

Крупные магматические провинции палеопротерозоя Фенноскандии и их значение для корреляции геологических событий в истории Земли

Куликов В.С.¹, Куликова В.В.¹, Бычкова Я.В.²

¹ Институт геологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, vkulikova@onego.ru

² МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия, yanab66@yandex.ru

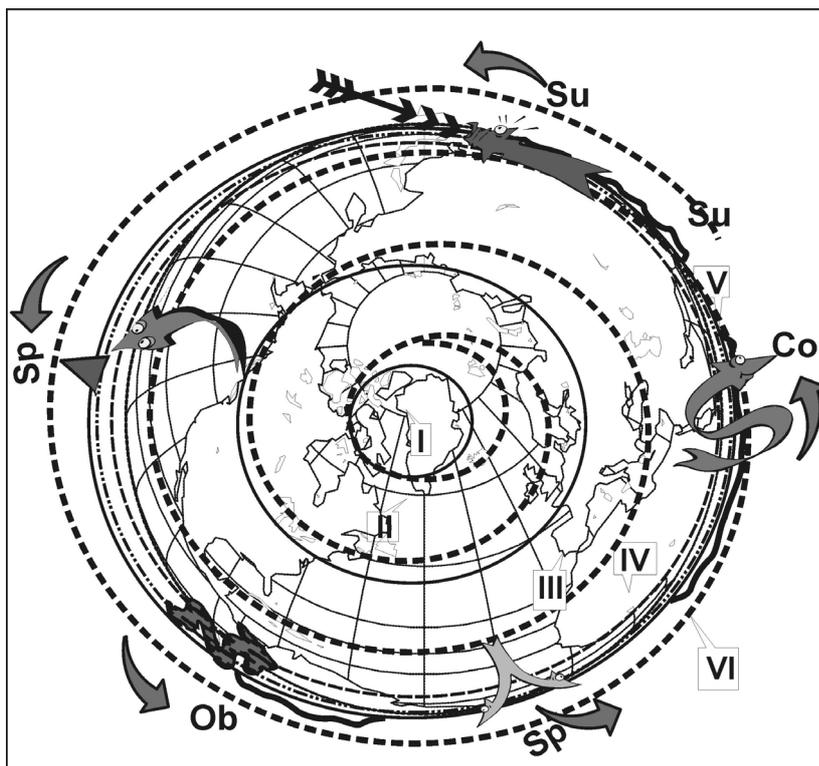
Крупные магматические провинции (Large igneous provinces – LIP), к которым относятся ареалы развития континентальных платобазальтов и их аналогов, вулканических и интрузивных образований пассивных континентальных окраин и океанических плато, в последнее время вызывают повышенный интерес как среди специалистов в области магматической геологии, так и геологов, занимающихся проблемами геодинамики, металлогении, осадочной геологии, глобальной стратиграфии и др. Это обусловлено тем, что с такими масштабными магматическими процессами связано не только формирование огромного объема изверженных пород, но и крупных и уникальных медно-никель-платиновых, молибден-меднопорфировых, золоторудных и других месторождений, во многом определяющих металлогеническую специфику LIP. Современные представления о внутренней и внешней геодинамике планеты (рис. 1) позволяют и в ретроспективе предположить, что поступательно-циклическое развитие Земли и составляющих ее геосфер определяют специфику формирования LIP на разных временных этапах (архей, протерозой, фанерозой). Масштабность проявления и развития эндогенных процессов в крупных магматических провинциях обуславливается возникновением мантийных плюмов, являющихся для LIP основным источником энергии, а также фактором теплопереноса вещества из мантии Земли в литосферу [2, 10].

В легенде государственной геологической карты Карело-Кольского региона (1999) по петрологическим и геохронологическим данным выделено более 30 магматических комплексов мафит-ультрамафитов палеопротерозоя. Однако их пространственная разобщенность, фрагментарная сохранность, отсутствие достаточных по объему геохронологических данных, а также специфика индивидуального вещественного состава в большинстве случаев не позволяют проводить надежную корреляцию в пределах Фенноскандинавского щита.

