

УДК 551.243(575.1)

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ РИФЕЙСКИХ РИФТОГЕННЫХ СТРУКТУР ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2003 г. С. Ю. Колодяжный

Представлено академиком Ю.Г. Леоновым 25.11.2002 г.

Поступило 03.12.2002 г.

Изучение процессов формирования и эволюции докембрийских рифтогенных структур является важным фундаментальным направлением в области внутриплитной тектоники. В настоящее время широко обсуждаются проблемы о соотношении моделей активного и пассивного рифтогенеза, о роли механизмов чистого и простого сдвигов, о влиянии древних структур на местоположение рифтовых систем. Появляется ряд вопросов в связи с кинематическими данными, которые показывают устойчивую связь раздвиговой и сдвиговой составляющих перемещения, а также периодические изменения кинематики разрывов в процессе эволюции рифтов. Большое значение в обсуждении имеют феномен синхронного формирования рифтогенных структур на обширных территориях и связанная с ним проблема механизма, обеспечивающего динамически сопряженное развитие рифтовых систем. Ряд этих вопросов подробно обсуждается в [5], где дается пример сопоставления различных свойств рифтов и логического вывода о ведущей роли пассивной модели рифтогенеза при их заложении.

Полученные в последние годы материалы о строении Беломорской и Среднерусской рифейских рифтовых систем [1, 7] позволяют рассмотреть поставленные выше вопросы на частных примерах и внести в сферу обсуждения ряд новых аспектов. Данные структуры имеют много общих свойств, которые сводятся к следующим пунктам.

А. Тектоническая позиция Беломорской и Среднерусской рифтовых систем определяется палеопротерозойским структурным планом; в частности, отмечена их пространственная связь с коллизионными (сутурными) зонами сочленения крупнейших сегментов Восточно-Европейской платформы (ВЕП) (рис. 1а). Эта связь находит объяснение в реологической неоднородности и гравитационной неустойчивости коры в

пределах древних швов, а также в наличии здесь ослабленных зон и механической анизотропии [5].

Б. Структурный рисунок данных рифтовых систем в плане имеет веерообразный характер: в одних направлениях они постепенно расширяются, испытывают виргацию и расщепление на несколько ветвей, разделенных выступами фундамента, в других – постепенно сужаются и выклиниваются. Эти особенности отражают закономерное изменение степени растяжения по простиранию зон деструкции (см. рис. 1а). Такая веерообразная структура характерна для многих рифтов ВЕП.

В. Кинематические данные свидетельствуют о том, что в процессе формирования рассматриваемых рифейских рифтов раздвиговая и сдвиговая составляющие перемещений тесным образом сочетались в условиях режима трансенсии [1, 6, 7]. Характер кулисообразного размещения впадин и поднятий высокого порядка, участвующих в строении рифтов, структурный рисунок систем разрывов и локальные данные об их кинематике свидетельствуют о левосторонних перемещениях в процессе формирования Среднерусской и Беломорской рифтовых систем, которые, таким образом, были кинематически сопряжены, образуя дугообразную трансенсионную структуру [1, 7]. Эти данные в совокупности с верным структурным рисунком рифтовых зон позволяют предположить, что их формирование динамически было связано с поворотом Карельского массива по часовой стрелке относительно смежных блоков (см. рис. 1а).

Г. Геолого-структурные и геофизические данные [1, 3, 4, 7] показывают, что рассматриваемым рифтовым системам свойственны следующие особенности (рис. 2): 1) отсутствие разрыва континентальной коры и наличие асимметричного мантийного выступа, смещенного относительно оси рифтовых систем; 2) асимметричное строение отдельных рифтовых впадин, нередко имеющих черты полуграбенов; 3) часто отмечается характерная триада синхронных структур, представленных антиформой комплекса метаморфического ядра и компенсацион-

