

РОЛЬ ПЛЮМОВ В ФАНЕРОЗОЙСКОЙ ИСТОРИИ СИБИРИ И ЕЕ СКЛАДЧАТОГО ОБРАМЛЕНИЯ

Кузьмин М.И.*, Ярмолюк В.В.**

**Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия
e-mail: dir@igc.irk.ru*

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

THE SIGNIFICANCE OF PLUMES IN THE PHANEROZOIC HISTORY OF SIBERIA AND ITS FOLDED SURROUNDING

Kuzmin M.I.*, Yarmolyuk V.V.**

**Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
e-mail: dir@igc.irk.ru*

***Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia
e-mail: yarm@igem.ru*

We discuss the intraplate Phanerozoic magmatism in Siberia which occurred in the span of time from 490-480 Ma to 3-0.5 Ma. Paleogeographic reconstructions of the Siberian continent were done considering the fact that the Island hot spot was located under the Siberian traps during their eruption, i.e. 250 Ma ago. The paleographic reconstructions showed that the Siberian continent was located within the recent African-Atlantic hot mantle field during almost the whole Phanerozoic. Conducted investigations of geology, paleoposition and magmatism in Siberia and its folded surrounding indicate that the geologic history of the continent has to consider both the interaction of lithosphere plates and occurrences of intraplate magmatism related to deep mantle plumes.

Рассмотрен внутриплитовый фанерозойский магматизм Сибири, который охватывает интервал от 490-480 млн. лет до 3-0,5 млн. лет. Палеогеографические реконструкции Сибирского континента были выполнены с учетом того, что Исландская горячая точка располагалась под Сибирскими траппами во время их излияний, т.е. 250 млн. лет тому назад. Это позволило провести абсолютные реконструкции, которые показали, что Сибирский континент практически в течение всего фанерозоя располагался в пределах современного Африкано-Атлантического горячего поля мантии. Проведенные исследования по геологии, палеоположению и магматизму Сибири и ее складчатого обрамления говорит о том, что геологическая история континента должна учитывать как взаимодействие литосферных плит, так и проявления внутриплитового магматизма, связанного с глубинными мантийными плюмами.

Сибирский континент, входящий в состав Евразийского континента, как и сама Евразия, является составным континентом, к которому в течении фанерозоя присоединялись континентальные массивы различной природы. Известно, что Сибирь в течении всего фанерозоя дрейфовала с южного полушария к северному. Вокруг нее почти постоянно существовали островные дуги, благодаря которым отдельные континентальные блоки присоединялись к Сибири. Зоны столкновения фиксируются офиолитовыми комплексами, в составе которых присутствуют остатки океанических бассейнов, включая океанические острова, плато и остатки островных дуг. Наличие таких структур – офиолитовых комплексов сутурных зон, которые разделяют различные террейны, позволяют выделять складчатые пояса различного возраста, генезис которых хорошо реконструируется в рамках тектоники плит [4].

В тоже время, практически для всей фанерозойской истории Сибири и ее складчатого обрамления характерно проявление внутриплитового магматизма, природа которого объясняется их связью с плюмами [5]. Внутриплитовый магматизм представлен ассоциациями пород повышенной щелочности, а именно: щелочными базальтами, щелочными габброидами, феолитами, трахитами, комендитами, пантеллеритами и другими. В океанах внутриплитовый магматизм пред-

ставлен главным образом вулканитами океанических плато и островов, среди которых отмечаются как толеитовые, так и щелочные базальты. Однако и те, и другие обогащены литофильными элементами по сравнению с базальтами СОХ как минимум в 1,5-2 раза. Близки к составу базальтов океанических островов и базальты трапповых провинций.

В офиолитовых комплексах отмечаются породы, отвечающие по составу породам океанических плато и океанических островов, их наиболее древний возраст – венд-нижний кембрий. Эти данные позволяют говорить о том, что в океанических бассейнах, окружающих Сибирь существовали породы, связанные с плюмовыми [1]. На континентальных пространствах Сибири и ее складчатого обрамления внутриплюмовые породы имеют возраст от ордовика-силура до позднего кайнозоя, т.е. начиная с 490-480 млн. лет до 3-0,5 млн. лет. В это время формировались как крупные провинции внутриплитовых пород (Алтае-Саянская, Вилюйская, Баргузино-Витимская и др.), рифтовые системы и отдельные рифты (Гоби-Гяньшаньская, Гоби-Алтайская, Северо-Монгольская и др.) так и отдельные вулканические области (Южно-Байкальская, Даригангская, Удаканская и др.), которые наиболее характерны для позднего кайнозоя [5, 7].

Рассмотренный материал по внутриплитовому магматизму показал, что на протяжении практически всего фанерозоя территория Сибирского кратона и его южного и западного складчатого обрамления подвергалась усиленному воздействию внутриплитных процессов. Отмечается два коротких перерыва в этой деятельности. Один из них фиксирует паузу между ~350 и 330 млн. лет, которая последовала за завершением магматической деятельности в пределах Витимской области и продолжалась до начала магматической активности в Баргузино-Витимской области. Вторая пауза охватила интервал между ~185 и 160 млн. лет. Она возникла в связи с прекращением активности в позднепалеозойских – раннемезозойских внутриплитных областях Северной Азии и закончилась в поздней юре, когда в Центральной Азии сформировалась новая система внутриплитных областей [5, 7].

