

УДК 522.11

**Адакиты Приморья:
вещественные составы
возможного источника
андезитовых магм, физико-
химические условия и
геодинамические обстановки их
генерирования**

С.Н. Лаврик, А.А. Чашин

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН,
Владивосток, Россия. s_lavrik@mail.ru*

Ключевые слова: геохимия, магматизм, адакиты, петрогенез, циркумпацифика.

До недавнего времени считалось, что адакиты (АД) генерируются либо в обстановке активных континентальных окраин (Castillo, 2006), либо - в островодужной (Defant et al., 1990). Они были обнаружены и в активных коллизионных обстановках в Тибете и на Армянском нагорье (Меликсетян, 2015). Условия образования магм с адакитовыми характеристиками в пределах Тихоокеанского кольца рассмотрены в обзоре (Авдейко и др., 2011), где показана возможность большого разнообразия геодинамических обстановок (ГО), обеспечивающих достаточный разогрев для плавления магматического источника (МИ). Обнаружение АД в Приморском крае (Чашин и др., 2011) поднимает вопрос их генезиса и возможного МИ. Модель происхождения АД путем плавления перидотита (ПД) океанической плиты для рассматриваемого региона противоречит фактам глубинного строения Приморья. Так, установлены признаки наличия мантийного вещества (МВ) определенного типа под Ханкайским массивом (ХМ) и его обрамлением. Это МВ отличается высокой фертильностью, превышающей по этому показателю вещество океанической коры, что исключает участие последней в качестве МИ АД. Примечательно, что МВ, установленное для ХМ аналогично таковому, предполагаемому под Японией в этот же период (Лаврик, 2018). Геохимическое сходство АД Японии с аналогами из обрамления ХМ (Wu et al., 2017) находит подтверждение в аналогии ГО рассматриваемых территорий. Изложенное позволяет перейти к рассмотрению МИ данных пород в дополнение к рассмотренному (Martynov et al., 2017).

Мантийный источник. Эксперименты (Майсен и др., 1979) показывают реальность такого МИ, что снимает ранее приводившиеся

сомнения (Wu et al., 2017). Таким МИ быть диапир, близкий по составу к примитивной мантии. Глубина его плавления (от 7 до менее 1 ГПа) и температурные минимумы ($900 \geq T^{\circ}C \geq 750$) ПД солидусов зависят от количества H_2O и составов испытуемых ПД (Рябчиков, 2003; Майсен и др., 1979). Аналоги экспериментальных ПД авторами установлены вблизи мест залегания АД из окрестностей с. Новодевицы. Это - ультрабазиты (Суловский и Дмитриевский комплексы), их CaO/Al_2O_3 (0,44 – 1,13) и $MgO/(MgO + FeO + 0.9 \cdot Fe_2O_3)$ (0,73 - 0,88) подобны составам, которые подвергались плавлению. В условиях континентальной коры ($P \approx 0,5 - 1,5$ ГПа) подъем геотермы обеспечивает пересечение ликвидуса андезита и солидусов перидотитов в диапазоне 950 – 1000 $T^{\circ}C$ (Майсен и др., 1979). Гранат-содержащие минеральные ассоциации и стекла андезитового состава установлены в экспериментальных ПД после закалки (Майсен и др., 1979). REE-состав этих стекол не приводятся, но наличие Gr в рестите гарантирует «адакитовую» топологию их REE-спектров.

Базитовый источник впервые предложен (Green et al., 1968), эта модель подтверждена многими экспериментами в широком диапазоне T° и P , была показана возможность получения расплавов (от базальтов до дацитов) при вариациях плавления МИ.

Значения $15,4 \leq La/Yb)_N \leq 46,2$ в АД Новодевицы в среднем соответствует 33,8. Магмы с такими характеристиками, согласно петрологическим исследованиям, формируются в условиях либо низкой степени плавления МИ, либо когда в рестите содержится гранат.

При выборе базитового МИ предполагалось вовлечение пород ХМ в процессы активизации в начале кайнозоя. В составе Нахимовской свиты данного массива известны амфиболиты. Эксперименты плавления амфиболитов (Вольф и др., 1993) при 750 - 1000 $^{\circ}C$ и $P = 1$ ГПа показали соответствие расплавов минеральному составу рестита при определенной степени плавления. Фрагмент цитированной работы иллюстрирует изложенное (Рис. 1). Используя эти и данные содержания REE в метабазитах ХМ, рассчитан состав модельного расплава АД на основе соотношения (Shaw, 1970): $C_i = C_o / [KD + F \cdot (1 - KD)]$, где: C_i и C_o - концентрации элемента, соответственно, в расплаве и МИ, F - степень плавления МИ, KD - коэффициент распределения между расплавом и минералом (Shaw, 1970).

Приведены три варианта, согласно величинам кремнекислотности изученных АД. Для 1-го, 2-го и 3-го вариантов, соответственно, величина SiO_2 и T° при $P=1$ ГПа приняты 60% и 950 $^{\circ}$; 64% и 900 $^{\circ}$; 58% и 970 $^{\circ}$. Степень плавления 21 %, 3%,

37 %, соответственно. Состав рестита (объемные %): Gr 32%, 7%, 18%; Орх 1%, 1,5%, 0,5%; Срх 31,8%, 15%, 38%; Нб 7,5%, 53,5%, 4%; П1 6,7%, 20%, 2,5%, соответственно, определен графически (Рис. 1).

