

ПОЗДНЕКАЙНОЗОЙСКИЙ ВУЛКАНИЗМ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОКА АЗИИ

В.В. Ярмолюк, Е.А. Кудряшова, А.М. Козловский

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, e-mail: yarm@igem.ru

Начиная со второй половины раннего кайнозоя, на обширных пространствах Центральной и Восточной Азии возник ряд обособленных вулканических областей (рис. 1), объединенных в Центрально-Азиатскую вулканическую провинцию. Структурная позиция вулканических областей в основном определяется их приуроченностью к периферическим частям кайнозойской Амурской плиты. По особенностям распределения вулканических областей и составу вулканических ассоциаций выделяются две субпровинции – восточная (Дальневосточная) и западная (Центрально-Азиатская). В западной субпровинции размещение лавовых полей имеет ареальный характер. Здесь выделяются структурно независимые Южно-Хангайская, Южно-Байкальская, Витимская (Западно-Забайкальская), Удоканская, Токинская, Удалянчи-Кэлуо, Даригангская вулканические области. В восточной субпровинции преобладает линейный план их группировки с образованием протяженных вулканических поясов, наследующих аналогичные пояса позднего мезозоя [Новейший вулканизм..., 2008].

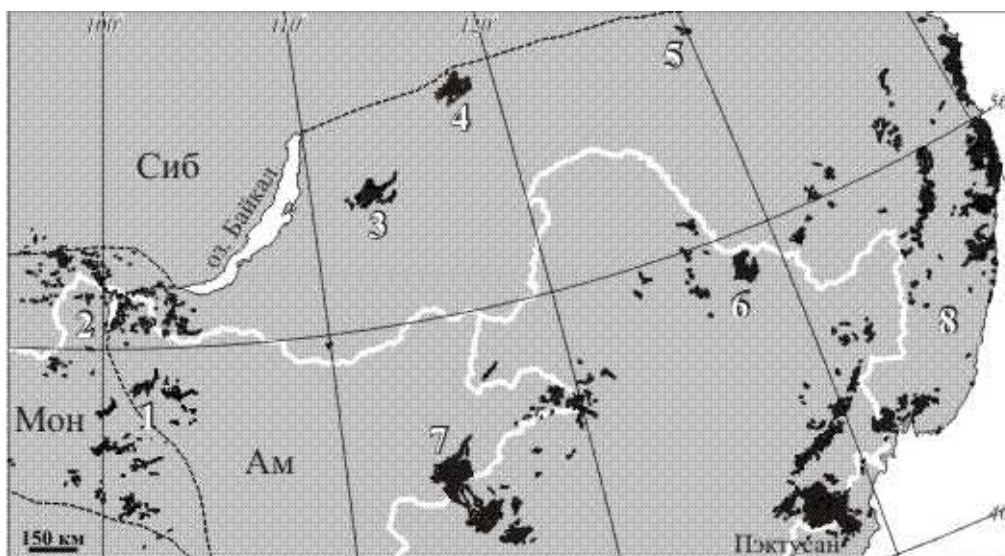


Рис. 1. Схема расположения позднекайнозойских лавовых полей вулканических областей Центральной и Восточной Азии. Черным показаны лавовые поля. Белой линией даны государственные границы. Пунктирной линией – границы микроплит (Мон – Монгольская, Ам – Амурская, Сиб – Сибирская). 1–7 – вулканические области Центрально-Азиатской субпровинции: 1 – Южно-Хангайская, 2 – Южно-Байкальская, 3 – Витимская, 4 – Удоканская, 5 – Токинского Становика, 6 – Удалянчи-Кэлуо, 7 – Даригангская; 8 – вулканические области Дальневосточной субпровинции.

Вулканические области провинции, как правило, различаются разным временем заложения, в то время как их последующая активность прослеживается вплоть до плейстоцена – голоцена. Наиболее раннее формирование установлено для Южно-Хангайской и Витимской вулканических областей, развитие которых прослеживается с перерывами, начиная с позднего мезозоя. В среднем миоцене произошло заложение Удоканской и Даригангской вулканических областей, а также ряда лавовых плато на территории Приморского и Хабаровского краев. Общим для всех этих областей стал пульсационный характер активности с увеличением частоты пульсации во времени. Отдельные импульсы вулканизма в разных областях, как правило, имеют определенные различия как по времени проявления активности, так и по составу вулканических продуктов, хотя середина и конец миоцена стало временем излияний практически во всех вулканических областях, а интервал последних 4 млн. лет сопровождался крупномасштабными излияниями в Южно-Хангайской, Южно-Байкальской, Удоканской, Витимской и Токинского Становика вулканических областях. В целом, по-видимому,

следует говорить об автономном развитии позднекайнозойских вулканических областей континентальной части юго-восточной России.