Касаясь объемов внутриплитных магматических пород разного возраста, следует отметить, что в течение практически всего палеозоя и мезозоя интенсивность магматизма была в целом близкой. Исключение составляют интервал излияния Сибирских траппов формирования вулканических толщ в Западно-Сибирской рифтовой системе, когда за короткий период (около 1 млн. лет) было извергнуто свыше $1,5 \times 10^6$ км³ магматических пород только в одной трапповой области.

В позднем мелу отмечается резкое уменьшение объемов внутриплитного магматизма до величины около 100 км³. Незначительные масштабы магматической деятельности сохранялись до конца олигоцена, и только в позднем кайнозое (< 25 млн. лет) объемы излившихся лав достигли уровня магматической продуктивности как и в первой половине позднего мезозоя [7].

Для характеристики источников магматических расплавов, участвовавших в формировании внутриплитного магматизма, были проведены систематические исследования изотопного состава Sr и Nd в базитах разных магматических областей. Необходимо подчеркнуть, что они характеризуют породы основного состава, формирующиеся из мантийных источников, и таким образом отражают составы мантийных плюмов, ответственных за внутриплитную активность.

Проведенные исследования показали, что формирование внутриплитного магматизма Центральной Азии было связано с мантийными источниками типа PREMA, EM-I и EM-II. Среди них ведущую роль играла обогащенная мантия типа EM-II в той или иной степени смешанная с источником PREMA. Эта мантия участвовала во внутриплитном магматизме разных магматических областей Северной Азии по крайней мере с начала позднего палеозоя и до позднего мела, то есть на протяжении более 200 млн. лет.

В истории внутриплитного магматизма Северной Азии смена обогащенной мантии EM-II на умеренно деплетированную мантию PREMA в источнике расплавов совпала с резким снижением продуктивности внутриплитного магматизма и прекращением тектонической деятельности. Очевидно, что спад активности был связан с изменением термического состояния недр и погружением изотерм в глубины мантии. Следствием должно было стать погружение уровня зарождения мантийных плюмов, что позволяет предполагать более глубокое размещение мантии типа PREMA относительно мантии EM-II.

Следующая смена состава источников внутриплитного магматизма совпала со вспышкой внутриплитной активности в позднем кайнозое Центральной и Восточной Азии. Очевидно, что

эта вспышка должна была инициироваться тепловым импульсом в основание мантийного плюма. Представляется, что носителем этого импульса стала мантия с характеристиками ЕМ-I, продукты которой до позднего кайнозоя были изолированы от процессов мантийного магмообразования. Поэтому, мы предполагаем более глубокое ее залегание по отношению к другим типам мантийных источников.

Источники ЕМ-II и ЕМ-I – обогащенные соответственно Sr и Nd, можно связать с погребенными в зонах субдукции остатками коры и литосферы. Если это справедливо, то для внутриплитных ассоциаций Северной Азии модельный возраст источников с характеристиками ЕМ-II оценивается в 1,1-1,5 млрд. лет и источников с характеристиками ЕМ-I – в 2,3-2,5 млрд. лет. Можно предположить, что источник ЕМ-II расположен на границе верхней–нижней мантии, а источник ЕМ-I опущен до границы нижней мантии с ядром [5].

Чтобы понять, почему в течении всего фанерозоя в Сибири в соседствующих около нее океанических бассейнов происходило формирование внутриплитовых магматических пород необходимо было провести палеорекострукции положение Сибирского континента на Земной сфере за последние 500-570 млн. лет. При этом необходимо понять *абсолютную* палеопозицию Сибирского континента в течении фанерозоя. Ряд исследователей предполагают, что Сибирские траппы формировались в связи с Исландской горячей точкой [6, 8, 9]. Начиная с раннего триаса трапповый магматизм продвинулся в соседнюю с Сибирью акваторию Баренцева и Карского морей. Острова Франца Иосифа маркируют продвижение магматической активности в позднем триасе–ранней юре. След Исландской горячей точки прослеживается на Северных Атлантических плитах так же хорошо как в Гренландии в течение позднего мезозоя и кайнозоя. Подтверждением правомерности предположения того, что Исландский плюм был ответственен за проявления траппового магматизма в Сибири, являются изотопные составы траппов, Исландии, а также базальтов, которые расположены в Гренландии, т.е. по возможному следу Исландской горячей точки [2, 7, 10, 11]. Деплетированная мантия (ДМ) и ЕМ-II являются источниками для всех рассматриваемых базальтов. При этом отмечается закономерное увеличение роли ДМ в течении эволюции Исландского плюма от позднего палеозоя к мезозою и кайнозою. Таким образом, геохимические данные не противоречат модели расположения северной Сибири над Исландским плюмом во время излияния Сибирских траппов.