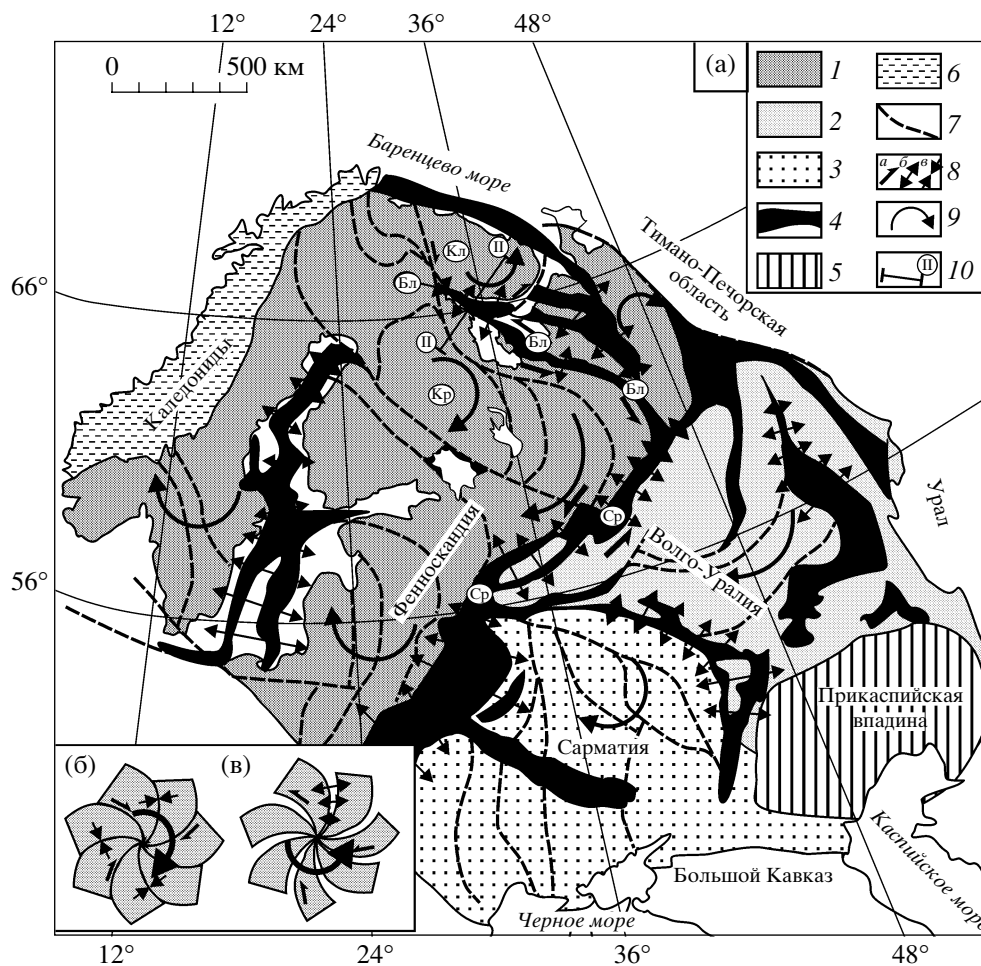


Рис. 1. а – схема тектонической делимости и размещения рифтогенных структур ВЕП (составлена по [1, 6, 7]). б, в – упрощенные модели процессов структурообразования в условиях вращения. 1–3 – главные тектонические единицы фундамента ВЕП: 1 – Фенноскандия, 2 – Волго-Уралья, 3 – Сарматия; 4 – рифтовые системы; 5 – Прикаспийская впадина; 6 – каледониды; 7 – разрывные нарушения; 8 – направления сдвиговых перемещений (а), растяжения (б) и сжатия (в); 9 – направления вращения блоков; 10 – линия геолого-геофизического разреза на рис. 2г. Рифтовые системы: Ср – Среднерусская, Бл – Беломорская. Архейские массивы: Кр – Карельский, Кл – Кольский.

