

УДК 550.42:551.14+551.21+552.333(51)

КОНТРОЛЬ ВУЛКАНИЗМА В ЗОНАХ ТРАНСТЕНСИИ АЗИИ: СМЕНА ИСТОЧНИКОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ЛИТОСФЕРЫ–АСТЕНОСФЕРЫ ПРИ ИЗВЕРЖЕНИЯХ 1720–1721 гг. НА ПОЛЕ УДАЛЯНЬЧИ (КИТАЙ)

И.С. Чувашова^{1,2}, С.В. Рассказов^{1,2}, Йи-минь Сунь³, Чэнь Янг³, Чжэньхуа Сие³, Чжэньсин Фэн³, Дзингхуа Ван³, Т.А. Ясныгина¹, Е.В. Саранина¹

¹ Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия³ Институт вулканов и минеральных источников Хэйлуцзянской академии наук, Удаляньчи, Хэйлуцзян, Китай

Аннотация. Геохимические исследования вулканических пород поля Удаляньчи свидетельствуют о пространственно-временной смене компонентов, обусловленной непосредственным контролем выплавок эволюционирующей трансенсионной структуры литосферы.

Ключевые слова: Китай, калиевая порода, активный вулкан, трансенсия

Трансенсия представляет собой результат того растяжения литосферы – сочетание ее растяжения со сдвигом [1]. Синвулканические трансенсионные деформации литосферы могут отражать два возможных варианта контроля магматических процессов. Один предполагает поднятие выплавок из подлитосферной мантии, которые маркируют пронизываемые участки литосферы в зоне трансенсии без вовлечения в плавление литосферного материала. В продуктах вулканических извержений такой зоны различается только материал источников подлитосферной мантии. Структура литосферы не влияет на компонентный состав излившегося магматического материала. Другой вариант обозначает непосредственный контроль плавления литосферных источников эволюционирующей трансенсионной структуры. В этом случае пространственно-временная смена литосферных и подлитосферных компонентов служит прямым отражением характера эволюции зоны трансенсии.

Активность эшелонированных вулканических построек, контролирующихся субширотными или субмеридиональными трансенсионными структурами, показательна лишь для особых тектонически активных территорий Азии. Так, вулканизм характерен для трансенсионных сегментов Байкальской рифтовой зоны. В субмеридиональном Камарском сегменте вулканизм ограничен временным интервалом 18–12 млн лет назад, в субширотном Муя-Удоканском проявился на Удоканском вулканическом поле в последние 14 млн лет, а в субмеридиональном Ципа-Муяканском – на Витимском поле в интервале 16.0–0.6 млн лет назад [2, 3]. Другая территория с ярко выраженной трансенсией литосферы – район хребта Восточный Хангай. Южнее этого хребта, в Долине Озер, кулисообразный характер субширотных вулканоконтролирующих структур проявился 32–31 млн лет назад. В осевой части хребта и севернее его вулканизм получил развитие в субширотных левосторонних трансенсионных сегментах в интервале 17.0–8.0 млн лет назад. Между Восточным и Центральным Хангаем активизировался субмеридиональный правосторонний Чулутынский трансенсионный сегмент, в целом позже, в интервале 9.6–2.1 млн лет назад [4]. Имеются авулканичные трансенсионные сегменты (например, Рель-

Верхнеангарский Байкальской рифтовой зоны). Часть известных сейсмоактивных сдвиговых разломов (например, Болнайский) не оказывала влияния на конфигурацию вулканических полей и отражала малоглубинные смещения тектонических блоков коры.

Сдвиговые движения получили широкое развитие по субмеридиональным разломам в Восточной Азии (например, разломы Танлу-Курский, Цусимский, Центрально-Сихотэ-Алинский). Оценки временных интервалов левосторонних и правосторонних движений по этим разломам, однако, противоречивы [5–7]. В настоящей работе мы приводим прямые аргументы в пользу единой трансенсионной природы литосферной расплавной аномалии вулканической зоны Удаляньчи, простирающейся в субмеридиональном направлении на 230 км в районе северного замыкания бассейна Сунлюя [8, 9].

