

УДК 551.24:552.32(571.66)

СООТНОШЕНИЕ ГРАНИТОИДНОГО АККРЕЦИОННОГО И АДАКИТОВОГО МАГМАТИЗМА НА ТИХООКЕАНСКОЙ АКТИВНОЙ ОКРАИНЕ

© 2002 г. М. В. Лучицкая

Представлено академиком Ю.М. Пушаровским 22.01.2002 г.

Поступило 23.01.2002 г.

На западной и восточной активных окраинах Тихого океана широко развит гранитоидный магматизм. Восточную окраину наиболее ярко характеризуют протяженные пояса батолитов Северной и Южной Америки, на западной гранитоиды составляют часть вулcano-плутонических ассоциаций островных дуг и окраинно-континентальных вулканических поясов. Помимо этих хорошо известных типов гранитоидного магматизма активной окраины с 80-х годов выделяется еще два новых: аккреционный и адакитовый.

Аккреционный тип преимущественно тоналит-трондьемитового состава выделен в областях развития аккреционной тектоники, таких, как Корякско-Камчатский регион, Аляска, Британская Колумбия, Япония. Аккреционные гранитоиды прорывают древние (мезо-кайнозойские) аккреционные призмы и фиксируют крупные фазы аккрецирования структурно-формационных комплексов (террейнов).

Другой тип магматизма фронтальных частей островных дуг или активных континентальных окраин связан с адакитами, преимущественно вулканическими породами среднего-кислого состава. Первоначально термин "адакит" был предложен для высоко-Mg андезитов о. Адак, Аляска [9]. Позднее он был использован для кайнозойских высоко-Al тоналитов, трондьемитов, дацитов (ТГД) [5], занимающих фронтальное положение в островодужных системах по сравнению с известково-щелочными вулканитами осевой части дуги.

В данном сообщении очень кратко рассмотрены тектоническая позиция, пространственно-временные взаимоотношения и особенности состава аккреционного и адакитового магматизма, развитого на активной континентальной окраине Тихого океана.

Тектоническая позиция и возраст аккреционных магматитов и адакитов. К аккреционному типу гранитоидного магматизма на континентальной окраине Северо-Восточной Азии относятся среднеюрские и средне-меловые плагиограниты Эконайского террейна Корякского нагорья, габбро-плагиогранитная ассоциация поздне-мелового-раннепалеогенового (?) возраста Вахталкинского блока Ганальского хребта Восточной Камчатки (рис. 1).

Эконайский террейн имеет сложную покровно-складчатую структуру, в которой офиолиты позднего палеозоя – триаса-ранней юры (?), являющиеся фрагментами океанической коры Палеопаифики, тектонически перекрывают образования позднеюрского-поздне-мелового возраста Янранайского террейна. Последний представляет собой аккреционную призму, сложенную терригенными породами, базальт-яшмовыми ассоциациями и олистостромами (см. ссылки в [1]). Формирование этой структуры происходило в несколько этапов аккреции в результате последовательного поддвига со стороны океана все более молодых комплексов (см. ссылки в [1]). Со среднеюрской и средне-меловой фазами аккреции связаны проявления плагиогранитного магматизма, которые К.А. Крыловым предложено относить к аккреционному типу магматизма [1].

Вахталкинский блок Ганальского хребта имеет сложное складчатое чешуйчато-надвиговое строение (см. ссылки в [1]), в котором участвуют (структурно снизу вверх) следующие структурно-вещественные комплексы: гранулитовый, полиметаморфический терригенно-вулканогенный (ганальская серия), эффузивно-пирокластический метаморфизованный от зеленосланцевой до эпидот-амфиболитовой фации (стенная серия), терригенно-кремнисто-вулканогенный, метаморфизованный от прениг-пумпеллиитовой до зеленосланцевой фации и слабометаморфизованный в прениг-пумпеллиитовой фации пирокластический комплекс поздне-мелового возраста (ирунейская свита). Все комплексы, за исключением гра-