ными бассейнами в ее обрамлении; 4) геолого-геофизические признаки формирования пологих зон тектонического течения (детachment); 5) син-кинematicкие бластомилониты в зоне метаморфических ядер; 6) многочисленные внутри-формационные угловые несогласия в осадочных породах рифтов. Совокупность этих генетически связанных признаков совместима с моделью простого сдвига [8], предполагающей связь процессов формирования рифтов с компенсирующим растяжением течением вещества в нижней коре, а также с эволюцией пологих сквозьлитосферных срывов.

Д. Сведения об эволюции данных структур указывают, что они имеют признаки телескопированных периодически возобновляемых рифтовых систем, связанных с пологими долгоживущими нарушениями с переменной кинематикой. Например, Беломорская рифтовая система

формировалась в несколько этапов [1, 3, 4]. В начале палеопротерозоя в условиях левосдвиговой транстенсии и активизации Беломорского коллизионного пояса заложилась зона сквозьлитосферного пологого разрыва – detachment (рис. 2а). В процессе растяжения по механизму простого сдвига тектонические перемещения по этому разрыву сопровождались образованием листрических сбросо-сдвигов и сопряженных с ними асимметричных в разрезе рифтовых впадин Восточно-Карельской зоны. После достижения некоторой критической величины растяжения в результате нарушения гравитационной устойчивости происходит воздымание и выведение на поверхность тектонитов зоны detachment, в результате чего формируется поднятие – комплекс метаморфического ядра – и сопряженные с ним впадины (рис. 2б). В конце палеопротерозоя на свекофеннском этапе в результате коллизии

