

УДК 551.2 (52)

## **Внутриплитные вулканические провинции востока Азии: магматизм, глубинное строение, геодинамическая природа**

**В.В. Ярмолук, Е.А. Кудряшова, А.М. Козловский***Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия. [yarm@igem.ru](mailto:yarm@igem.ru)***Ключевые слова:** внутриплитный вулканизм, Центральная Азия.

В пределах Центральной Азии широко развиты разновозрастные внутриплитные магматические ассоциации, формирование которых было сопряжено с развитием активных континентальных окраин. Особо выделяются позднепалеозойская и кайнозойская эпохи внутриплитного магматизма, сближающиеся глубоким проникновением магматических ассоциаций во внутренние области континентов. Но понимание того, какими механизмами обеспечивается подобное проникновение, можно получить лишь на основе анализа соотношений литосферных и подлитосферных процессов, сопровождавших формирование вулканических провинций. Моделью их участия в магматизме и в особенностях размещения продуктов последнего в структурах континента может служить позднекайнозойская вулканическая провинция, формирование которой происходит при участии поддающихся расшифровке современных геодинамических процессов.

На карте Новейшего вулканизма Северной Евразии (Лаверов и др., 2006) отчетливо выделяется крупная провинция внутриконтинентального вулканизма, не связанная с границами плит и занимающая территорию более 7 млн км<sup>2</sup> в восточной части Азиатского континента. Провинция разделяется на две субпровинции, различающиеся закономерностями структурной позиции вулканических областей. Вулканические области из разных участков провинции близки по составу магматических ассоциаций и истории своего развития. В качестве примера рассмотрим две вулканические области – Южно-Байкальскую (ЮБВО) и Южно-Хангайскую (ЮХВО) из западной части провинции (Ярмолук и др., 2011; Yarmolyuk et al., 2015). Вулканизм в этих областях развивался дискретно на протяжении нескольких десятков млн лет. Как правило, новый цикл вулканизма характеризовался перестройкой систем магмовыводящих каналов. Вулканические процессы сопровождались

процессами сбросо- и грабенообразования. Перерывы в магматической активности практически не влияли на тип извержений (преимущественно трещинный) и состав магматических продуктов. Формирование вулканических областей сопровождалось образованием горных сводов.

Среди вулканических продуктов провинции преобладают лавы основного состава повышенной щелочности и щелочные: базаниты, трахибазальты, гавайиты, трахиандезитбазальты, тефриты, тефрофонолиты, базальты. Базиты обогащены литофильными элементами и по их содержанию приближаются к ОИВ. Изотопные параметры пород ЮБВО и ЮХВО охватывают все многообразие состава источников мантийных расплавов провинции и отвечают комбинации источника PREMA с ЕМІ и ЕМІІ.

Геохимические и изотопные характеристики пород указывают на сходство их источников в разных участках провинции и, следовательно, механизмов, определивших появление этих источников в основании региона. Геологические данные свидетельствуют о локальном проявлении таких источников в пределах провинции, что привело к образованию пространственно разобленных и структурно не связанных вулканических областей.

В отношении природы провинции существуют различные представления. С одной стороны предполагается ее связь с процессами конвергенции на границе Тихоокеанской и Азиатской плит, с другой, высказаны соображения о наличии под провинцией горячего поля мантии, продуцирующего мантийные плюмы в основании вулканических областей. Вопрос упирается в характеристики глубинного строения региона. Согласно исследованиям гравитационного поля Центральной Азии (Зорин и др., 2006), было установлено наличие в регионе поднятия астеносферы до глубины менее 100 км и были выделены выступы астеносферы, отходящие от этого поднятия до глубин менее 50 км. Эти выступы тяготеют к основанию вулканических областей.

В последнее десятилетие D. Zhao (2011) выполнены сейсмотомографические исследования переходной зоны континент-океан, захватившие, в том числе, восточную часть позднекайнозойской вулканической провинции. В структуре мантии переходной зоны установлены высокоскоростные аномалии, отвечающие субдуцированным слэбам, которые прослеживаются до границы верхней и нижней мантией и следуют вдоль этой границы в сторону континента. Эти аномалии были интерпретированы как стагнированные участки субдуцированной литосферы, которые были

установлены и под вулканически активными районами провинции – вулканическими полями Вудаянчи и Чанбайшань. Это послужило основой для связи вулканической провинции с плавлением фертилизированной мантии стагнированных слэбов. Удаленность западного края вулканической провинции более чем на 2000 км от края стагнированных слэбов ставит под сомнение применимость этой модели при объяснении природы всей провинции.

