

ПРИРОДА ТРАППОВОГО И СПРЕДИНГОВОГО МАГМАТИЗМА С ПОЗИЦИЙ КОНЦЕПЦИИ НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЫ ЛИТОСФЕРЫ

Е.Г. Мирлин, Ю.В. Миронов

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва,
e-mail: egm@sgm.ru

В основе концепции нелинейной среды литосферы, разработанной свыше 20 лет назад [Садовский и др., 1982] - ее иерархическая неоднородность во всех масштабах, энергетическая активность, нестабильность, нелинейность свойств и протекающих в ней процессов. Ранее было показано, что в подобной среде возникают движения вихревого типа, спецификой воздействия которых можно объяснить многие феномены строения океанской литосферы [Мирлин и др. 2005, Мирлин, 2006, Ротационные..., 2007]. Нами с этих позиций рассмотрена возможная природа траппового магматизма и магматизма океанских зон спрединга.

Связь между вспышкой траппового магматизма и развитием вихревой рифтово-спрединговой системы показана на примере траппов Восточной Африки. Гигантский вихрь, состоящий из спрединговых систем Аденского залива и срединно-океанских хребтов Индийского океана (Аравийско-Индийский, Центрально-Индийский), в процессе своего закручивания как бы вторгался вглубь Африканского континента, стимулируя образование системы Восточно-Африканских континентальных рифтов. Продвижение и вихреобразное закручивание спрединговой системы началось в раннем эоцене (45 млн. лет назад) и продолжается по настоящее время (рис. 1). Первые локальные по площади и объему магматические проявления, относятся ко времени 45-37 млн. лет [Ebinger et al., 2000], а самый мощный импульс, когда сформировалось практически все Эфиопско-Йеменское базальтовое плато, произошел за чрезвычайно короткий отрезок времени 29-30 млн. лет назад. По времени это событие практически совпадает с заложением северной части рифтовой системы Восточной Африки, а пространственно - с областью наибольшего закручивания вихревой системы. Катастрофический, взрывообразный характер магматизма косвенно указывает на реакцию нелинейной неравновесной среды на внешнее воздействие. Аналогичные пространственно-временные соотношения с развитием вихревых рифтово-спрединговых систем устанавливаются и для других трапповых провинций (Брито-Арктическая, Декан и др.) [Мирлин и др., 2008].

Результаты новейших детальных исследований срединно-океанских рифтов подтвердили, что продвижение оси аккреции коры происходит не только в масштабе океанских бассейнов в целом, но и на уровне сегментов второго и более высоких порядков. Это продвижение зачастую сопровождается вихреобразным в плане закручиванием морфоструктур, а также вращением разноранговых тектонических блоков, которое обуславливает разнопорядковую сегментацию срединных хребтов, напоминающую брусчатую мостовую [Tucholke et al., 1998]. Установлено также, что океанские рифты являются областью проявления деформаций не только растяжения, но и сжатия. Деформации сжатия выявлены как в пределах рифтовых долин, так в зонах поперечных (трансформных) разломов. Отдельные поднятия рифтов близ пересечения с поперечными разломами имеют чешуйчато-надвиговое строение, а разрез коры характеризуется тектонической нарушенностью [Разницын, 2004]. Кроме того, характерная поперечная асимметрия океанских рифтов, прослеживаемая в их глубинной структуре, обусловлена наличием мощных зон полого наклоненных срывов, предположительно связанных с напряжениями сжатия. На основе этих данных недавно была предложена схема циклической эволюции рифтов, в которой важное место отводится формированию этих срывов, а возникновение магматических камер связывается с переходом от режима сжатия к режиму растяжения (рис. 2).

Нами разработана качественная модель, иллюстрирующая взаимодействие блоков коры при раскрытии океанской впадины при наличии вихревой компоненты и объясняющая природу тех воздействий на энергонасыщенную среду, которые и стимулируют формирование очагов плавления. На рис. 3 показано пространственно-временное изменение геодинамической обстановки в моменты времени t_1 и t_2 для плит А и Б в целом и для их произвольно выбранных частей в зоне спрединга. Под влиянием вихревой компоненты ось раскрытия приобретает закругленные очертания на начальной стадии и сохраняет эту геометрию на стадии

формирования зоны спрединга на гребне срединно-океанского хребта (как это имеет место в большинстве океанских бассейнов). В вихревом потоке каждый из элементов (частей, частиц) перемещается не только поступательно, но и вращается вокруг некоторой самостоятельной мгновенной оси. В силу этого при раскрытии океанского бассейна под воздействием этих потоков на разных масштабных уровнях будет наблюдаться сходная картина:

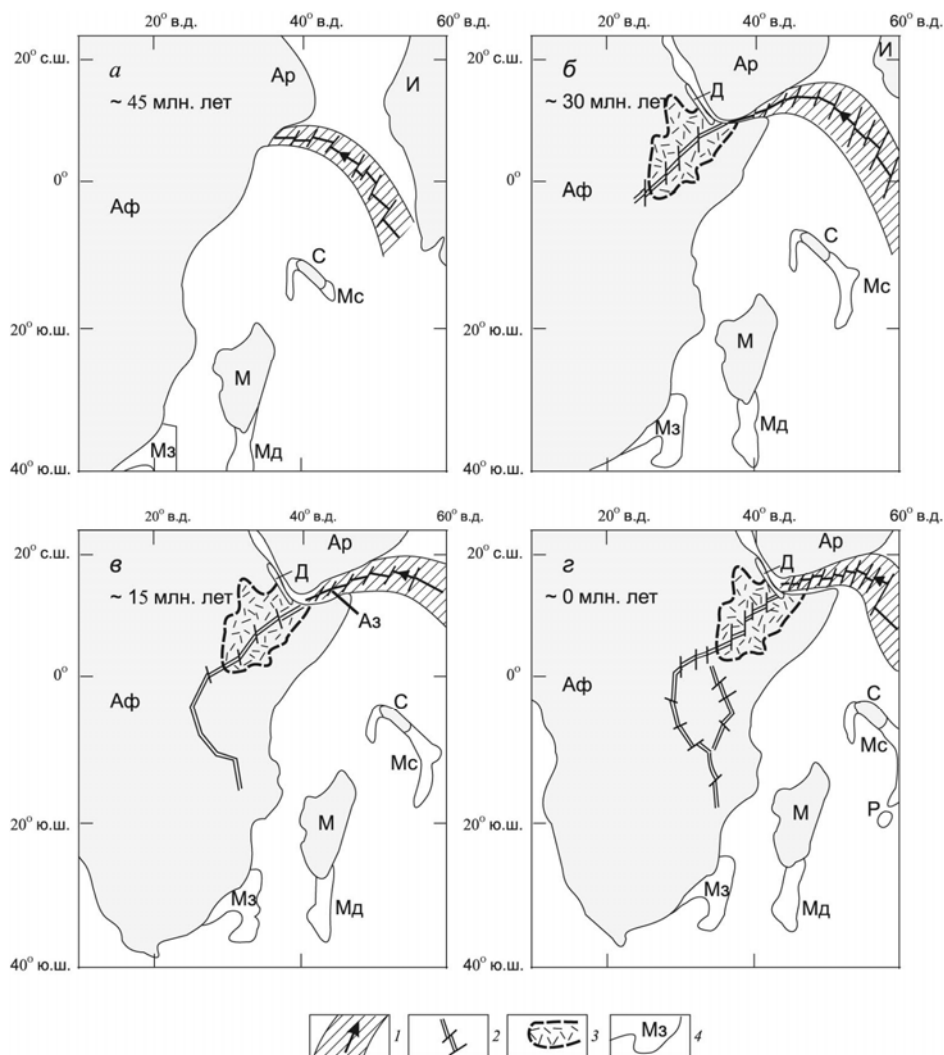


Рис. 1. Эволюция вихреобразных спрединговых систем Аденского залива (Аз), срединно-океанских Аравийско-Индийского и Центрально-Индийского хребтов, континентальный рифтогенез и образование трапповой провинции Восточной Африки [Мирлин и др., 2008]. *a – z* – реконструкции положения континентов и спрединговых систем для разновозрастных срезов. 1 – оси спрединга и спрединговые системы, стрелками показано направление пропегейтинга; 2 – континентальные рифты; 3 – трапповая провинция; 4 – подводные хребты предположительно вулканической природы: Мс – Маскаренский, Мд – Мадагаскарский, Мз – Мозамбикский. Аф – Африка, Ар – Аравия, И – Индостан, М – о-в Мадагаскар, Д – Данакильская микроплита, С – Сейшельский микроконтинент, Р – о-в Реюньон.

литосферные плиты в целом и вновь формируемые их части в зонах наращивания плит не только вращаются вокруг общего полюса Р, но и испытывают дифференциальное вращение относительно различных полюсов, причем положение последних меняется по мере закручивания вихря. Полюса, вокруг которых закручиваются плиты А и Б, а также их отдельные части в зоне наращивания различаются, и это ведет к возникновению составляющей сдвига вдоль данной зоны, причем сдвиговая оставляющая так же меняется не только вдоль простирания, но и по мере закручивания спрединговой системы. В совокупности, это приводит к тому, что в процессе раскрытия: в каждой точке зоны аккреции происходит смена напряжений - от сжатия (со сдвигом) к растяжению (со сдвигом). Существенно, что градиент перехода от сжатия к растяжению не остается постоянным, а увеличивается по мере закручивания вихря (стадии t_1 и t_2 на рис. 3).