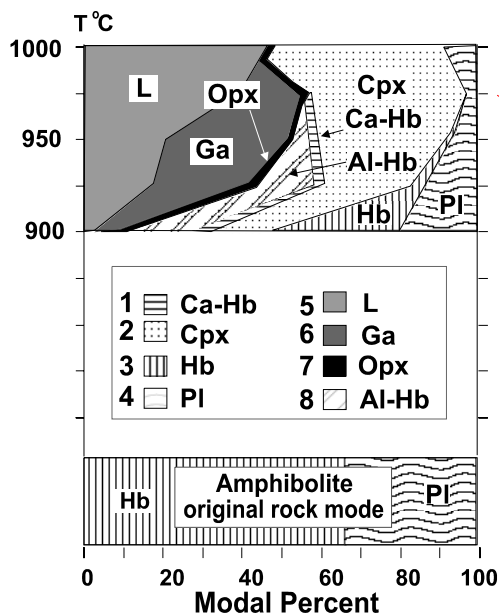


Рис. 1 – Фазовые взаимоотношения в температурном интервале плавления базита при давлении 10 кбар.

1, 3, 8 – роговые обманки: обогащенные кальцием (1), нормальные (3), обогащенные алюминием (8); 2 – клинопироксен; 4 – плагиоклаз; 5 – расплав; 6 – гранат; 7 – ортопироксен.

Результат расчетов состава модельного расплава показаны на Рис. 2. График по «4-му варианту» отражает средний состав REE первых трех вариантов.

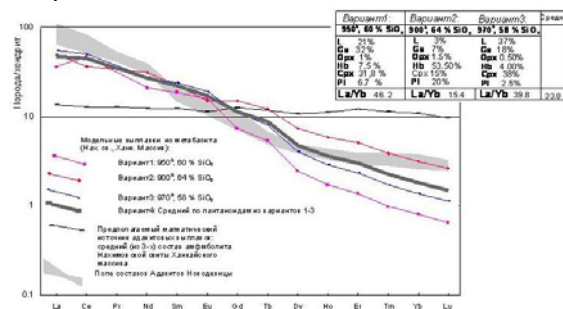


Рис. 2 – Спектры распределения РЗЭ в модельных выплавках из метабазита и в изученных адакитах.

Приведенные расчеты показывают, что расплавы адакитов могли быть получены в нижнекоровых условиях при подъеме геотерм в результате различной степени плавления как базитового источника, так и мантийного вещества (перидотита). При этом, возможно, происходила ассимиляция различного корового материала – как это проявлено (Рис. 2) в виде увеличения в 1,5 – 5 раза количества LREE.

Увеличение в адакитах содержания HREE могло быть следствием контаминации адакитовых расплавов фрагментами базитового субстрата магматического источника, что подтверждается визуально установленным присутствием соответствующих включений в изученных породах.

Список литературы

- Авдейко, Г.П., Палуева, А.А., Кувикас, О.В. (2011) Адакиты в зонах субдукции Тихоокеанского кольца: обзор и анализ геодинамических условий образования. Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. № 17. С. 45– 60.
- Вольф, М.Б., Уайли, П.Дж. (1993) Некоторые результаты экспериментального исследования дегидратационного плавления амфиболита при 10 кбар. Геология и геофизика. Том 33. № 12. С.100–115.
- Лаврик, С.Н. (2018) Типизация мантийного источника и его эволюция с докембрия на примере ультрабазитовых составов Сихотэ-Алиня, Ханкайского массива и его обрамления. Мат. IV Всерос. науч. конф. «Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит». Владивосток. В печати.
- Майсен, Б., Беттчер, А. М. (1979) Плавление водосодержащей мантии. М.: Мир. 128 с.
- Меликсетян, Х. Б. (2015) Проявление адакитов в составе плиоцен-четвертичного коллизионного магматизма Армении. 2015. Доклады НАН Армении. Т. 115. N 4. С. 319– 328.
- Рябчиков, И.Д. (2003) Механизмы и условия магнообразования в мантийных плюмах. Петрология. Т. 11. № 6. С. 548–555
- Чашин, А.А., Нечаев, В.П., Нечаева, Е.В. и др. (2011) Находка эоценовых адакитов в Приморье. ДАН. Т. 438. № 5. С. 649– 654.
- Castillo, P.R. (2006) An overview of adakite petrogenesis. Chin. Sci. Bull..V. 51. № 3. P. 257– 268.
- Defant, M.J., Drummond, M.S. (1990) Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature. V. 347. P. 662– 665.
- Green, T.H., Ringwood, A.E. (1968) Genesis of the calc-alkaline igneous rock suite. Contrib. mineral. and Petrol. V. 18. N 2. P. 105– 162.
- Shaw, D.M. (1970) Trace element fractionation during anatexis. Geochim et cosmochim Acta. V. 34. N 2. P. 331– 340.
- Wu, J.T.-J., Jahn, B.-m., Nechaev, et al. (2017) Geochemical Characteristics and Petrogenesis of Adakites in the Sikhote-Alin Area, Russian Far East. Journal of Asian Earth Sciences. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.06.024>
- Martynov, Y.A., Khanchuk, A. I., Grebennikov, A. V. et al. (2017) Late Mesozoic and Cenozoic volcanism of the East Sikhote-Alin area (Russian Far East): A new synthesis of geological and petrological data. Gondwana Research. V. 47. P. 358–371.