

**ТИПЫ ВУЛКАНИЗМА СОВРЕМЕННЫХ ЗОН СУБДУКЦИИ:
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ,
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

В зонах субдукции по условиям магмообразования разными авторами выделяются три типа вулканизма: флюидный, адakitовый и *NEB*, связанные с разными этапами вулканизма и разными геодинамическими условиями.

1. Наиболее распространенный флюидный тип представлен типичными островодужными породами. Он проявляется в условиях стационарного режима субдукции при глубине до кровли субдуцируемой плиты в интервале около 100 - 200 км. В некоторых районах, в частности в Курильской островной дуге, известны только породы этого типа, на Камчатке же они составляют более 90% объема изверженных пород.

В первых субдукционных моделях магмообразование связывали с плавлением субдуцируемой плиты. В последующие годы было установлено, что температуры погружающейся части плиты, т.е. слэба недостаточны для плавления, а образование магм и формирование их геохимической специфики связано с плавлением перидотита мантийного клина, метаморфизованного флюидами из поддвигаемой океанической плиты [1]. Для Курильской островной дуги было показано, что фронтальная и тыловая зоны вулканизма связаны с двумя уровнями дегидратации водосодержащих минералов и, соответственно, двумя зонами магмообразования [2]. Новые высокоточные геохимические данные и более современные математические модели структуры поля температур позволили сделать вывод, что слэб является не только поставщиком флюидов в мантийный клин, но и расплава из тыловых, более глубоких и более горячих частей слэба (рис. 1). Была предложена методика расчета вклада субдукционных и несубдукционных источников в формирование родоначальных магм и их геохимической специфики [3]. В докладе будут приведены результаты таких расчетов для Курило-Камчатской субдукционной системы. Плавающим субстратом служат перидотиты мантийного клина, обогащенные некогерентными редкими элементами из слэба: крупноионными литофилами (*LILE*) – *Rb*, *Sr*, *Ba*, а также *U*, *Th*, *Va*, *Cs*, *Pb*, легко мобилизуемые флюидами из слэба. При более высоких температурах к флюиду добавляется расплав парциального плавления слэба. Геохимическим показателем субдукции и участия осадков в субдукционном магматизме является изотоп ^{10}Be , встречающийся в вулканических породах островных дуг. Низкие содержания *Nb* и *Ta* и, соответственно, наличие глубокого *Ta-Nb* минимума на спайдердиаграмме порода / MORB является характерной чертой этого типа субдукционного вулканизма, т.к. *Nb* и *Ta*,

