



ЗОНАЛЬНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ВУЛКАНИЗМА 18–12 МЛН ЛЕТ НАЗАД В ЛИТОСФЕРЕ ХАМАРДАБАНСКОГО ТЕРРЕЙНА, РАСПЛОЩЕННОЙ У КРАЯ СИБИРСКОГО КРАТОНА: ИНТЕРПРЕТАЦИЯ V_s -РАЗРЕЗА

С.В. Рассказов^{1,2}, Т.А. Ясныгина¹, И.С. Чувашова^{1,2}, В.В. Мордвинова¹, Ю. Анло²

¹Иркутск, Институт земной коры СО РАН, rassk@crust.irk.ru

²Иркутск, Иркутский государственный университет

В пионерных трудах А.В. Львова, Е.В. Павловского и Н.А. Флоренсова была высказана идея о сходстве структуры Байкальской впадины с впадинами Северо-Восточной Африки, окончательно утвердившаяся с принятием в 1960-х гг. концепции континентального рифтогенеза и введением Байкальской рифтовой зоны в категорию классических внутриконтинентальных структур растяжения. При изучении осадочных и вулканогенных формаций развивались представления о единой структуре рифтовой зоны [7, 15]. В одной из ранних работ [6] предполагалось открытие Байкальской впадины при левосторонних сдвиговых смещениях по Главному Саянскому разлому с амплитудой до 15 км. Позже эта же идея была воплощена в варианте палинспастических реконструкций [2]. В ходе накопления инструментальных данных о механизмах очагов землетрясений и структурных наблюдений деформаций верхней части коры в активных разломах предполагались различные варианты направлений и характера новейших движений коры. Допускалось единообразное сочетание структурных элементов рифтовой зоны на границе между расходящимися жесткими «литосферными плитами», одними авторами, – с полюсом вращения на плато Путорана [14], другими – с полюсом вращения на северо-восточном окончании рифтовой зоны [4, 5]. В первой гипотезе предполагалось согласованное структурное развитие Южно-Байкальской впадины и Тункинской долины. Кайнозойские и современные деформации литосферы связывались с левосторонними сдвигами («трансформными») смещениями вдоль Байкало-Мондинского разлома [8, 13]. Во второй гипотезе допускалась смена характера движений коры Южного Байкала и Тункинской долины [4].

Более конкретные выводы были сделаны при изучении позднекайнозойского вулканизма. Вращением в рифтовой зоне объяснялось увеличение его масштабов от Удоканского поля через Витимское к полям Саяно-Хамардабанской области [16]. Характер пространственно-временной вулканической эволюции связывался с продольными изменениями деформаций, обусловившими сегментное строение Байкальской рифтовой системы [10]. Из-за отсутствия смещений раннесреднемиоценовых вулканических реперов Быстринской и Камарской зон в крыльях Главного Саянского и Байкало-Мондинского разломов [11] предположения о крупномасштабных сдвигах по этим разломам были поставлены под сомнение.

Гипотезы о строении и развитии рифтовой системы могут тестироваться в настоящее время исходя из идентификации пространственно-временной активности литосферных и подлитосферных источников новейшего геодинамического этапа при анализе детальных сейсмотомографических моделей коры и подстилающей мантии. В настоящей работе для решения вопроса о структурном соотношении сегментов Южно-Байкальской впадины и Тункинской долины проводится анализ данных о пространственно-временной эволюции вулканизма и активизации его источников на территории Юго-Западного Прибайкалья в сопоставлении с сейсмотомографической моделью S-волн [9].

В западной части Тункинской долины действовали вулканы Быстринской линейной зоны и Култукского трансензионного сочетания Камарской и Становой зон. Быстринскую линейную зону образуют вулканы Зыркузунский, Анчукский и Карьерный, Камарскую зону – Култукский и Сухой, Становую зону – Метео и Широкий. Камарская зона протягивается субпараллельно Быстринской линейной зоне, Становая – обозначает дополнительную правостороннюю кулису. Время «горячей» трансензии литосферы ограничивается интервалом вулканической активности с 18 до 12 млн лет назад [1, 11].

На диаграмме Th/Yb – Ta/Yb фигуративные точки вулканических пород смещены от мантийного тренда MORB–OIB и характеризуют источники континентальной литосферы. В Быстринской зоне реконструируются зачатки ее деляминации на двух магмогенерирующих уровнях сравнительно глубинной (гранатовой) фации мантийных перидотитов. Один из уровней был обеднен компонентом средней части коры, другой – компонентом нижней коры. Микроэлементное моделирование свидетельствует о слабом частичном плавлении мантийного материала, не превышающем 7 %.