Бассейн образовался в средней юре – палеогене. Породы зоны Удаляньчи датированы временным интервалом последних 4.6 млн лет [10]. Содержания K_2O в вулканических породах последовательно расширяются от южного поля Еркешан (5.6–5.8 мас.%), через поля Удаляньчи (3.2–6.0 мас.%), Келуо (4.0–7.0 мас.%) к северному полю Сяогулихе (2.0–9.5 мас.%). В четвертичных породах вулканического поля Удаляньчи определен диапазон концентраций K_2O 4.8–6.0 мас.% с относительным снижением содержаний этого оксида в породах начала и конца вулканической эволюции. В начальных лавовых потоках, излившихся в субмеридиональной полосе Лаошантоу – Древний Гелакошан в интервале 2.5–2.0 млн лет назад, содержания K_2O составляли 3.9–5.2 мас.%, на финальном конусе вулкана Хуошаошан, образовавшемся в 1721 г., снижались до 3.2 мас.%.

На вулканическом поле различается фоновая активность, не упорядоченная во времени и пространстве, и направленная активность, характеризующаяся последовательным смещением вулканических построек. Фоновая активность проявилась на вулкане Южный Гелакошан и вулканах субширотной полосы Лианхуашан, Йаокуаншан, Западный Дзяодебушан, Западный Лонгменшан во временном интервале 1.3–0.8 млн лет назад. В последние 0.6 млн лет извергались вулканы трех групп: западной (Северный Гелакошан, Лианхуашан, Дзианшан-

Дзиямшанзи), центральной (Уоухушан, Бидзиашан, Лаохейшан, Хуошаошан) и восточной (Уэйшан, Восточный Дзяодебушан, Сяогошан, Западный и Восточный Лонгменшан, Молабушан). В западной и восточной группах фоновая активность продолжалась, в то время как в центральной группе активность вулканов последовательно смещалась с юго-запада на северо-восток. Именно такая упорядоченная вулканическая эволюция привела к относительному снижению содержаний K_2O в продуктах финальных извержений вулкана Хуошаошан.

Из анализа содержаний K_2O , других петрогенных оксидов и микроэлементов в породах ранних и поздних фаз извержений центральной группы вулканов следует, что составы построек первого вулкана (Уоухушан) почти не отличались от фоновых, второго и третьего вулканов (Бидзиашан и Лаохейшан) были частично близки к фоновым и частично отличались от них, а четвертого (Хуошаошан) существенно отличались от фоновых.

Предполагается, что генерация магм под вулканическим полем Удаляньчи контролировалась развитием субмеридиональной правосторонней зоны трансенсии в граничном слое основания литосферы, разделявшем и экранировавшем источники подстилающей гомогенной подлитосферной конвектирующей мантии и перекрывающей гетерогенной

обогащенной литосферы. Подлитосферный источник магм обладал отношением $^{87}Sr/^{86}Sr=0.7052$, источники экранирующего слоя – таким же и более низкими отношениями, источники вышележащей литосферы – таким же и более высокими отношениями. Развитие трансенсии определяло время и место локального поступления компонента конвектирующей мантии из-под граничного экранирующего слоя на фоне плавления обогащенного материала над ним.

Локальные извержения подлитосферных выплавов из осевой части субмеридиональной магистральной зоны трансенсии интервала 2.5–2.0 млн лет назад сменились в интервале 1.3–0.8 млн лет назад извержениями фоновых выплавов из более широкого трансенсионного сегмента обогащенной области литосферы. В последние 0.6 млн лет фоновые выплавки из обогащенной литосферы резче обозначили краевые части трансенсионного сегмента, а локальные подлитосферные выплавки распространились вдоль разрыва, образовавшегося в граничном экранирующем слое благодаря концентрации тектонических усилий в центральной части трансенсионного сегмента.