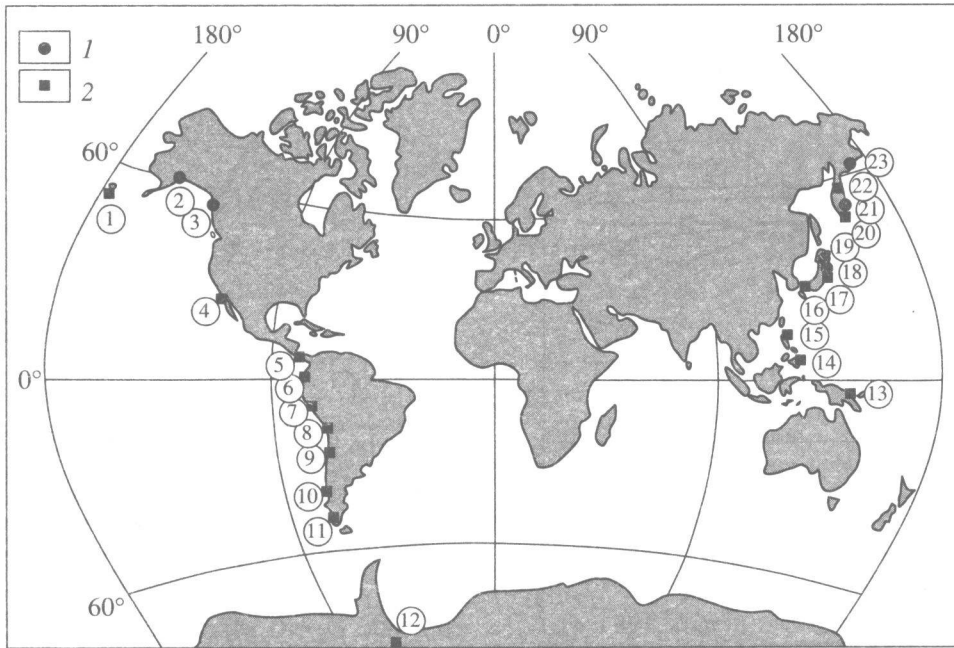


Рис. 1. Места проявления аккреционного и адакитового магматизма на активной окраине Тихого океана (по [12], с дополнениями). 1 – аккреционный магматизм; 2 – адакитовый. Цифры в кружках: 1 – Алеутские острова, 2 – Южная Аляска, 3 – Британская Колумбия, 4 – Южная Калифорния (о. Санта-Каталина), 5 – Коста-Рика и Панама, 6 – Эквадор, 7 – Перу, 8–11 – Чили, 12 – Восточная Антарктида, 13 – Папуа-Новая Гвинея, 14, 15 – Филиппины, 16 – Юго-Западная Япония, 17–19 – Северо-Восточная Япония, 20–22 – Камчатка, 23 – Корьякское нагорье.

нулитового, находятся в аллохтонном залегании. Неоавтохтон представлен терригенными отложениями эоцена. Среди перечисленных преобладают комплексы островодужной природы, за исключением нижней толщи терригенно-вулканогенного комплекса, первичные породы которой относятся к океаническим образованиям (см. ссылки в [1]). Все эти комплексы были совмещены и метаморфизованы в конце мела–палеоцене (?) вдоль Камчатско-Корьякской палеосубдукционной зоны. Этап этого совмещения сопровождался внедрением синкинематических интрузий габбро и плагиогранитов. Абсолютные датировки возраста плагиогранитов 65 млн. лет (К-Аг-метод), габбро 42 млн. лет ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -метод по плагиоклазу) (см. ссылки в [1]).

В аналогичной аккреционному магматизму тектонической позиции находятся мезозойские гранитоиды Южной Аляски (террейны Чугач, Принс-Вильям, Пенинсула), структура которой сложена разновозрастными островодужными, субдукционными и океаническими комплексами. Их формирование происходило вблизи конвергентной границы тихоокеанских плит и Северо-Американской плиты. С раннемеловым, палеоценовым и эоценовым этапами формирования аккреционной структуры связан тоналит-трондьемитовый магматизм. Разными авторами он описан как околожелобовый (near-trench) плутонизм,

преддуговой (fore-arc) или магматизм внешней дуги (см. ссылки в [1]).

К другим примерам аккреционного типа магматизма можно отнести позднемеловой (72–58 млн. лет [8], 83–59 млн. лет [2]) Береговой плутонический комплекс (тоналитовый силл) Британской Колумбии, неогеновые (14 ± 1 млн. лет) гранитоиды и палеогеновые (55 млн. лет) тоналитовые комплексы аккреционных призм Шиманто и Хидака соответственно [11, 15], раннепалеозойский тоналитовый пояс Восточной Антарктиды [13] (см. рис. 1).