В отличие от Быстринской зоны, в Култукском трансензионном сочетании зон в плавлении вовлекались источники континентальной литосферы не только сравнительно глубинной (гранатовой) фации перидотитов, но и менее глубинной (безгранатовой) фации с увеличением частичного плавления до 20 %. Уменьшение глубины источников в восточном направлении, от Быстринской зоны к Камарской (по направлению к Байкалу), сопровождается усилением их плавления. Под Култукским вулканом около 18 млн лет назад плавился источник, комплементарный средней коре, а магмы, излившиеся около 13 млн лет назад, были контаминированы материалом нижней коры. Под вулканами Сухой, Метео, Широкий имело место частичное плавление модифицированных источников, близких к источнику E-MORB и более обедненных. На вулкане Метео в интервале 18.1–17.5 млн лет назад магмы из безгранатового источника сменились магмами из гранатосодержащего субстрата. На вулкане Сухой промежуточный состав магм, излившихся 16–15 млн лет назад, сменился магмами 13–12 млн лет назад из двух индивидуальных источников с гранатом малых степеней плавления и без граната, более высоких степеней плавления. Подобные группы составов из гранатосодержащего и безгранатового источников были представлены на вулкане Широкий.

На VS-разрезе по профилю п. Моңды – п. Хурамша [9] выделяется низкоскоростная зона, погружающаяся от Тункинской впадины вдоль долины в восточном направлении под Южный Байкал на глубину до 70 км. Зона оканчивается под сочленением Южно-Байкальской впадины и Тункинской долины резкой латеральной сменой скоростей S-волн (станция Талая – TAL). Андерплэйтинг высокоскоростного материала (4.4–4.5 км/с) сопровождается отторжением низкоскоростного блока (4.2–4.3 км/с) от основания коры и его опусканием в мантию. На глубине 40–50 км скорость снижается до 4.1 км/с под западной частью Тункинской долины и превышает 4.3 км/с под Южным Байкалом. На глубине 50–70 км скорость, наоборот, превышает 4.5 км/с под западной частью Тункинской долины и снижается до 4.2 км/с под Южным Байкалом.

Тункинская долина заложилась вдоль зоны коллизии Хамардабанского террейна и Сибирского кратона, обозначившейся образованием Слодянского метаморфического субтеррейна [3]. Зональный метаморфизм отразил раннепалеозойское расплющивание литосферы Хамардабанского террейна о жесткий край кратона. Латеральный скоростной переход под сочленением Южно-Байкальской впадины и Тункинской долины свидетельствует о новейшей динамической неустойчивости коромантийной границы. Литосфера Слодянского субтеррейна вновь расплющивается в связи с распространением процессов конвергенции Индостана и Азии.

В районе пос. Култук шовная зона Сибирского кратона резко меняет направление от запад-северо-западного Главного Саянского разлома на субширотное Обручевского. Вертикальная амплитуда новейших движений по Обручевскому разлому составила около 4 км при слабой активизации Главного Саянского разлома в условиях застопоривания движений сжимающим эффектом. Литосфера Южного Байкала также испытывала сжатие, отразившееся в образовании мел-палеогенового протоподнятия [12]. Растяжение и погружение впадины Южного Байкала, начавшиеся в раннем-среднем миоцене, были спровоцированы растяжением литосферы Восточной Азии вдоль Японско-Байкальского геодинамического коридора. Возникший диссонанс между сжимающимся Еловско-Култукским и растягивающимся Южно-Байкальским сегментами повлек за собой боковой отпор с ее трансензией и деляминацией. Эти процессы, имевшие место 18–12 млн лет назад, отразились в субширотной зональности источников вулканизма Быстринской и Камарской зон.