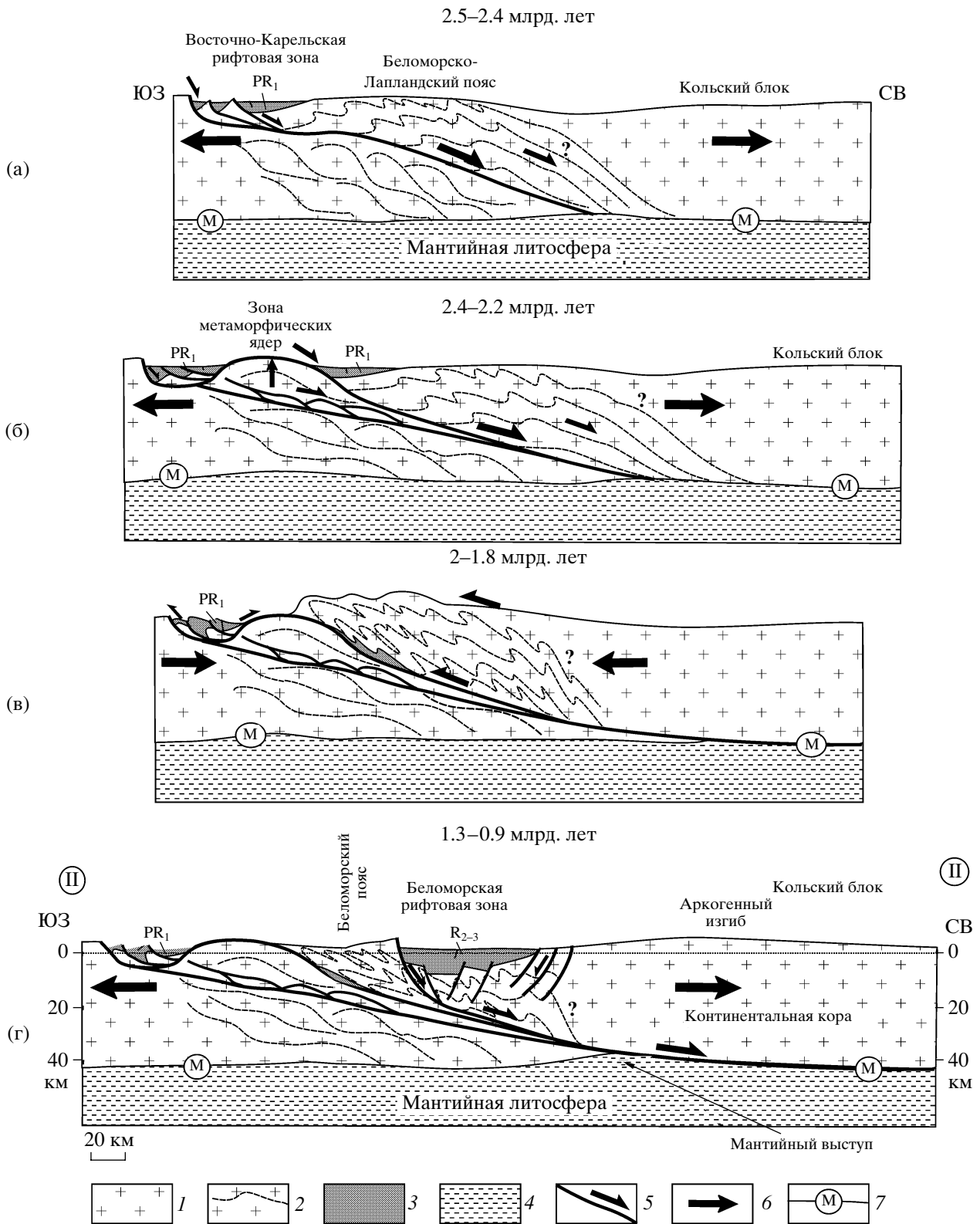


Рис. 2. Стадии развития Беломорской подвижной системы в начале палеопротерозоя (а, б), на свекофенском этапе (в) и среднем рифее (г) (с использованием данных [1, 3, 4]). 1 – континентальная кора; 2 – образования Беломорско-Лапландского подвижного пояса; 3 – вулканогенно-осадочные породы рифтогенных впадин; 4 – мантийная литосфера; 5 – разрывы и направления смещения по ним; 6 – направления сжатия и растяжения; 7 – поверхность Мохо.

Кольского и Карельского массивов вся система была вовлечена в складчато-надвиговые деформации режима транспрессии (рис. 2в). Формировавшиеся при этом покровы и надвиги наследовали плоскости пологих сбросов и срывов. В среднем и позднем рифее в связи с активизацией сквозьлитосферного пологого разрыва на месте Беломорского коллизийного пояса заложилась новая рифтовая система, сместившаяся относительно палеопротерозойской к северо-востоку (рис. 2г). Ее формирование также определялось механизмом простого сдвига. В дальнейшем система неоднократно испытывала активизацию в среднем палеозое и кайнозое в режиме трансстени.

Приведенные сведения о строении Беломорской и Среднерусской рифтовых систем характеризуют их как телескопированные, периодически возобновляемые тектонические образования, размещенные в пространстве и эволюционирующие под четким структурным контролем. Развитие данных структур по механизму простого сдвига, по-видимому, достигает стадии формирования генетически связанных метаморфических ядер и впадин, что указывает на высокую степень растяжения верхней коры, компенсированного процессами течения вещества в нижней коре. Все это может свидетельствовать о развитии рифтогенеза в рамках пассивной модели, а также о зрелой стадии эволюции рифтовых систем, соответствующей этапу формирования области экстремального растяжения (в понимании [5]).

Теперь на уровне гипотез рассмотрим следующие вопросы. Что является фактором синхронного формирования рифтов на огромных территориях и почему они образуют сопряженные транснессионные системы?

В целом для территории ВЕП рифтогенные системы составляют мегаструктурный рисунок, имеющий конфигурацию правосторонней спирали, “закрученной” по часовой стрелке (см. рис. 1а). По отношению к рифейским структурам этот рисунок является более древним и, видимо, связан с особенностями коллизийных процессов в раннем докембрии. В нашем построении важно, что эта спиралевидная структура была унаследована в процессе рифейского рифтогенеза. Веерный структурный рисунок Беломорской и Среднерусской рифтовых систем, а также левосдвиговая составляющая перемещений при их раскрытии могут быть увязаны с “ножницеобразным” характером перемещения обрамляющих их блоков и с вращением Карельского массива по часовой стрелке (см. рис. 1а). Можно предположить, что веерная конфигурация, присущая многим другим рифтам ВЕП, также связана с дифференцированным вращением блоков фундамента ВЕП. В свою очередь, вращение отдельных блоков может

быть следствием их инерционного поведения при общем вращении ВЕП.