Адакитовый магматизм в обрамлении Тихого океана – Анды, Северо-Восточная и Юго-Западная Япония, Филиппины, Камчатка – развит в островных дугах или на окраинах Андийского типа. При этом его позиция может быть различной по отношению к известково-щелочному магматизму осевой части дуги или окраины: 1) преддуговой [5, 12]; 2) на одном простирании в вулканической цепи [10] в составе или единого вулканического центра [6], или единого зонального плутона [6]; 3) задуговой [7] (в этом случае адакитовый вулканизм частично перекрывается по времени с известково-щелочным, но в целом проявлен позже). Возраст адакитов в обрамлении Тихого океана преимущественно неоген-четвертичный, за исключением ранне-, позднеюрских адакитов Северного Чили, Анды [6], раннемеловых адакитов гор Китаками, Северо-Восточная Япония [6].

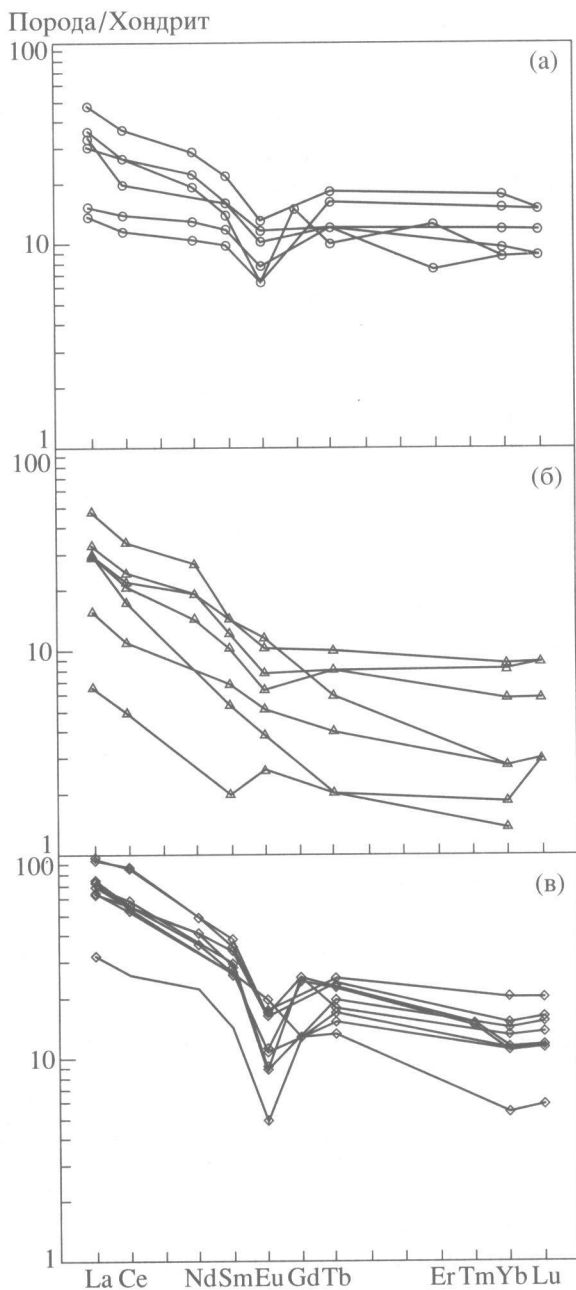


Рис. 2. Хондрит-нормализованные спектры РЗЭ среднеюрских и среднемеловых плагиогранитов Эконайского террейна Корякского нагорья (а), плагиогранитов Вахталкинского блока Ганальского хребта Камчатки (б), палеоценовых тоналитов, гранодиоритов, гранитов (в).

Особенности состава продуктов аккреционного и адакитового магматизма. Для аккреционных магматитов характерен преимущественно тоналит-гранодиоровый состав, реже встречаются гранодиориты, граниты или габброиды. Геохимическая специфика аккреционных магматитов, в частности характер распределения РЗЭ, достаточно различа-

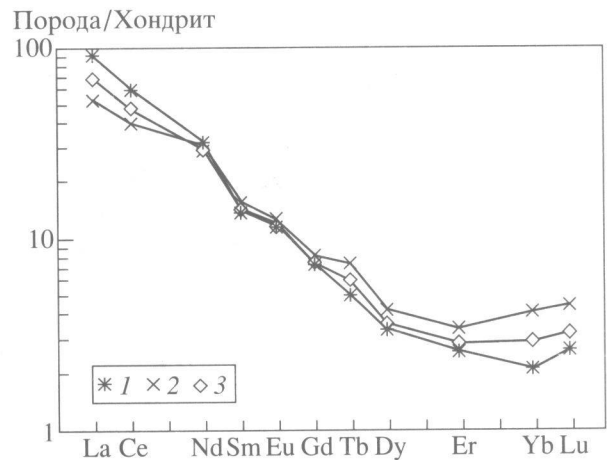


Рис. 3. Хондрит-нормализованные спектры РЗЭ архейских высоко-Ал ТТД (1), кайнозойских адакитов (2), фанерозойских адакитов и высоко-Ал ТТД (3) (по [5]).