В то же время в истории формирования областей отмечаются одинаковые возрастные тенденции смены форм и масштабов вулканизма. В каждой области выделяются не менее одной стадии масштабных платоизлияний, которые обычно сменяются центральными излияниями с достаточно крупными лавовыми потоками, а затем стадиями формирования отдельных, часто рассредоточенных по площади вулканических областей небольших вулканов, как правило, фиксируемых шлаковыми конусами и протяженными долинными лавовыми потоками. Структурный фон областей определяют системы нормальных сбросов, впадин и грабен.

Состав вулканических продуктов провинции определяют, прежде всего, основные и средние лавы умеренно- и высокощелочного состава – базаниты, трахибазальты, трахиандезиты, трахиандезиты, фонтотрифиты, меланефелиниты. Более редкими являются трахиандезиты, тефрифолиты, трахиты, а также трахириолиты и комендиты, являющиеся, как правило, крайними членами дифференцированных серий, реже продуктами контаминации исходных расплавов коровым веществом. Общей чертой пород большинства вулканических областей является их принадлежность к высококальциевой петрохимической серии.

Геохимические характеристики позднекайнозойских пород провинции сближают их с базальтами ОИВ-типа. Как правило, вулканические породы характеризуются близкими спектрами распределения микроэлементов. По сравнению с базальтами ОИВ-типа они отличаются несколько более низкими содержаниями большинства элементов, за исключением Ta и Nb, выделяющихся резко выраженными максимумами. Распределение редкоземельных элементов фракционированное ($La/Yb=12-20$). Составы пород в интервале значений 44–53 % SiO_2 часто не укладываются в зависимости, соответствующие процессам дифференциации и отвечают продуктам разных степеней плавления мантийных источников. Более кислые трахиандезиты и трахиты, встречающиеся в вулканических ассоциациях Удоканской области и в строении вулкана Пэктусан (Дальневосточная субпровинция), представляют ряд последовательных дифференциатов, в которых по мере роста кремнезема отмечается рост содержания практически всех несовместимых элементов за исключением Ti, Sr и Eu. Содержание этих элементов последовательно уменьшается по сравнению с базальтами, за счет фракционирования титаномагнетита и полевых шпатов. Все это позволяет рассматривать их как производные глубокой дифференциации исходной базальтовой магмы.

Изотопные характеристики вулканических пород свидетельствуют об их связи с мантийными источниками. Составы пород обычно группируются в области значений, известной как mantle array или мантийная последовательность. Основную роль в образовании магм играла мантия, близкая по параметрам к умеренно обедненному мантийному источнику PREMA. Наряду с этим источником в формировании магм принимали участие источники с характеристиками обогащенной мантии типа EM-I и EM-II. Особенно показательно здесь появление источника EM-I, участие которого фиксируется по резко пониженному значению величины $\epsilon_{Nd} \approx -10$. Учитывая, что базальты с такими характеристиками развиты, например, в пределах герцинид и каледонид, для которых изотопный состав коры имеет более высокие значения $\epsilon_{Nd} > -2$ и неизвестны в районах развития раннедокембрийской коры (хр. Удокан), где, напротив, кора характеризуется величинами $\epsilon_{Nd} < -10$, можно говорить о практически несущественном участии континентальной литосферы в образовании расплавов. С учетом геохимических свидетельств о сходстве магм региона с магмами, исходными для базальтов ОИВ-типа, изотопные данные свидетельствуют о том, что источником позднекайнозойского магматизма в регионе являлась подлитосферная мантия.

Вопрос о геодинамической природе внутриконтинентальных позднекайнозойских вулканических областей Центральной и Восточной Азии широко дискутируется в литературе. Выдвинуты различные представления [Зорин и др., 2006; Новейший вулканизм..., 2008], рассматривающие связь этих областей как с мантийными плюмами, так и с процессами субдукции со стороны Тихого океана или с коллизией Индийской и Евразийской литосферных плит. Здесь важно иметь в виду следующее. Изолированность магматических ареалов в пределах вулканической провинции, очевидно, является важнейшим показателем их связи с автономными, пространственно разобщенными источниками магматической активности. Состав магматических продуктов, отвечающий, главным образом, умеренно- и высокощелочным породам основного и среднего состава, а также наличие в них лерцолитовых нодулей свидетельствует о подлитосферной природе этих источников и, на этом основании, о связи магматических областей с изолированными мантийными струями. Выполненные Ю.А. Зориным исследования [Зорин и др., 2006] поля силы тяжести выявили под Центрально-Азиатской субпровинцией наличие крупной аномалии, которая была связана с

подъемом астеносферной мантии. Эта аномалия характеризуется приподнятостью своей кровли на глубины менее 100 км. В пределах этой аномалии, кроме того, были выявлены локальные выступы астеносферы, которые достигают подошвы коры на глубинах около 50 км. Эти выступы наблюдаются под Южно-Хангайской, Южно-Байкальской, Удоканской вулканическими областями. К краевой части такого выступа астеносферы тяготеет Витимское плато. Хэнтэйский выступ астеносферы контролирует незначительные проявления позднекайнозойского вулканизма в Хэнтэе.