Работа выполнена в Китайско-Российском исследовательском центре Удаляньчи–Байкал по новейшему вулканизму и окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Neundorff K.K.E., Mehl J.P., Jr., Jackson J.A. Glossary of geology. Fifth edition, revised. American Geosciences Institute, Alexandria, Virginia, 2011. 783 p.
2. Рассказов С.В. Вулканизм и структура северо-восточного фланга Байкальской рифтовой системы // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 4. С. 60–70.
3. Рассказов С.В., Чувашова И.С., Ясныгина Т.А., Фефелов Н.Н., Саранина Е.В. Калиевая и калинатровая вулканические серии в кайнозое Азии. Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2012. 351 с.
4. Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Чувашова И.С., Михеева Е.А., Снопков С.В. Култукский вулкан: пространственно-временная смена магматических источников на западном окончании Южно-Байкальской впадины в интервале 18–12 млн лет назад // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2013. V. 4, № 2. P. 135–168. doi:10.5800/GT2013420095.
5. Рассказов С.В., Логачев Н.А., Иванов А.В. Корреляция позднекайнозойских тектонических и магматических событий Байкальской рифтовой системы с событиями на юго-востоке Евразийской плиты // *Геотектоника*. 1998. № 4. С. 25–40.
6. Halim N., Cogne J.-P., Chen Y., Atasiei R., Courtillot V., Gilder S., Marcoux J., Zhao R. New Cretaceous and Early Tertiary paleomagnetic results from Xining-Lanzhou basin, Kunlun and Quigtang blocks, China: implications on the geodynamic evolution of Asia // *Journal of Geophysical Research*. 1998. V. 103 (B9). P. 21025–21045.
7. Jolivet L., Tamaki K., Fournier M. Japan Sea opening history and mechanism: A synthesis // *Journal of Geophysical Research*. 1994. V. 99(22). P. 237–259.
8. Чувашова И.С., Рассказов С.В., Лиу Я., Менг Ф., Ясныгина Т.А., Фефелов Н.Н., Саранина Е.В. Изотопно-обогащенные компоненты в эволюции позднекайнозойского калиевого магматизма провинции Хейлонгджанг, Северо-Восточный Китай // *Известия Иркутского государственного университета. Серия наук о Земле*. 2009. Т. 2, № 2. С. 181–198.
9. Чувашова И.С., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Саранина Е.В., Фефелов Н.Н. Голоценовый вулканизм в Центральной Монголии и Северо-Восточном Китае: асинхронное декомпрессионное и флюидное плавление мантии // *Вулканология и сейсмология*. 2007. № 6. С. 19–45.
10. Zhao Y.-W., Li Ni., Fan Q.-C., Zou H., Xu Y.-G. Two episodes of volcanism in the Wudalianchi volcanic belt, NE China: Evidence for tectonic controls on volcanic activities // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2014. V. 285. P. 170–179. dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.08.016.

CONTROL OF VOLCANISM IN TRANSTENSIONAL ZONES OF ASIA: CHANGE OF SOURCES AT A LITHOSPHERE–ASTHENOSPHERE BOUNDARY LAYER DURING THE 1720–1721 ERUPTIONS IN THE WUDALIANCHI FIELD, CHINA

I.S. Chuvashova^{1, 2}, S.V. Rasskazov^{1, 2}, Yi-min Sun³, Chen Yang³, Zhenhua Xie³, Zhenxing Fang³, Jinghua Wang³, T.A. Yasnygina¹, E.V. Saranina¹

¹ Institute of the Earth's Crust, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

² Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³ Institute of Volcano and Mineral Spring, Heilongjiang Academy of Science, Wudalianchi, Heilongjiang, China

Abstract. Geochemical study of volcanic rocks from the Wudalianchi field demonstrates spatial-temporal change of components due to the direct control of melting by evolving transtensional structure of the lithosphere.