ется (рис. 2), что, вероятно, связано с разнообразием состава комплексов, входящих в аккреционную структуру и подвергающихся плавлению.

Адакиты представляют собой преимущественно вулканические породы дацитового состава, реже андезитового и риолитового, есть граниты с адакитовыми характеристиками, редко трахиты и пегматиты. Все авторы, которые изучали адакиты, указывают на их специфические геохимические черты, наиболее отличительными из которых являются высокие отношения Sr/Y и La/Yb (рис. 3) (подробное описание см. в [3, 5, 12 и др.]). Адакиты имеют большое сходство с архейскими тоналит-гранодиоровыми сериями, однако есть и отличия, например в содержаниях SiO_2 и $Mg^\#$ (подробнее см. [14]).

Модели происхождения аккреционного и адакитового магматизма. При разработке моделей происхождения аккреционного магматизма необходимо учитывать дискретность его проявления в связи с фазами аккреции, часто наблюдаемую (хотя и не всегда) одновременность аккреционного и островодужного (или андийского) магматизма и преимущественно тоналит-гранодиоровый состав аккреционных магматитов. В настоящее время предлагаются следующие варианты объяснения проявлений аккреционного магматизма: 1) подход к зоне субдукции океанической коры с аномальными свойствами (большая мощность и повышенная плавучесть (океанические горы и поднятия) или молодой возраст) (Эконайский террейн, Корякское нагорье) [1]; 2) погружение в зоне субдукции океанического хребта (палеоценовый, эоценовый магматизм Южной Аляски; среднемиоценовый и палеогеновый магматизм аккреционных призм Шиманто и Хидака соответственно) [12, 15] и см. ссылки в [1]; 3) плавление амфиболитов или

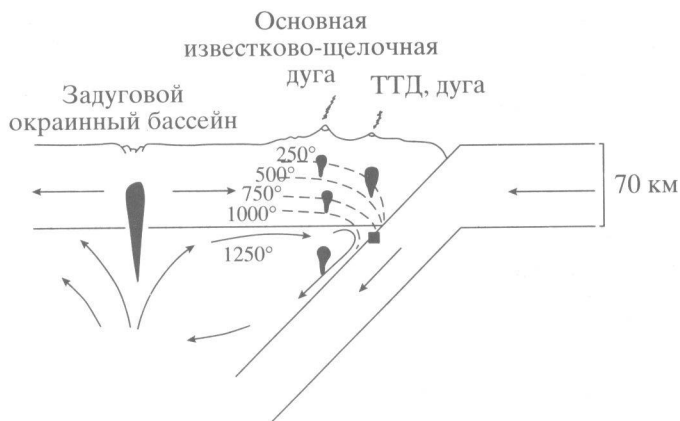


Рис. 4. Взаимоотношение известково-щелочного и ТТД магматизма в системе окраинное море–островная дуга (по [4]).

метаграувакк в зоне субдукции на небольших глубинах (околожелобовый раннемеловой магматизм Южной Аляски) (см. ссылки в [1]); 4) глубокий раскол коры до мантии по зонам крупных сдвигов, поступление базальтовых магм в кору, ее плавление и генерация тоналитового расплава (тоналитовый силл, Британская Колумбия) [8].

При объяснении генезиса адакитов прежде всего учитываются их специфические геохимические черты, о которых шла речь выше. Все исследователи сходятся на том, что адакиты представляют собой продукт частичного плавления мафического источника, при котором гранат и(или) роговая обманка являются реститовыми фазами. Геодинамические условия, в которых реализуется этот процесс, представляются различными. Наиболее распространенной является модель погружения в зоне субдукции молодой и горячей океанической коры [3–5, 10, 12]. При этом достигаются соответствующие *PT*-условия плавления океанической плиты до момента ее дегидратации и образуются высоко-*Al* ТТД и адакиты. В этом случае фронт адакитового магматизма выдвинут в сторону океана относительно фронта известково-щелочного магматизма (рис. 4).

