

УДК 551.24.031

РОТАЦИОННАЯ ПРИРОДА ТЕКТОНОГЕНЕЗА ОКРАИН КОНТИНЕНТОВ И РАСПАДА ЛАВРАЗИЙСКОГО И ГОНДВАНСКОГО СУПЕРКОНТИНЕНТОВ

© 2007 г. В. П. Уткин

Представлено академиком Ю.М. Пушаровским 25.08.2006 г.

Поступило 13.09.2006 г.

Роли ротации Земли в планетарной тектонике посвящены многочисленные фундаментальные труды, опубликованные главным образом до господства в науке парадигмы тектоники литосферных плит. В вегенеровской ротационной модели дрейфа континентов существовала проблема уровней их срыва. Ю.М. Пушаровский [9] на основе анализа обширных материалов, прежде всего сейсмоотомографии, разработал новую модель строения мантии с ее тектонически обособленными геосферами, проскальзывание которых относительно друг друга обусловлено, как предполагал А.В. Пейве, ротационными факторами. Эта модель, по нашему мнению, снимает проблему уровней срыва континентальных масс и позволяет глобальные тектоно-геодинамические задачи решать, развивая вегенеровскую теорию дрейфа континентов.

Неоспоримым фактом латеральных перемещений крупных блоков литосферы являются сдвиги, амплитуды смещений по которым, как известно, достигают многих сотен, а суммарные по сдвиговым зонам и первых тысяч километров. Есть основание считать, что сдвиги отражают направления, величины и время перемещений ограниченных ими континентальных фрагментов и континентов в целом. Такой подход был использован при обосновании латеральных смещений континентов северного полушария [1, 11]. К настоящему времени результаты этих длительных исследований приобрели наиболее завершенную форму в виде создания новой геодинамической модели тектоногенеза окраин континентов и распада Лавразийского и Гондванского суперконтинентов как следствие неравномерного вращения Земли.

П.С. Воронов [1], систематизируя сдвиги, выделил в северном полушарии периокеанические

правые и левые глобальные сдвиговые зоны (ГСЗ), не пересекающие друг друга, сформированные синхронно вследствие ротационно обусловленного течения (геофлюкции) континентальных масс в направлении экватора. Проследивание сдвиговых систем на всем протяжении континентальных окраин позволило выделить окраинно-континентальные левые и правые ГСЗ, соответственно, северо-восточного и северо-западного простирания, сходящиеся под прямым углом у экватора [11, 12] (рис. 1). Важной особенностью является наложение ГСЗ на зоны окраинно-континентального орогенного скупивания континентальных масс, отвечающего дислокациям фронтальных поясов сжатия (ФПС), и в обратной последовательности. Вместе с тем наблюдается генеральная синхронность активизации ГСЗ одной окраины континента с формированием ФПС на смежной окраине. Например, скупивание масс в Альпийско-Гималайском ФПС (рис. 1) происходило в основном начиная с первой половины мела до миоцена [6], синхронно наиболее значительной активизации Восточно-Азиатской ГСЗ [11, 12], левосторонние сдвиги которой на сотни километров (Центральный Сихотэ-Алинский, Тань Лу и др.) могут интерпретироваться как следствие смещений Азиатского континента на юго-запад в направлении ФПС. Сокращение ширины Альпийско-Гималайского ФПС оценивается от 1 до 3–4 тыс. км [5, 10], а суммарного сдвига по Восточно-Азиатской ГСЗ от 1.5 до 3–6 тыс. км [12, 15]. Практически полная идентичность количественных оценок латеральных перемещений в ФПС и ГСЗ подтверждает их возможное развитие как структурных парагенезов. В Северном Ледовитом океане тектоническая деструкция континентальной коры в виде раздвигов, растяжения, распада и оседания произошла в мезозое и кайнозое с образованием котловин Бофорта, Нансена и Амудсена, которые можно считать тыловыми структурами растяжения (ТСР), сформированными в основном синхронно с ГСЗ и ФПС в результате смещения Евразийского континента на юг-юго-запад (рис. 1).

*Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток*

Европейско-Американская ГСЗ представлена системами северо-восточного простирания левых сдвигов восточной окраины Северной Америки и западной окраины Европы (рис. 1). Это Аппалачская трансконтинентальная система глубинных сдвигов [7], в которую входят сдвиги Ньюфаундленда (Кобат, Рич, Люкс-Арм и др.), сдвиги Шотландии, наиболее известным из которых является Грейт-Глен, сдвиги вдоль берегов Норвегии и Шпицбергена, а также на Балтийском щите. Формирование сдвигов началось в позднем палеозое, но их активность продолжалась и в более позднее время, до кайнозоя включительно. Левые сдвиги – следствие смещений Сев. Америки на юго-запад, в основном до образования рифта Атлантического океана, наложенного на ГСЗ. Синхронно формировался Северо-Американский ФПС (рис. 1), где скучивание континентальных масс началось в палеозое, а главная орогения с формированием Кордильер происходила в позднем мезозое и начале кайнозоя, отражая время наиболее существенных смещений континента вдоль Европейско-Американской ГСЗ. Синхронно этим событиям ТСР обусловили отделение Гренландии от Сев. Америки и формирование между ними системы грабенов, выполненных мезозойскими отложениями с проявлением в палеогене базальтоидного магматизма на дне моря Баффина и Девисова пролива.

В отличие от северо-восточных левых ГСЗ, ГСЗ северо-западного простирания характеризуются как системы преимущественно правых сдвигов (рис. 1), активных от палеозоя до плейстоцена. Северо-Американская ГСЗ представлена правыми сдвигами (амплитуды смещений, км): Сан-Андреас (725), Тинтина (425–500), Нортан-Роки (750–900), Тибери и Кучо (200), Фрейзер (110–190), Девали (400), Чатэм-Стрэйт (150–200) и др. Современная активизация правосторонних сдвигов по разлому Сан-Андреас широко известна. Амплитуда правых сдвигов Тинтина и Нортан-Роки (до 900 км) определена по смещению границы среднедевонских карбонатных и сланцевых фаций, охарактеризованных фауной *Stringospherulus* [14]. Позднемеловые и кайнозойские смещения по этим разломам фиксируются сантон-компанскими, палеоценовыми и эоценовыми осадками в приразломных бассейнах. Очевидно, это время последних импульсов активизации правых сдвигов Северо-Американской ГСЗ, основные смещения по которым, по-видимому, происходили в среднем–позднем палеозое, что подтверждается синхронным формированием Аппалачско-Скандинавского ФПС, ориентированного нормально к ГСЗ (рис. 1).

Евразийская ГСЗ (рис. 1), значительно завуалированная мезозойско-кайнозойскими шарьяжно-надвиговыми структурами Альпийско-Гималайского ФПС, характеризуется развитием пре-

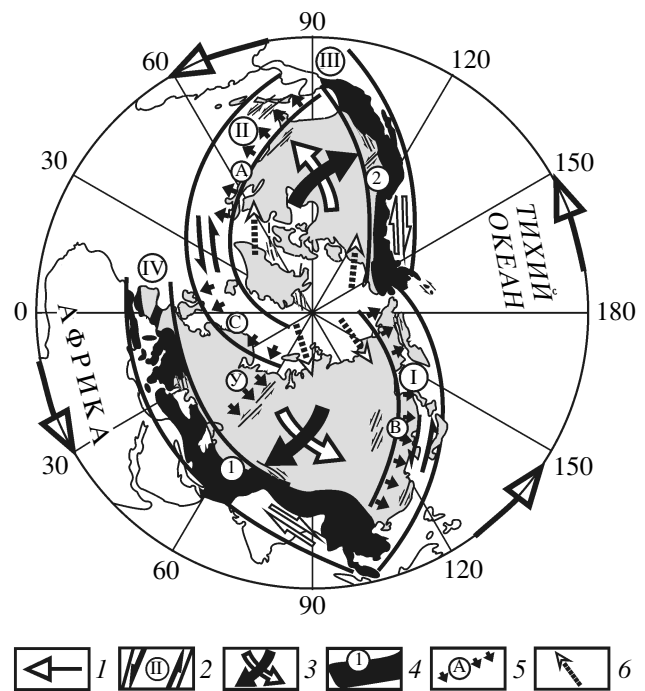


Рис. 1. Глобальные сдвиговые зоны (ГСЗ) и обратимая трансформация геодинамических режимов окраин континентов. 1 – направление вращения Земли; 2 – левые и правые ГСЗ: I – Восточно-Азиатская, II – Европейско-Американская, III – Северо-Американская, IV – Евразийская; 3 – направления смещений континентов в условиях ускорения вращения Земли в мезозое–кайнозое (залитые стрелки) и замедления в палеозое (полые стрелки); 4, 5 – фронтальные пояса сжатия (1 – Альпийско-Гималайский, 2 – Северо-Американский), сформированные в мезозое–кайнозое в условиях ускорения вращения Земли (4) и в палеозое (5 – Восточно-Азиатский, У – Уральский, А, С – Аппалачско-Скандинавский) – в условиях замедления вращения (5); 6 – тыловые структуры растяжения (ТСР).