Основными параметрами LIP палеопротерозоя, на взгляд авторов, должны быть следующие:

- 1 – крупномасштабный (сотни тыс. куб. км) объем магматических образований преимущественно мафит-ультрамафитового состава;
- 2 – широкое пространственное развитие (сотни тыс. кв. км) мафит-ультрамафитового магматизма;
- 3 – короткий интервал (менее 100 млн. лет с учетом многофазности процессов) формирования LIP;
- 4 – наличие разнофациальных магматических мафит-ультрамафитовых образований (вулканические толщи, силлы, дайки, интрузивные массивы, в том числе дифференцированные), проявленных на разных уровнях палеокоры;
- 5 – геохимическая и металлогеническая специфика провинции и ее отдельных фрагментов.

Формирование LIP, как правило, связывается с воздействием мантийных термохимических суперплюмов (плюмов) на литосферу и земную кору. Механизмы их взаимодействия рассматриваются в ряде работ [1, 2 и др.], где также обсуждаются модели растекания «головы» плюма между мантией и более плотной корой. Ориентируясь на эти данные и учитывая геодинамическую обстановку на планете в конце архея, когда сформировался суперматерик Пангея-0 (Кенорландия, Суперия, Лавразия и др., по разным авторам), можно предположить, что под ним уже формировалась новая палеопротерозойская астеносфера. Энергетическим источником для нее явился сидерийский (сумийский) суперплюм, расплавы которого в пределах астеносферного слоя поглощали и видоизменяли неоднородное вещество коры, в том числе, возможно, погруженное в верхнюю мантию. Палеопротерозойская астеносфера была способна производить «вторичные плюмы» [2], которые внедрялись в литосферу и формировали в ней промежуточные камеры разного размера и состава.



Анализ современной части Фенноскандии показывает, что здесь существуют реликты LIP, которые можно объединять в субпровинции с определенной территориальной спецификой.

На основании предложенных параметров в пределах Фенноскандии выделяются следующие палеопротерозойские LIP:

1 – сумийская высокомагнетизальная (2.5 – 2.4 Ga) с медно-никелевой и платиноблагороднометальной и хромовой специализацией, которая подразделяется на субпровинции: Центрально-Кольскую, Южно-Лапландскую, Ветреный Пояс. На Канадском щите к подобным субпровинциям можно отнести Матачеван, Каминак, Блюдрав и др. [7];

2 – ятулийская толеит-базальтовая (2.2 – 2.1 Ga) с мед-

но-урановой специализацией: Печенга-Варзугская, Коли и Куусамо (Финляндия), Центральнокарельская, на Канадском щите – Унгава, Ниписсинг, Маккей и др. [7];

3 – людиковийская пикрит-ферропикрит-базальтовая (2.06 – 1.96 Ga) с медно-никель-платиновой и титаномagnetитовой специализацией, в которой выделяются субпровинции Печенгская, Куолярвинская, Онежская, Карасьек; на Канадском щите – Пуртуниг и др. [7].

Выделенные провинции и субпровинции намечались разными исследователями и ранее (А.И. Голубев, В.С. Куликов, Ф.П. Митрофанов, В.Ф. Смолькин, Е.В. Шарков и др.), иногда с отличающимися названиями и объемами. В данном случае названия даны в соответствии с региональными стратиграфическими подразделениями палеопротерозоя Северо-Запада России, что не противоречит сложившейся практике наименования LIP в фанерозое. Средние площади распространения указанных выше разновозрастных LIP составляют для каждой около 500 тыс. кв. км, хотя реальные размеры нуждаются в уточнении за счет палеореконструкции докембрийских событий. Однако в настоящее время частично с учетом новых изотопных возрастов, а также проведенных мировых обобщений [7] они корректно вписываются в единую мировую систему LIP.

Как показывают наши исследования, палеопротерозойская астеносфера существовала под Фенноскандией около 700 Ма (2.5 – 1.9 Ga). По-видимому, она являлась обширным пластичным (частично расплавленным) буфером между суперплюмом и палеокорой, что сохранило пространственную близость рассматриваемых провинций.

Развитие плюмового процесса можно разделить на два этапа [2]: I этап – взаимодействие мантийного термохимического суперплюма с формирующейся астеносферой; II этап – взаимодействие «астеносферных» (вторичных) плюмов с палеопротерозойской литосферой, которые способствуют образованию субпровинций.

В период Свекофеннской и Кольско-Лапландской орогений (1.9 – 1.8 Ga) [9] энергетический потенциал палеопротерозойской астеносферы под Фенноскандией был существенно израсходован, а ее влияние на последующую магматическую деятельность или существенно уменьшилось, или прекратилось полностью.