Многие авторы (см. например, [3, 5] и др.) отмечают, что природные адакиты по ряду петрогеохимических характеристик (например, обогащение *MgO*, *Ni*, *Cr*) отличаются от экспериментальных расплавов, полученных при плавлении базальта. Предполагается, что изменение состава адакитов происходит в результате взаимодействия адакитового расплава, образовавшегося при плавлении океанической плиты, с вышележащим мантийным клином при подъеме расплава к поверхности. Это подтверждается также наличием в мантийных ксенолитах из неоген-четвертичных базальтов Камчатки, Филиппин, Малых Антильских островов, интерстициального стекла или включений в минералах адакитового состава, спецификой состава минералов ксенолитов, пространственной

ассоциацией адакитов с высоко-*Nb* базальтами [3, 5, 6, 10].

Другие модели, объясняющие образование адакитов, следующие: 1) пологая субдукция [6, 7]; 2) наличие мантийного “окна” в результате отрыва части океанической плиты (Коста-Рика, Центральная Америка) [6]; 3) начальный момент субдукции (Филиппины) [3]; 4) плавление фрагментов ранее субдуцировавших в мантию плит (Калифорния) [3]; 5) косая или быстрая субдукция (Алеутские и Командорские острова, Филиппины) [3]; 6) субдукция океанического хребта (Южная Камчатка) [6].

ВЫВОДЫ

1. Геодинамические условия проявления аккреционного и адакитового магматизма на конвергентной окраине Тихого океана очень разнообразны и связаны либо с аномальными свойствами погружающейся в зоне субдукции океанической коры, либо с нестандартными характеристиками самой зоны субдукции, либо с определенными этапами погружения плиты. В ряде случаев одни и те же механизмы привлекаются для объяснения генезиса как аккреционных магматитов, так и адакитов.

2. Адакитовый магматизм имеет ярко выраженные геохимические черты, накладывающие четкие ограничения на свойства источника плавления. Аккреционные магматиты имеют более разнообразные геохимические характеристики, что, вероятно, связано с разным составом комплексов, входящих в состав аккреционных призм и частично подвергающихся плавлению.

3. Для большинства примеров аккреционного магматизма характерно то, что он может проявляться одновременно с известково-щелочным островодужным или андийским магматизмом, при этом зона его активности параллельна осевой зо-

не собственно островодужного магматизма и удалена от нее в различной степени в сторону океана. Адакитовый магматизм занимает различную структурную позицию по отношению к известково-щелочному магматизму осевой части дуги: преддуговую, задуговую, собственно в пределах вулканической дуги.

4. Адакитовый магматизм на активной окраине Тихого океана имеет преимущественно кайнозойский возраст (известны также ранне-, позднеюрские адакиты Северного Чили, Анды, раннемеловые адакиты гор Китаками, Северо-Восточная Япония). Проявления аккреционного магматизма относятся к мезозойско-кайнозойскому времени, в единичном случае к нижнему палеозою (тоналитовый пояс Восточной Антарктиды).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 01-05-64469).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов К.А., Лучицкая М.В. // Геотектоника. 1999. № 5. С. 35–51.
2. Chardon D., Andronicos C.L., Hollister L.S. // Tectonics. 1999. V. 18. № 2. P. 278–292.
3. Defant M., Kepezhinskas P. // EOS. Trans. AGU. 2000. V. 82. № 6. P. 65–69.
4. Drummond M.S., Defant M.J. // J. Geophys. Res. 1990. V. 95. № B13. P. 21503–21521.
5. Drummond M.S., Defant M.J., Kepezhinskas P.K. // Trans. Roy. Soc. Edinburgh. Earth. Sci. 1996. V. 87. P. 205–215.
6. Slap Melting 2000. Archean to Modern Comparisons, Significance for Arc Magmatism and Continental II // EOS Trans. AGU. 2000. V. 81. № 48.
7. Gutscher M.-A., Maury R., Eissen J.-P., Bourdon E. // Geology. 2000. V. 28. № 6. P. 535–538.
8. Hollister L.S., Andronicos C.L. // GSA. Today. 1997. V. 7. № 11. P. 1–7.
9. Kay R.W. // J. Volcanol. and Geotherm. Res. 1978. V. 4. P. 117–132.
10. Kepezhinskas P., McDermott F., Defant M.J. et al. // Geochim. et cosmochim. acta. 1997. V. 61. № 3. P. 577–600.
11. Maeda J., Kagami H. // Geology. 1996. V. 24. № 1. P. 31–34.
12. Martin H. // Lithos. 1999. V. 46. P. 411–429.
13. Musumeci G. // J. Geol. Soc. London. 1999. V. 156. P. 177–189.
14. Smities R.H. // Earth and Planet. Sci. Lett. 2000. V. 182. P. 115–125.
15. Stein G., Charvet J., Lapierre H. et al. // Geochronique. 1992. № 42. P. 92.