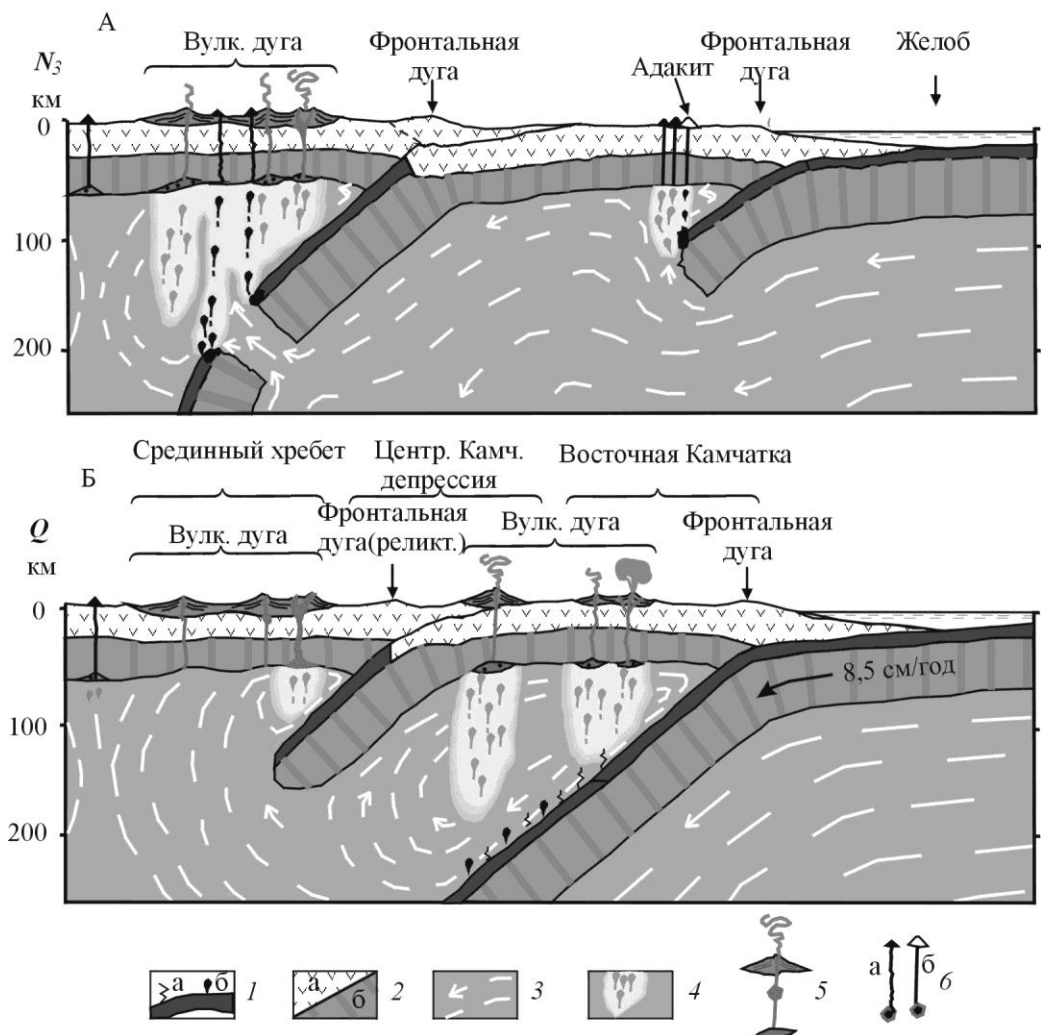


Рис. 1. Гипотетические разрезы эволюционного развития Камчатки на конец миоцена (А) и на современное время (Б)

1 – Океаническая кора с отделяющимися флюидом (а) и расплавом (б); 2 – континентальная кора (а) и литосферная часть мантии (б); 3 – астеносфера; 4 – зона магмообразования; 5 – вулканы островодужного типа с промежуточными очагами; 6 – вулканы *NEB* (а) и адакитового (б) типов с очагами.

в соответствии с экспериментальными данными, не мобилизуется флюидами.

Наиболее глубокий *Ta-Nb* минимум характерен для фронтальной зоны, где основным субдукционным компонентом является водный флюид, а в тыловой зоне, где к флюиду добавляется расплав, *Ta-Nb* минимум менее глубокий.

2. Адакитовый тип вулканизма характерен для начальной и, вероятно, конечной стадий субдукции при глубине до кровли субдукционной плиты 60-90 км. и при косо́й субдукции. Термин «адакиты» предложен для средних и кислых пород, образованных путем непосредственного плавления молодой и, соответственно, горячей океанической коры [4]. Затем, во многих районах зон субдукции Тихоокеанского кольца появились данные об

образовании адакитов при субдукции сравнительно старой и, соответственно, холодной океанической плиты. Например, возраст Тихоокеанской плиты в Камчатской зоне субдукции более 90 млн. лет, а адакиты встречаются довольно часто (рис. 2).