Перечисленные выше особенности рифейских рифтов ВЕП согласуются с палеомагнитными данными. Последние показывают, что континентальный рифтогенез рифейского времени в пределах ВЕП проявился после того, как литосферная плита в процессе перемещения с севера на юг пересекла палеоэкваториальный “горячий пояс” и, изменив направление дрейфа с юга на север, испытала при этом поворот против часовой стрелки [1]. Вращение Русской плиты в направлении, противоположном ее правоспиральной внутренней структуре, должно было вызвать эффект разгрузки и раскрытия спиралевидной пружины с соответствующим формированием веерообразных раздвиговых структур, наследующих раннедокембрийские зоны нарушений.

Как показывают данные моделирования, в условиях вращения формируется система спиралевидных сдвигов [2], аналогом которых для ВЕП могут являться зоны транспрессии и коллизии различных блоков фундамента. На рис. 1б упрощенно показана конфигурация этих зон при условии вращения по часовой стрелке. Если эти условия сохраняются, то составляющие систему блоки испытывают схождение и граничное сжатие – коллизию. При обратном вращении против часовой стрелки блоки расходятся и между ними формируются веерообразные рифтовые системы (рис. 1в).

ВЫВОДЫ

В целом для рифейских рифтовых систем ВЕП представляется характерным иерархический ряд взаимосвязанных явлений: общее вращение плиты, веерный характер раскрытия спиралевидной системы древних нарушений, сдвиго-раздвиговые перемещения, сопряженные с вращением блоков фундамента, формирование рифтов по механизму простого сдвига. Можно предполагать, что вращение ВЕП против часовой стрелки предопределяло сопряженно-синхронное развитие рифтовых систем на огромной территории. Ротационным фактором такого ранга могут быть объяснены устойчивая связь раздвиговой и сдвиговой составляющих перемещения, дифференцированное вращение различных блоков фундамента ВЕП и связанный с этим процессом веерообразный структурный рисунок рифтовых систем. По-видимому, активизации процессов рифтогенеза также способствовали смена направления перемещения Русской плиты и ее положение в пределах “горячего пояса” Земли [1]. Последнее могло способствовать повышению пластичности и горизонтальному тектоническому течению нижнекорового слоя, компенсирующего растяжение верхней коры при

трансформации континентальных рифтов в области экстремального растяжения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 00-15-98531 (научная школа) и 01-05-64281, а также гранта 303 6-го конкурса-экспертизы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балуев А.С., Моралев В.М., Глуховский М.З. и др.* // Геотектоника. 2000. № 5. С. 30–43.
2. *Бондаренко П.М.* В кн.: Сдвиговые тектонические нарушения и их роль в образовании месторожде-
- ний полезных ископаемых. М.: Наука, 1991. С. 37–52.
3. Глубинное строение и эволюция земной коры восточной части Фенноскандинавского щита: профиль Кемь–Калевала / Под ред. Н.В. Шарова. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2001. 194 с.
4. *Колодяжный С.Ю.* // ДАН. 2001. Т. 381. № 1. С. 97–102.
5. *Леонов Ю.Г.* // Геотектоника. 2001. № 2. С. 3–16.
6. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Науч. мир, 2001. 606 с.
7. *Чамов Н.П., Костылева В.В., Горбачев В.И. и др.* // Геотектоника. 2002. № 3. С. 7–19.
8. *Wernicke B.* // Can. J. Earth Sci. 1985. V. 22. P. 789–795.