Keywords: China, potassic rock, active volcano, transtension

УДК 551.24+550.34

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ КАК ВЕДУЩИЙ ФАКТОР ЛОКАЛИЗАЦИИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

С.И. Шерман

Институт земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация. Сильные землетрясения ($M \geq 8$) последнего столетия в Центральной Азии концентрируются в специфической геодинамической зоне, характеризующейся высокими напряжениями, утолщенной земной корой и пониженной вязкостью горной массы. Необходимые высокие напряжения генерируются индентором (Индостанская плита), их накопление обеспечивается специфическим геодинамическим окружением, а нужная высокоамплитудная реализация по разрывам облегчается относительно пониженной вязкостью среды.

Ключевые слова: вязкость, геодинамическая зональность, геодинамика, земная кора, литосфера, напряжение, разлом, геология, сейсмичность, сильное землетрясение, Центральная Азия

Сильные землетрясения ($M \geq 8$) в континентальной литосфере Центральной Азии в течение последнего столетия зафиксированы на относительно ограниченной территории, образующей треугольную или трапециевидную структуру [1–3 и мн. др.], пространственно не совпадающую с соизмеримыми по площади известными геоморфологическими или тектоническими формированиями. Генетическая связь локализации очагов сильных землетрясений однозначно и, безусловно, справедливо рассматривается с зонами крупных разломов. Трансрегиональным энергетическим источником высоких напряжений, обеспечивающим сейсмогенерирующие подвижки по разломам и их разрядку в форме сильных землетрясений, общепринято считать континентальную коллизию Индостанской и Евроазиатской плит. К настоящему времени остаются недостаточно изученными вопросы формирования контуров и геодинамической специфики территории с локализацией сильных землетрясений [4]. Затрудняются разработки моделей среднесрочного прогноза сильных событий. Отсюда понимание геодинамической ситуации, обеспечивающей локализацию сильных землетрясений в континентальной литосфере Центральной Азии, приобретает научное и сугубо социальное значение.

Для понимания локализации сильных землетрясений изучена геодинамическая зональность огромной территории Центральной Азии, в которой район их фиксирования занимает центральное место. В основу систематизации геодинамической зональности положены геодинамические параметры литосферы и/или земной коры, характеризующие как исследуемую территорию, так и ее окружение (рисунок).

Основная, центральная геодинамическая зона – регион сильнейших континентальных землетрясений (территория Гималаев, Памира, Тянь-Шаня и Тибета) – сфера максимального влияния континентальной коллизии, активнейшая часть громадного Альпийско-Гималайского коллизионного пояса, ос-

лабленное влияние которого достигает Южного Прибайкалья [4]. Территория характеризуется последовательным с юга на север изменением геолого-геофизических параметров литосферы. Видоизменяются формы и размеры блоковых структур, уменьшается толщина земной коры $c > 74$ в Тибете до ~42 км в Тариме и Джунгаре, последовательно меняются региональные векторы напряжений в земной коре от превалирования сжатия на юге и в центре до их трансформации в сдвиго-надвиговые и сдвиговые поля напряжений в Саянах и Южном Прибайкалье – на севере. Вместе с модификацией напряжений меняются векторы горизонтальных скоростей современных движений земной коры [5, 6]. Они максимальны и субмеридиональны на юге и в центре, к востоку от которого разворачиваются в широтном направлении с вектором на восток, а ближе к 105 °в.д. (восточная граница центральной геодинамической зоны) векторы направлены на юг. Для южной и центральной части центральной зоны характерно течение земной коры в сочетании со смещениями по межблоковым разломам. Течение сопровождается значительными смещениями по разломам, о чем аргументированно пишет В.С. Буртман [7]. Именно течение вещества горных масс в сочетании с высокими напряжениями способствовали генерации сильных землетрясений. Накоплению напряжений, их высоким значениям с последующей трансформацией в сейсмическое течение способствовало геодинамическое окружение.

Южная граница территории локализации сильных землетрясений – Индостанская плита, – коллизионная геодинамическая зона, генерирующая напряжения благодаря длительному движению на север–северо-восток и оказывающая давление на центральную геодинамическую зону. Давление на эту зону Индостанской плиты обеспечивает высокое напряженное состояние территории, способствует формированию тектонического (сеймотектонического) течения горных масс и генерации сильных землетрясений.