LIP являются важнейшими хронометрическими реперами в истории Земли. Они сравнительно равномерно проявляются на протяжении всего геологического времени от архея до квартера, поэтому закономерно вписываются в геохронологическую шкалу Земли, в том числе в докембрийскую.

По предварительной оценке количество возрастных уровней («штрих-кодов» [7]) проявления LIP достигает 70 (в докембрии более 25). Они наиболее короткие по времени своего формирования (от единиц до десятков млн. лет) относительно других крупных геологических событий, которые обычно используются для стратиграфических построений в докембрии (напр., формирование осадочных бассейнов, тектоно-магматические циклы и др.). Поэтому LIP наиболее точно фиксируют события на больших площадях на континентах или океанах. Авторы полагают, что подобные значительные явления связаны с космическими (галактическими) процессами и могут быть использованы для выделения в докембрии подразделений, сопоставимых по продолжительности с принятыми для фанерозоя аналогами [3]. Как известно, в новой стратиграфической шкале Земли [8] продолжительность периодов в докембрии искусственно завышена в 2 – 6 раз по сравнению с фанерозоем и требует соответствующей их корректировки.

Современное состояние геологической науки позволяет значительно продвинуться в понимании общих вопросов магматогенеза в свете новой тектонической “парадигмы” – глобальной геодинамики [4, 6]. В основе нового подхода лежит представление, подчеркиваемое современными геофизическими исследованиями и анализом геологических данных о многослойном строении литосферы и мантии, не менее чем 6 рубежей глобального значения (граница Мохо, 410, 520, 660, 2889, 5155 км) и 8 промежуточных (60, 80, 220, 330, 710, 990, 1050, 2640 км) [5]. Разнородное вещество должно было дифференцироваться по плотности таким образом, что наиболее легкие составляющие, в т.ч. газы, оказались во внешних, а тяжелые – во внутренних сферах протопланеты. Разные по составу оболочки протоземли последовательно по плотности образуют сложнослоистую подобную осиному гнезду структуру. Самые древние легкие, богатые алюминием (анортозитовые) горные породы сконцентрировались в экваториальной части, что обусловило первоначальную несимметричность планетного тела, которое и теперь по своей форме напоминает грушу или сердце. Неустойчивость такой конструкции способствовала тому, что эта легкая постоянно преобразующаяся оболочка концентрировалась в виде единого материка, раскалывалась и вновь формировалась в другом варианте. В низких широтах его характер формировался на фоне накапливающегося в апогалактии каждого «стандартного галактического года» [3] космического вещества и энергии как реакции спирально закручивающихся оболочек протопланеты на внешнее воздействие. Следовательно, выделяемые в настоящее время не менее, чем 14 границ [5] между “слоями” имеют относительную точность, т.к. не могут быть достоверно прослежены в пределах всей планеты. Неустойчивое геодинамо наряду с циклически воздействующими внешними силами имели возбуждающее значение для внутренних неоднородных по составу и строению оболочек Земли (рис.1) и, особенно, зон выклинивания, потенциально декомпрессионных и неустойчивых по Р-Т условиям. В пределах эродированных и обнаженных древних комплексов это подчеркивается традиционно выделяемыми структурными этажами с их специфическим магматизмом, метаморфизмом, осадконакоплением, а также одним из, возможно, наиболее ранних геологически фиксируемых примеров горизонтального расслоения и движения магматического вещества в неоархее – около 2.7–2.5 Ga.

История Земли укладывается в 22 цикла (или «стандартного галактического года» продолжительностью 215 Ma [3]), в пределах каждого из которых отмечается по несколько LIP. Циклически повторяющаяся мантийно-коровая активизация Земли в раннем докембрии свидетельствует об: 1) устойчивой эволюции основного-ультраосновного магматизма на континентах от коматиитового (хондритового) к толеит-пикритовому (обогащенному железом и титаном), ультраосновному щелочному и феррощелочному; 2) последовательной дифференциации мантийных расплавов с образованием соответствующих боуэнзовских и феннеровских петрохимических серий; 3) необратимости развития всей системы на фоне глубокой дифференциации субстрата.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 05-05-64788.