В последние годы построены сейсмотомографические модели глубинной структуры ряда вулканических областей, в том числе ЮБВО и ЮХВО (Мордвинова и др., 2007; Zhao et al., 2006). В соответствии с ними в их основании располагаются столбообразные низкоскоростные аномалии, прослеживающиеся до глубин 600 км. Наглядную картину мантийных аномалий в основании этих вулканических областей представили M. Chen (2015). Такие аномалии имеют продолжение ниже основания верхней мантии, что позволяет говорить о связи областей с мантийными плюмами, имеющими нижнемантийное питание. Плюмовую природу по данным D. Zhao имеют также вулканические районы Хайнань и Датонг восточной части провинции.

В целом, имеющиеся данные позволили говорить о связи позднекайнозойской вулканической провинции с группой небольших мантийных плюмов, выделенной как Центрально-Азиатское горячее поле мантии (Ярмолюк и др., 1995). Эту группу, возможно, следует рассматривать как ответвление Тихоокеанского суперплюма. Его отображение можно видеть на карте рельефа подошвы литосферы, построенной по геотермическим полям для всей территории вулканической провинции (Диденко и др., 2010). В соответствии с ней выделяются не только выступы астеносферы, выделенные Ю.А. Зориным для Центрально-Азиатской части провинции, но и другие, располагающиеся в основании наиболее крупных вулканических областей восточной ее части. Эти выступы астеносферы отмечаются также в виде относительных минимумов на картах гравитационных аномалий. На карте гравитационных аномалий в редукции Буге четко прослеживается разделение вулканической провинции на две субпровинции. При этом восточная субпровинция, отвечающая равнинной части восточного Китая, согласуется с проекцией стагнированной части Тихоокеанского слэба, что указывает на влияние последнего на рельефообразование. Разделение на субпровинции не сказывается на составе источников магматизма, определивших сходство,

как динамики вулканизма в различных участках провинции, так и состава магматических продуктов в пространственно и структурно разделенных вулканических областях. Эта независимость состава магматизма от размещения стагнированного слэба свидетельствует о том, что источники магматизма были связаны с мантийными плюмами, которые сформировались без заметного влияния субдукционных процессов.

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-10186).

### Список литературы

- Диденко, А.Н., Каплун, В.Б., Малышев, Ю.Ф. и др. (2010) Глубинное строение и металлогения Восточной Азии. Владивосток: Дальнаука. 330 с.
- Зорин, Ю.А., Турутанов, Е.Х., Кожевников, В.М., и др. (2006) О природе кайнозойских верхнемантийных плюмов в Восточной Сибири (Россия) и Центральной Монголии. Геология и геофизика. Т. 47. № 10. С. 1060–1074.
- Лаверов, Н.П., Коваленко, В.И., Ярмолюк, В.В. и др. (2006) Новейший вулканизм Северной Евразии: районирование и обстановки формирования. Доклады РАН. Т. 410. № 4. С. 498–502.
- Мордвинова, В.В., Дешам, А., Дугармаа, Т. и др. (2007) Исследование скоростной структуры литосферы на Монголо-Байкальском трансекте 2003 по обменным SV-волнам. Физика Земли. № 2. С. 21–32.
- Ярмолюк, В.В., Коваленко, В.И., Иванов, В.Г. (1995) Внутриплитная позднемезозойская – кайнозойская вулканическая провинция Центральной – Восточной Азии – проекция горячего поля мантии. Геотектоника. № 5. С. 41–67.
- Ярмолюк, В.В., Кудряшова, Е.А., Козловский, А.М. и др. (2011) Позднекайнозойская вулканическая провинция Центральной и Восточной Азии. Петрология. Т. 19. № 4. С. 341–362.
- Chen, M., Niu, F., Liu, Q., et al. (2015) Mantle-driven uplift of Hangai Dome: new seismic constraints from adjoint tomography. Geophys. Res. Lett. P. 42.
- Yarmolyuk, V.V., Kudryashova, E.A., Kozlovsky, A.M., et al. (2015) Late Mesozoic–Cenozoic intraplate magmatism in Central Asia and its relation with mantle diapirism: evidence from the South Khangai volcanic region, Mongolia. Journal of Asian Earth Sciences. 111. P. 604–623.
- Zhao, D., Lei, J., Inoue, T., et al. (2006) Deep structure and origin of the Baikal rift zone. Earth and Planetary Science Letters. 243. P. 681–691.
- Zhao, D., Yu, Sh., Ohtani, E. (2011) East Asia: Seismotectonics, magmatism and mantle dynamics. Journal of Asian Earth Sciences. 40. P. 689–709.