Сейсмографические исследования свидетельствуют о связи локальных выступов астеносферы с мантийными низкоскоростными струями. Такая струя была прослежена В.В. Мордвиновой [Мордвинова и др., 2007] от границы нижней и верхней мантии в основании мантийного выступа под Южно-Хангайской областью. Подобную же связь выявили исследования И.Ю. Кулакова [Кулаков, 2008], установившего связь Южно-Байкальской вулканической области с подобной же мантийной струей. Эти геофизические данные позволяют соотнести позднекайнозойскую вулканическую активность в Центральной и Восточной Азии с активностью локальных мантийных плюмов, сопоставимых с мантийными hot-finger Западной Европы и связанных с горячим полем мантии (региональное поднятие астеносферной мантии). Мы полагаем, что воздействие этого горячего поля мантии на литосферу региона стало основной причиной формирования кайнозойской вулканической провинции Центральной и Восточной Азии и, в частности, вулканических областей юго-восточной России.

В проблеме позднекайнозойского внутриконтинентального вулканизма Востока Азии является его связь с Индо-Азиатской коллизией. В результате этой коллизии территория Центральной Азии была подроблена на серию микроплит. С границами микроплит сопряжены рифтовые расколы и вулканические области, что предполагает роль процессов декомпрессионного плавления в образовании, по крайней мере, какой-то части вулканических областей. Так, западный, северо-западный и северный участки границы Амурской плиты трассируются впадинами Байкальской рифтовой системы и прослеживаются через ряд горячих точек мантии – Южно-Хангайскую, Южно-Байкальскую, Витимскую, Удоканскую, Токинского Становика. Однако, образование этой границы началось не ранее 16 млн. лет (время заложения ее Хубсугульского и Тункинского рифтовых сегментов), то есть после заложения таких вулканических областей, как Южно-Байкальская, Витимская и Южно-Хангайская. Процесс образования этой границы был связан с короблением внутренних участков Азиатской плиты вследствие ее коллизии с Индостанской плитой, приведшим к возникновению серии микроплит. Раскол литосферы, очевидно, приспособлялся к наиболее ослабленным участкам литосферы, перфорированным вплоть до основания коры мантийными плюмами и зафиксированным вулканическими областями. Вращение микроплит сопровождалось образованием структур типа pull-apart на их границах. Поэтому отмечается пространственная и структурная сопряженность вулканических областей и зон рифтогенеза. Однако, за пределами вулканических областей в пределах рифтовых долин вулканические проявления отсутствуют.

Образование Амурской плиты вначале не сопровождалось заметной дифференциацией рельефа вдоль ее границ. Быстрый рост гор с формированием основных черт современной орографии произошел лишь в конце плиоцена (~4 млн. лет назад) [Новейший вулканизм..., 2008]. И этот рост, в какой-то степени определялся процессами глубинной геодинамики. Так, к концу плиоцена относится заложение сводовых поднятий в областях проявления современного вулканизма. В подобное сводообразование были вовлечены Южно-Байкальская (<3 млн. лет), Удоканская (<4 млн. лет), Южно-Хангайская (<4 млн. лет) и Токинского Становика (<3 млн. лет) вулканические области. На активное участие подлитосферной мантии в этих процессах указывает хорошее согласование между проекциями мантийных плюмов на земную поверхность и размещением наиболее высоких участков новообразованных горных систем.

Как известно, сводовые поднятия являются одним из показателей мантийного диапиризма. Наряду с геологическими, геохимическими, изотопными и геофизическими данными все это свидетельствует о ведущей роли процессов глубинной (плюмовой) геодинамики в кайнозойской истории формирования Центральной и Восточной Азии.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 16.

Список литературы

Зорин Ю.А., Турутанов Е.Х., Кожевников В.М. и др. О природе кайнозойских верхнемантийных плюмов в Восточной Сибири (Россия) и Центральной Монголии // Геология и геофизика, 2006. Т. 47. № 10. С. 1060–1074.

Кулаков И.Ю. Структура верхней мантии под Южной Сибирью и Монголией по данным региональной сейсмотомографии // Геология и геофизика, 2008. Т. 49. № 3. С. 248–261.

Мордвинова В.В., Дешам А., Дугармаа Т. и др. Исследование скоростной структуры литосферы на Монголо-Байкальском трансекте 2003 по обменным SV-волнам // Физика Земли, 2007. № 2. С. 21–32.

Новейший вулканизм Северной Евразии: закономерности развития, вулканическая опасность, связь с глубинными процессами и изменениями природной среды и климата / В кн.: Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. В 8 томах. Пред. ред. кол.: Лавров Н.П. М.: ИГЕМ РАН, ИФЗ РАН, 2008. Т.2.280с.