогенизированных расплавных включений относится к бонинитовой ассоциации и весьма близок к пикробазальтам («авачитам») Авачинского вулкана. Выявлена стадийность образования и преобразования минералов ксенолита. С использованием различных геотермометров установлены весьма высокие температуры минеральных равновесий (с максимумом  $T = 1360\text{--}1404^\circ\text{C}$ ). Эти материалы позволяют ставить вопрос о магматогенной природе, по крайней мере, наименее перекристаллизованных ультраосновных ксенолитов Авачинского вулкана. Эта находка позволяет по-новому подойти к интерпретации генезиса ксенолитов



**Рис. 1.** Распространение ксенолитов ультрамафитов, аномальных вулканитов с адакитовыми характеристиками, контуры вихревых структур, поля аномальных Sr-изотопных составов. 1 — вулканические центры с находками ксенолитов ультрамафитов; 2 — центры проявления вулканитов с «адакитоподобными» характеристиками; 3–4 — Sr-изотопные аномалии в вулканитах с повышенной (3) ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7033\text{--}0,7036$ ) и пониженной (4) ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7028\text{--}0,7031$ ) радиогенностью стронция; 5 — контуры вихревых структур. Использованы материалы [2, 7, 10, 11, 14, 15] и банк данных из [12]. Римскими цифрами отмечены вихревые структуры I-го и II-го типа.

ультрамафитов и пород «адакитоподобного» типа. Многими исследователями ксенолит-содержащие вулканиты рассматриваются как проявления магматизма, наиболее отражающего составы первичных расплавов [5, 16]. Закономерное «цепочечное» распо-

ложение объектов, несущих глубинные ксенолиты, позволило использовать их в качестве своеобразных «трассеров» для выделения структур «вихревого типа» [6]. Было выделено два ряда таких структур: I-го типа для окраинных морских бассейнов с относи-

тельно пониженными Sr-изотопными отношениями ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0,7033$ ) и II-го типа для континентальной окраины со значениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0,7033$ . На рис. 1 нанесены контуры вихревых структур I-го и II-го типов (Берингоморской, Центрально-Камчатской и Авачинско-Жупановской) и поля локальных аномалий с повышенным ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7033-0,7036$ ) и пониженным Sr-изотопным составом ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7028-0,7031$ ). Показательно, что находки аномальных («адакитоподобных») вулканитов приурочены к краевым частям этих структур.

Таким образом, мы имеем сопряжённость трёх, казалось бы, независимых друг от друга факторов: пространственное распределение вулканических центров с находками ксенолитов ультрамафитов (трассеры структур вихревого типа), аномалии Sr-изотопных составов и развитие пород «адакитового типа». Локальные структурные, тепловые и вещественные аномалии, сопровождающие проявления вулканизма в некоторых островодужных системах рассматриваются на основе модели «hot finger» [13] — инъекции астеносферного потока в мантийный клин и подъёма отдельных «капель» — диапиров. Структуры вихревого типа являются наиболее общим поверхностным отражением плюмовой геодинамики [1, 6]. Они, по сути дела, являются следствием глубинных процессов теплового, механического и вещественного взаимодействия мантийных плюмов (диапиров) и низов литосферной мантии. Происходит существенная ремобилизация мантийного материала — метасоматическая переработка, вторичная перекристаллизация и плавление, вынос радиогенного стронция. Поверхностное выражение этих процессов мы и наблюдаем на рассмотренных примерах.