В заключение отметим, что идеи о характере деформаций в Байкальской рифтовой системе, сформулированные разными авторами в 1960-х гг. и позже, были основаны на восприятии современной структуры растяжения верхней части коры. Мы исходим из предположения об определяющей роли в новейшей активизации литосферы ее древней структурной неоднородности и интерпретируем низкоскоростную зону, погружающуюся от Тункинской долины под Южный Байкал, как результат раннепалеозойского конвергентного взаимодействия литосферы Хамардабанского террейна с жестким краем фундамента Сибирского кратона. Новейшее

возобновление конвергенции отразилось в гравитационной неустойчивости коромантийного перехода в области сочленения Тункинской долины с Южно-Байкальской впадиной, сопровождавшейся «горячей» трансенцией литосферы в интервале 18–12 млн лет назад. Плавление материала в источниках с течением времени менялось. Прекращение вулканизма свидетельствовало о структурной перестройке литосферы, в результате которой последующее проникновение вышлавков на земную поверхность стало невозможным. «Горячая» трансенция интерпретируется как показатель переходных деформаций литосферы 18–12 млн лет назад между режимами деформаций, обусловившими мел-палеогеновое протоподнятия и неоген-четвертичное погружение Южного Байкала. Погружение сопровождалось «горячей» трансенцией и усугублялось после ее прекращения, т.е. в последние 12 млн лет. Резкая смена активизации литосферы при изменении простирания шва кратона от Главного Саянского разлома к Обручевскому отражена в современных сейсмогенных деформациях Южно-Байкальской впадины, не распространяющихся в Тункинскую долину.

Исследования проводились частично в рамках работ Китайско-Российского исследовательского центра Удаляньчи–Байкал по новейшему вулканизму и окружающей среде.

- [1] Аило Ю., Рассказов С.В., Ясныгина Т.А., Чувашова И.С., Сие Чжэньхуа, Сунь Йи-минь. Базальты Быстринской зоны из источников континентальной литосферной мантии, Тункинская долина Байкальской рифтовой системы // Геология и окружающая среда. 2017. Т. 1, № 1. С. 27–43.
- [2] Балла З., Кузьмин М.И., Леви К.Г. Кинематика раскрытия Байкала // Геотектоника. 1990. № 2. С. 80–91.
- [3] Беличенко В.Г., Резницкий Л.З., Макрыгина В.А., Баращ И.Г. Террейны Байкал-Хубсугульского фрагмента Центрально-Азиатского подвижного пояса палеозой. Состояние проблемы // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 4. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2006. Т. 1. С. 37–40.
- [4] Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А., Мишарина Л.А., Солоненко Н.В. Тектоника плит Байкальской горной области и Станового хребта // ДАН СССР. 1978. Т. 240, № 3. С. 669–672.
- [5] Зорин Ю.А., Корделл Л. Растяжение земной коры в Байкальской рифтовой зоне по гравиметрическим данным // Известия АН СССР, серия Физика Земли. 1991. № 5. С. 3–11.
- [6] Ламакин В.В. Неотектоника Байкальской впадины. М.: Наука, 1968. 247 с. (Труды Геологического института, вып. 187).
- [7] Логачев Н.А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 5. С. 391–406.
- [8] Мельникова В.И., Гилева Н.А., Арефьев С.С., Быкова В.В., Масальский О.К. Култукское землетрясение 2008 г. с $M_w=6.3$ на юге Байкала: пространственно-временной анализ сейсмической активизации // Физика Земли. 2012. № 7–8. С. 42–62.
- [9] Мордвинова В.В., Кобелев М.М., Хрицова М.А., Кобелева Е.А., Трынкова Д.С. Скоростное строение южной окраины Сибирского кратона и его складчатого окружения по объемным волнам далеких землетрясений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 4, № 1. С. 37–41.
- [10] Рассказов С.В. Вулканизм и структура северо-восточного фланга Байкальской рифтовой системы // Геология и геофизика. 1996. Т. 37, № 4. С. 60–70.
- [11] 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 // Геодинамика и тектонофизика. 2013. Т. 4, № 2. С. 135–168. doi:10.5800/GT2013420095.
- [12] Рассказов С.В., Коломиец В.Л., Будаев Р.Ц., Чувашова И.С., Аль-хамуд А., Хассан А., Алокла Р. Новейшая активизация шовной зоны Сибирского кратона под Южным Байкалом: от мел-палеогенового орогена к неоген-четвертичному рифту // Геология и окружающая среда. 2017. Т. 1, № 1. С. 7–15.
- [13] Шерман С.И. Сейсмический процесс и прогноз землетрясений: тектонофизическая концепция. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2014. 359 с.
- [14] Шерман С.И., Леви К.Г. Трансформные разломы Байкальской рифтовой зоны // ДАН СССР. 1977. Т. 233, № 2. С. 461–464.
- [15] Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 258 с.
- [16] Rasskazov S.V. Magmatism related to the East Siberia rift system and the geodynamics // Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine. 1994. V. 18, № 2. P. 437–452.