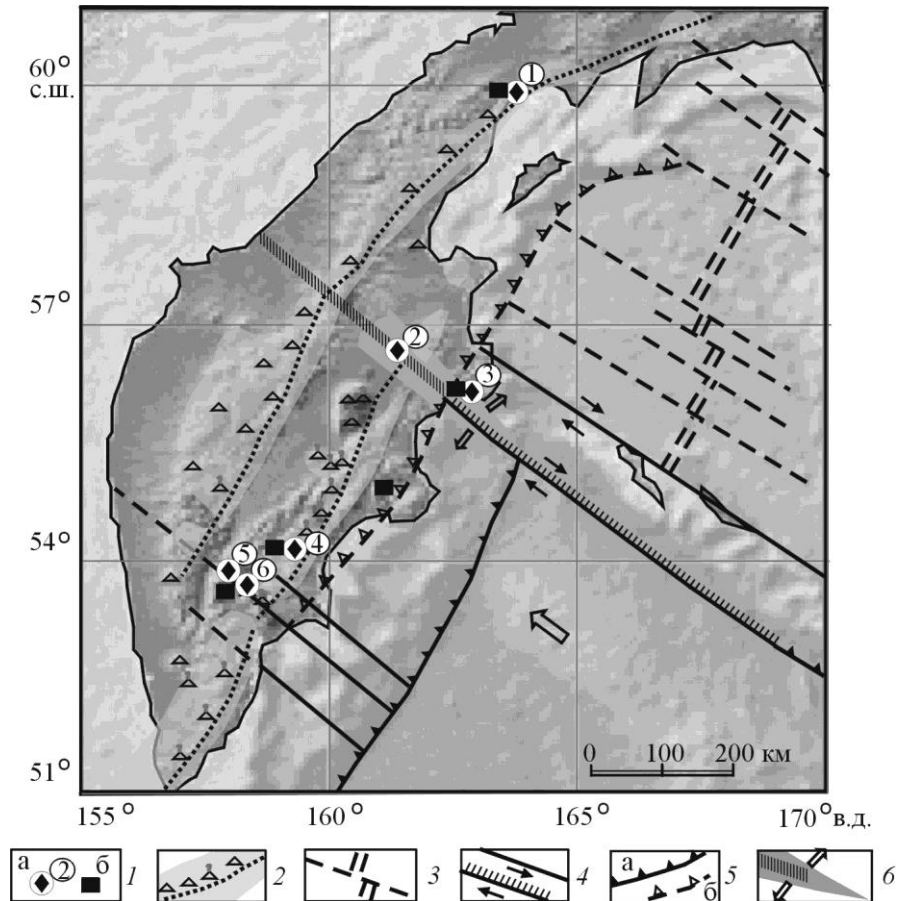


Рис. 2. Местоположение адакитов и NEB-лав в Восточно-Камчатской зоне субдукции.
 1 – Адакиты(а) и NEB-лавы (б) Э цифры на карте : 1 – р-н р. Валовая, 2 - вулк. Шивелуч,
 3 – п-ов Камчатского мыса, 4 – Восточная Камчатка, 5 – безымянный вулкан, 6 – вулк. Бакенинг;
 2 – вулканические дуги; 3 – зона спрединга и трансформные разломы Командорской котловины; 4 –
 трансформные разломы; 5 – глубоководный желоб (а) и палеожелоб (б); 6 – зона растяжения разлома
 Стеллера с субдукционным окном.

Это объясняется тем, что в начальный период субдукции (рис. 1) и при косой субдукции с образованием субдукционных окон происходит разогрев субдуцируемой плиты на контакте с горячей астеносферой. Для адакитов характерно низкое $<56\%$ содержание SiO_2 , низкое содержание Y и тяжелых редкоземельных элементов, причиной которых является наличие граната и, в меньшей степени, горнблендита и клинопироксена в источнике. За счет плавления плагиоклаза и наличия титаносодержащих минералов в источнике адакитовый расплав характеризуется высоким содержанием Sr и низким содержанием высокозарядных элементов (HFSE). Наиболее типичным показателем адакитов является высокое, более 20 Sr/Y отношение. В парциальных выплавках из слэба наблюдается низкое содержание

$MgO < 3\%$, но адакитовый расплав при подъеме взаимодействует с вышележащей мантией, в результате чего отмечаются более высокие содержания MgO вплоть до магнезиальных андезитов, как, например, на о. Адак (Аляска) и на п-ове Камчатского мыса.