#### Список литературы

1. Аносов Г. И., Колосков А. В., Флёров Г. Б. Особенности проявления ультрамафитов Камчатского региона с позиций вихревой геодинамики. В сб. «Вихри в геологических процессах». 2004. Петропавловск-Камчатский. С. 129–200
2. Вольнец О. Н., Колосков А. В., Ягодзински Дж. М. и др. Бонинитовая тенденция в лавах подводного вулкана Пийпа и его обрамления. (Западная часть Алеутской дуги). 1. Геология, петрохимия, минералогия). // Вулканол. и сейсмол. 1992. № 1. С. 3–23
3. Колосков А. В., Вольнец О. Н., Пономарёв Г. П. и др. Ксенолиты ультрамафитов в различных геохимических типах вулканических островодужной системы. // Петрология, 1997, Том 5, № 5. С. 485–502
4. Колосков А. В. Ультраосновные включения и вулканисты как саморегулирующаяся геологическая система. 1999. М. Научный мир. 223 с.
5. Колосков А. В., Пузанков М. Ю., Пирожкова Е. С. Включения ультрамафитов в базальтоидах островных дуг: к проблеме состава и генезиса переходного слоя «коро-мантийной смеси» в островодужных системах. В сб. «Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы». 2001. Петропавловск-Камчатский. С. 123–152
6. Колосков А. В. Особенности проявления позднекайнозойского магматизма на Восточно-Азиатской окраине в рамках концепции «вихревой геодинамики». В сб. «100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг.» Петропавловск-Камчатский. 2009. С. 150–158
7. Перепелов А. Б., Татарников С. А., Павлова Л. А. и др. Neb-адакитовый вулканизм Камчатки: новые изотопные геохронологические и минералого-геохимические данные, условия развития. В сб. «Новые горизонты в изучении процессов магматизма и рудообразования». М., 2010. С. 136–137
8. Defant M. J., Drummond M. S. Mount St. Helens: potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc // *Geology*, 1993, Vol. 21. P. 547–550.
9. Ionov D. A. Petrology of Mantle Wedge Lithosphere: New Data on Supra-Subduction Zone Peridotite Xenoliths from the Andesitic Avacha Volcano, Kamchatka // *J. Petrology*, 2006, Vol. 51 (2), pP. 327–361
10. Ishimaru S., Arai S., Ishida Y. et al. Melting and Multi-stage Metasomatism in the Mantle Wedge beneath a Frontal Arc Inferred from Highly Depleted Peridotite Xenoliths from Avacha Volcano, Southern Kamchatka // *J. Petrology*, 2007, Vol. 48, pP. 395–433
11. Kepezhinskas P. K., Defant M. J., Drummond M. S. Na Metasomatism in the Island-Arc Mantle by Slab Melt-Peridotite Interaction: Evidence from Mantle Xenoliths in the North Kamchatka Arc // *J. Petrology*, 1995, Vol. 36 (6), pP. 1505–1527
12. Portnyagin M., Bindeman I., Hoernle K. et al. Geochemistry of primitive lavas of the Central Kamchatka Depression: Magma generation at edge of the Pacific Plate. In: Eichelberger J., (eds) *Volcanism and tectonics of the Kamchatka peninsula and adjacent arcs*. Geophys Monograph Series. 2007. 172, pP. 199–239
13. Tamura Y., Tani K., Chang Q. et al. Wet and Dry Basalt MAGMA Evolution at Torishima Volcano, Izu-Bonin Arc, Japan: the Possible Role of Phengite in the Downgoing Slab // *J. Petrology*, 2007, Vol. 48 (10), pP. 1999–2031
14. Yagodzinski G. M., Kay R. W., Volynets O. N. et al. Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region: Implications for slab melting and processes in the mantle wedge // *GSA Bulletin*; 1995. Vol. 107 No 5. pP. 505–519
15. Yagodzinski G. M., Lee J. M., Churikova T. G. et al. Geochemical evidence for the melting of subducting oceanic lithosphere at plate edges. // *Nature*, 2001, Vol. 409. pP. 500–504
16. Zhi X., Song Y., Frey F. A. et al. Geochemistry of Hannuoba basalts. Eastern China: Constraints on the origin of continental alkalic and tholeiitic basalt // *Chem. geology*. 1990. Vol. 88. pp 1–33