Литература

1. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Горячие точки и параметры термохимических плюмов. Геология и геофизика, 2005. вып. 46, № 6, стр. 589 – 602.
2. Гунин В.И. Оценка условий формирования ультрабазит-базитовых расплавов в районе подъема нижнемантийного плюма на основе численного эксперимента // Ультрабазит - базитовые комплексы складчатых областей. Материалы международной конференции. Иркутск. ИГТУ, 2007, с. 153–157.

3. История Земли в галактических и солнечных циклах // Куликова В.В., Куликов В.С., Бычкова Я.В., Бычков А.Ю. Петрозаводск, КарНЦ РАН. 2005. 250 с.
4. Пуцаровский Ю.М. О трех парадигмах в геологии // Геотектоника. 1995. № 1. С. 4–11.
5. Суворов А.И. К вопросу о парадигмах в геотектонике // Геотектоника, 1998, № 2, с.106–112.
6. Хаин В.Е. Геотектоника на новом переломе своего развития // Геотектоника. 1996. № 6. С. 29–37.
7. Ernst R.E., Bleeker W. Status of global LIP bar-code record and implications since the Archean. // Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny. Novosibirsk. 2007. P.19–21.
8. Gradstein F.M., Ogg I.G., Smith A. et al. 2005. A geological Time Scale. 2004. Cambridge.
9. Gee D.G., Stephenson R.A. (eds). 2006. European Lithosphere Dynamics. Geological society, London, Memoirs, 32.
10. Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny: Abstracts of the International Symposium. Novosibirsk. PH of SB RAS. 2007. 225 p.

Тектонические критерии выделения таксонов кимберлитового магматизма Архангельской алмазоносной провинции

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, e-mail: dgsdl@yandex.ru

Закономерности пространственного размещения и факторы локализации кимберлитов рассматриваются, как правило, безотносительно к таксономическим единицам кимберлитового магматизма лишь с позиций географической привязки площадей распространения этих пород. Не является исключением и рассматриваемая территория. До сих пор такие минерагенические таксоны как кимберлитовые провинции, субпровинции, пояса, районы, поля и кусты не приобрели структурных очертаний. Между тем, образование и локализация разномасштабных кимберлитовых таксонов обусловлены принципиально разными по масштабу процессами [6]. Образование кимберлитов – это сложный многофакторный процесс, для понимания которого необходима реконструировать факторы структурно-тектонического контроля стадия за стадией, начиная с коровой тектонической обстановки до литосферных процессов, ведущих к образованию кимберлитов.

Размещение проявлений кимберлитового магматизма определяется следующими факторами [4]: мощностью и составом земной коры, позволяющим процессу эволюции глубинных магм достичь определенного уровня; наличием линейных деформаций на поверхности мантии и в земной коре, инициирующих при определенных Р-Т условиях формирование мантийных диапиров, над которыми развивается алмазообразование; историей развития алмазоносных структур.

Роль первого фактора достаточно общепризнанна и подтверждается отсутствием кимберлитов и лампроитов за пределами докембрийских платформ, что позволяет рассматривать их в качестве алмазоносных провинций. В настоящее время Архангельская провинция признается большинством исследователей в качестве лишь одного из узлов ареала позднедевонского щелочного магматизма, охватывающего, как минимум, всю северную часть Восточно-Европейской платформы [1]. Ранее была показана высокая перспективность и центральных регионов платформы на поиски кимберлитов [2]. Таким образом, можно говорить о Русской алмазоносной провинции в границах древней платформы.

В пределах провинций могут быть выделены кимберлитовые субпровинции, основой которых обычно считают ядра архейской стабилизации или мегаблоки (геоблоки) преимущественно мафического состава земной коры [3], которые характеризуются повышенной мощностью земной коры и широким распространением высокоплотных пород амфиболитовой, гранулитовой и чарнокит-эндербит-гранулитовой ассоциаций. Необходимость выделения субпровинций в составе Архангельской алмазоносной провинции подтверждается и минералогическими данными. Так результаты исследований показали, что трубки взрыва севера Восточно-Европейской платформы хоть и имеют кимберлитовую природу, но на минералогическом уровне относятся к альнеит-кимберлит-карбонатитовой формации [8] и отличаются не только от трубок Якутии и Африки, но и от сопредельных регионов (Терский берег Кольского полуострова, Тиман). В качестве субпровинции авторами рассматривается Беломорский геоблок, характеризующийся в основном повышенными значениями по-