Индийский плюм имеет координаты 65°С и 342°В. Пермотриасовая палеоширота середины поля Сибирских траппов (62°±7) согласуется с этим. Эти данные говорят, что Сибирь располагалась в рамках Африкано-Атлантического горячего поля выделенного Л.П. Зоненшайном и М.И. Кузьминым в [3], так как современная Исландская горячая точка расположена в пределах этого поля. Таким образом Сибирь двигалась над горячем полем по крайней мере с конца раннего палеозоя до пермо-триаса, потому что внутриплитовый магматизм наблюдается в Сибирском континенте в этот период. Из этого следует заключить, что позиция Сибири по меридиану не сильно варьирует, хотя вариации по широте значительны. Афро-Атлантическое горячее поле мантии расположено между ~330° Е и 70° Е, что ограничивает меридианное перемещение Сибири по крайней мере в пермо-триасе.

Далее используя положение Исландской горячей точки, а также палеомагнитные данные в первую очередь по Алтае-Саянской, Виллюйской и Баргузино-Витимской горячими точками В.А. Кравчинский рассмотрел палеоположение Сибири в течении всего фанерозоя [5]. Оказалось, что начиная с 570 млн. лет до конца юры Сибирь находилась в пределах Африкано-Атлантического горячего поля, что и определяло проявление внутриплитового магматизма в течении всего этого времени.

Начиная с позднего мезозоя Сибирь «сошла» с горячего мантийного поля и двигалась на восток от него. Мы считаем, что отступление Сибири от горячего плюма сопровождалось захватом материала от верхней части нижней мантии. Сходство состава базальтовых магм раннего мезозоя (РЕМА и ЕМ-II) и позднего мезозоя (преимущественно РЕМА) подтверждает, что материал имеет плюмовый генезис и плюм, вероятно, вытягивается по направлению движения Сибири. Объем изверженного материала уменьшается существенно в мелу и раннем кайнозое. Очевидно, материала от плюма становится все меньше, а Сибирь продолжает двигаться дальше от плюма. Взаимодействие Сибири и холодного мантийного плюма началось в позднем кайнозое и

происходит до настоящего времени. Опускающейся холодной материал достигает ядро мантийной границы и инициирует подъем редких порций EM-I мантийного источника вверх.

Особенности фанерозойского магматизма на Сибирской платформе и ее обрамления и появления в значительных объемах внутриплитового магматизма объясняется палеоположением Сибирского континента в пределах горячего Африкано-Атлантического поля, которое в свете проведенных исследований существует на Земле, как минимум 570 млн. лет.

Материал по геологии, палеоположению и магматизму Сибири и ее складчатого обрамления говорит о том, что расшифровка геологической истории континента должна учитывать, как взаимодействие литосферных плит, определяющих формирование складчатых поясов, так и проявления внутриплитового магматизма, связанного с глубинными мантийными плюмами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альмухамедов А.И., Гордиенко И.В., Кузьмин М.И. и др. Джидинская зона – фрагмент Палеоазиатского океана // Геотектоника. 1996. № 4. С. 25-42.
2. Дриль С.И., Медведев А.Я., Альмухамедов А.И., Сандимирова Г.П., Елизарова М.В., Ронкин Ю.Л. Sr-Nd изотопная систематика пермотриасовых вулканитов Западной Сибири // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы научного совещания по Программе фундаментальных исследований. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2004. С. 126-129.
3. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. Внутриплитный магматизм и его значение для понимания процессов в мантии Земли // Геотектоника. 1983. № 1. С. 28-45.
4. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра. 1990. Т. 1. 327 с.; Т. 2. 334 с.
5. Кузьмин М.И., Альмухамедов А.И., Ярмолюк В.В., Кравчинский В.А. Рифтогенный и внутриплитовый магматизм, соотношение с «горячими» и «холодными» полями мантии // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 12. С. 1270-1279.
6. Харин Г.С. Импульсы магматизма Исландского плюма // Петрология. 2000. Т. 8. № 2. С. 115-130.
7. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Северо-Азиатский суперплюм в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. 2000. № 5. С. 3-29.
8. Lawver, L.A., Muller R.D. Iceland hotspot track // Geology. 1994. V. 22. № 4. P. 311-314.
9. Lundin E., Dorji A.G. Mid-Cenozoic post-breakup deformation in the passive margins bordering the Norwegian-Greenland Sea // Marine Petroleum Geology. 2002. V. 19 № 1. P. 79-93.
10. Mertz D.F., Devey C.W., Todt W., Stoffers P., Hoffman A.W. Sr-Nd-Pb isotope evidence against plume-asthenosphere mixing north of Iceland // Earth Planet. Sci. Lett. 1991. V. 107. P. 243-255.
11. Price S., Brodie J., Whitham A., Kent R. Mid-tertiary rifting and magmatism in the Traill O region, East Greenland Source // Journal of the Geological Society. 1997. V. 154. P. 419-434.