3. *NEB* тип (Nb enriched basalt) или *HNB* тип (high-Nb basalts) или *NEAB* тип (Nb-enriched arc basalts). Все эти названия свидетельствуют об обогащении *Nb* и *Ta* в различных количественных пропорциях, однако, как правило, речь идёт о едином процессе обогащения *Nb* магм в субдукционных обстановках. Источником *Nb* может быть либо обогащение *OIB* компонентом, либо взаимодействие с адакитовым расплавом [5]. *NEB* тип часто встречается в ассоциации с адакитами (вулканические дуги Северной, Центральной и Южной Америки, Филиппин, Камчатки). Плавающим субстратом является подсубдукционный горячий перидотит, метаморфизованный адакитовым расплавом и в меньшей степени флюидом из слэба. Условия для образования *NEB*-лав возникают в начальном или конечном этапах субдукции. (рис. 1), при повышенных температурах астеносферы, когда возможно образование мантийных диапиров или небольших мантийных плюмов. Для пород *NEB*-типа характерен щелочной состав и высокое содержание некогерентных редких элементов [5]. От пород флюидного типа их отличает отсутствие *Ta-Nb* минимума на спайдерграммах порода / *MORB*, обусловленное плавлением *Ti*-содержащих минералов, в первую очередь рутила. Щелочной состав пород, связанный с низкой степенью парциального плавления и отсутствие *Ta-Nb* минимума сближают породы *NEB* типа с внутриплитными породами океанических островов (*OIB*).

Возможны три сценария образования *NEB*-лав: (1) при взаимодействии адакитового расплава головной части слэба с горячей астеносферой в начальный период субдукции или в пределах субдукционного окна; (2) возникновение в головной части слэба небольшого мантийного плюма в соответствии с экспериментальными данными [6]; (3) разогрев мантии и литосферы перед субдукцией по флексурной модели [7]. Разогрев литосферы и мантии может быть причиной дополнительного тепла и для образования адакитов, и для формирования небольшого мантийного плюма типа “andersonian”, производящего *NEB*-лавы. Эти сценарии образования *NEB*-лав не являются альтернативными и могут дополнять друг друга.

Работа выполнена при поддержке проектов ДВО : 12-III-A-08-163; 12-III-B-08-171

Литература.

1. Gill J. B. Orogenic andesites and plate tectonics. New-York: Springer-Verlag, 1981. 390 p.
2. Авдейко Г. П. Геодинамика проявления вулканизма Курильской островной дуги и оценка моделей магнообразования // Геотектоника. 1994, №2. С.19-32.
3. Pearce J. A., Stern R. J., Fryer P. Geochemical mapping of the Mariana arc-basin system: Implications for the nature and distribution of subduction components // Geochemistry Geophysics Geosystems. 2005. V. 6. № 7. P. 1-27.
4. Defant M. J., Drummond M. S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere // Nature. 1990. V. 347. P. 662-665.
5. Hastie A. R., Mitchell S. F., Kerr A. C., et al. Geochemistry of rare high-Nb basalt lavas: Are they derived from a mantle wedge metasomatized by slab melts? // Geochimica et Cosmochimica Acta 75 (2011) 5049-5072.
6. Faccenna C., Becker Th. W., Lallemand S., Lagabriele Y., Funiciello F., Piromallo C. Subduction-triggered magmatic pulses: A new class of plumes? // Earth and Planetary Science Letters. 2010. V. 299. Iss. 1-2. P. 54-68.
7. Hirano N., Takahashi E., Yamamoto J., Abe N., Ingle S. P., Kaneona I., Hirata T., Kimura J.-I., Ishii T., Ogawa Y., Machida A., Suyehiro K. Volcanism in Response to Plate Flexure // Science. 2006. V. 313. P. 1426-1428.