Из рассматриваемой модели вытекает суть того внешнего воздействия на нестабильную, нелинейную среду, которое приводит к образованию очагов плавления - пульсирующее, периодическое чередование роста давления (и, соответственно, накопления энергии) и последующего его резкого уменьшения (с понижением температуры плавления). Лабораторные эксперименты показывают, что при высоком внешнем давлении в сочетании

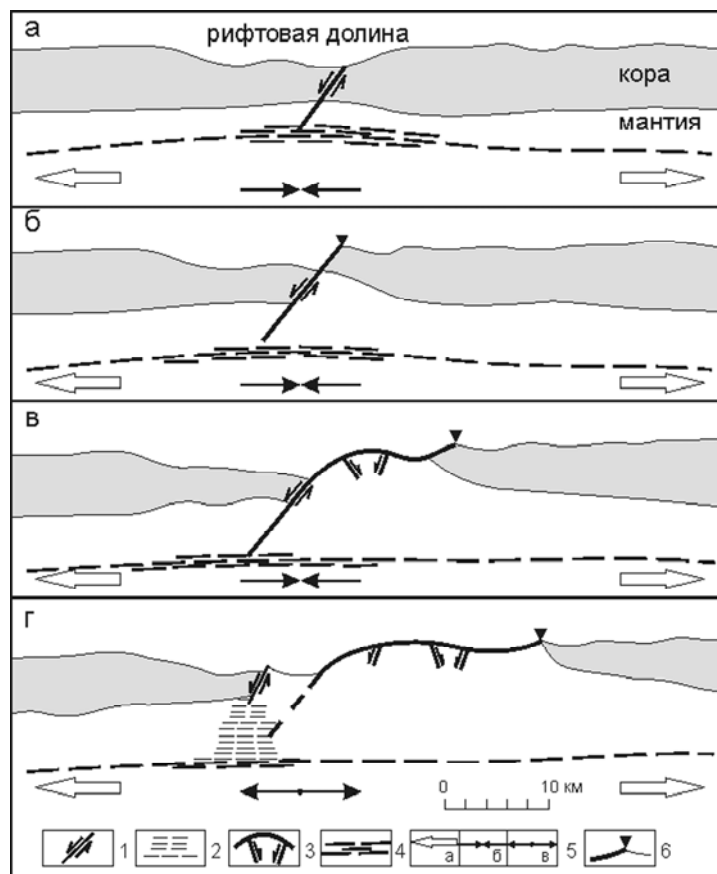


Рис. 2. Вулкано-тектоническая цикличность развития рифта Срединно-Атлантического хребта на фоне генерального растяжения (район трансформных разломов Кейн и Атлантис, 20°-30° с.ш.) (по [Tucholke et al., 1998, с изменениями]). Субширотное сечение рифта между внешним (западный борт) и внутренним (восточный борт) угловыми поднятиями. Стадии развития: а-в - сжатие и формирование зоны срыва (1), г - растяжение и образование магматической камеры (2). 3 - вторичные разломы, 4 - слой с пониженной вязкостью, 5 - ориентировка напряжений: а – генеральное растяжение, б – сжатие, в - растяжение в зоне рифтовой долины. 6-точка выхода на поверхность зоны срыва. Соотношение вертикального и горизонтального масштабов 1:1.

со сдвигом (а именно это сочетание напряжений сопровождается движениями вихревого типа) разрушение твердых тел приобретает форму взрыва, вызванного экзотермическими реакциями [Ениколопян и др., 1987]. Таким образом, из данной модели вытекают два важных вывода. Первый - тектоно-магматическим процессам в зонах спрединга свойственен дискретно-непрерывный, циклический характер: магматические и амагматические фазы чередуются друг с другом. Второй – накопление энергии и градиент сброса давления не остаются постоянными, а меняются вдоль простирания зоны раздвига плит и достигают максимума в областях наибольшего закручивания вихревой спрединговой системы. Следовательно, именно в этих областях следует ожидать избыточной (по сравнению с другими сегментами зоны спрединга) магматической деятельности, приводящей, в частности, к формированию трапповых провинций. Другой тип геодинамических обстановок, потенциально благоприятных для их возникновения – пилообразные выступы пассивных континентальных окраин, где при благоприятном сочетании геометрических и кинематических параметров смена напряжений также может обусловить возникновение очага плавления (провинция Парана-Этендека в Южной Атлантике).

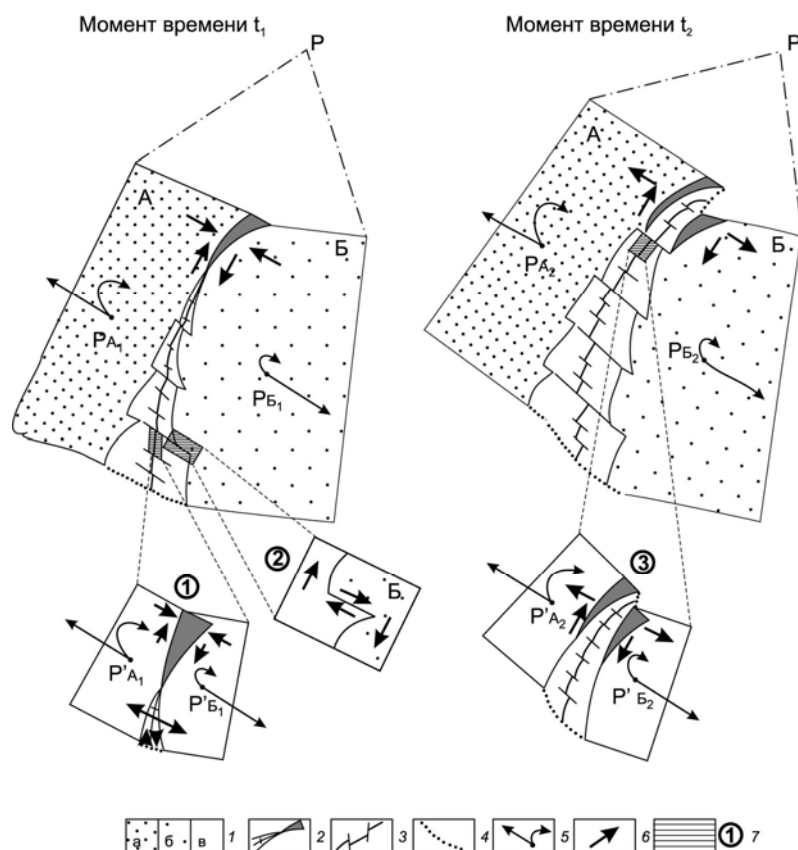


Рис. 3. Пространственно-временное изменение геодинамической обстановки в процессе раскрытия океанской впадины (моменты времени t_1 и t_2) при воздействии вихревой компоненты на разных масштабных уровнях [Мирлин и др., 2008]. А, Б – литосферные плиты. 1 – литосфера: а и б – континентальная, в – океанская; 2 – зона сжатия и сдвига; 3 – ось раздвига; 4 – траектория движения плит и их отдельных частей. 5 – векторы направления вращения плит и их отдельных частей вокруг полюса раскрытия Р и самостоятельных мгновенных полюсов PA_1 , PB_1 , PA_2 , PB_2 (для плит в целом) и $P'A_1$, $P'B_1$, $P'A_2$, $P'B_2$ (для отдельных частей плит); 6 – вектора основных напряжений; 7 – положение и номера врезок.

Список литературы

Ениколопян Н.С., Вольева В.Б., Хзарджян А.А. и др. Взрывные химические реакции в твердых телах // Доклады АН СССР, 1987. Т. 292. № 5. С. 1165-1169.

Мирлин Е.Г. Проблема вихревых движений в «твердых» оболочках Земли и их роли в геотектонике // Геотектоника, 2006. № 4. С. 1-17.

Мирлин Е.Г., Кононов М.В., Миронов Ю.В. Возможная природа траппового магматизма (на основе концепций вихревых движений в тектоносфере и нелинейной геофизической среды) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Вып. 12. С. 37-50.

Мирлин Е.Г., Кононов М.В., Сущевская Н.М. Вихревые спрединг-системы в литосфере и верхней мантии океанов // Доклады Академии наук, 2005. Т. 401. С. 507-510.

Разницын Ю.Н. Тектоническая расслоенность литосферы молодых океанов и палеобассейнов. Труды Геологического института. Вып. 560. М.: Наука, 2004. 270 с.

Ротационные процессы в геологии и физике. М.: КомКнига, 2007. 528 с.

Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. О свойстве дискретности горных пород // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 12. С. 3-18.

Ebinger C.J., Yemane T., Harding D.J. et al. Rift deflection, migration, and propagation: linkage of the Ethiopian and Eastern rifts, Africa // Geol. Soc. Amer. Bull. 2000. V. 112. P. 163-176.

Tucholke B.E., Lin J., Kleinrock M.C. Megamullions and mullion structure defining oceanic metamorphic core complexes on the Mid-Atlantic Ridge // J. Geophys. Res. 1998. V. 103. № B5. P. 9857-9866.