имущественно правых сдвигов. Из сохранившихся от наложенных дислокацией правых сдвигов известны, например, Северо-Пиренейский, смещение по которому (на несколько сотен километров) произошло в конце герцинской эпохи [4]. Смещение Евразии в палеозое на юго-восток подтверждается синхронным формированием Уральского и Восточно-Азиатского ФПС, ориентированных нормально к ГСЗ (рис. 1). Формирование Уральского ФПС выразилось в поддвиге кристаллической Восточно-Европейской платформы под покровные структуры Западного Урала. Восточно-Азиатский ФПС проявлялся, возможно, надвиганием континента на Тихоокеанскую плиту по зонам Беньюфа, что подтверждается развитием в палеозое на восточной окраине Азии складчатой системы субмеридионального простирания, структуры которой, как установлено [13], значительно разрушены и завуалированы наложенными мезозойско-кайнозойскими левосдвиговыми дислокациями Восточно-Азиатской ГСЗ.

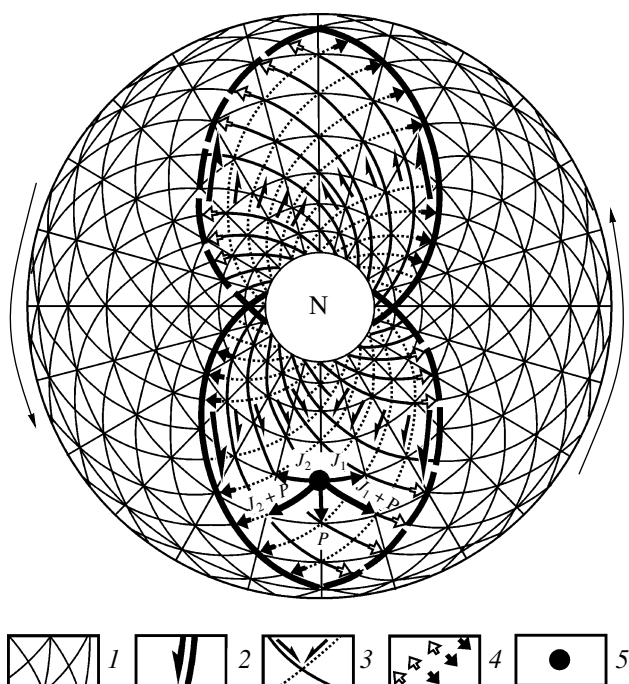


Рис. 2. Физическая модель формирования планетарной трещиноватости в неравномерно вращающемся шаре [2, 3] и развитие в этих геодинамических условиях ГСЗ и ФПС. 1 – планетарные системы диагональной и нормальной трещиноватости; 2 – окраинно-континентальные ГСЗ и направления смещений вдоль них континентов в зависимости от ускорения ($J_2 + P$) или замедления ($J_1 + P$) вращения Земли; 3 – внутриконтинентальные сдвиги, синхронные активизации окраинно-континентальных ГСЗ идентичной ориентировки; 4 – окраинно-континентальные фронтальные пояса сжатия (ФПС), сформированные в условиях ускорения (залитые стрелки) и замедления (полые стрелки) вращения Земли; 5 – элементарная единица континентальной массы, направление смещений которой обуславливается суммарным эффектом полюсобежных (P) и инерционных (J) сил (J_1 – вектор инерционных сил в условиях замедления и J_2 – ускорения вращения Земли).

Амплитуды ГСЗ, как показано, достигают первых тысяч километров и предполагают наличие горизонтальных срывов континентальных масс на разных уровнях, что аргументированно обосновал Ю.М. Пущаровский [9], которые вместе с ГСЗ, ФПС и ТСП образуют глобальные структурные парагенезы (ГСП). Все особенности развития ГСП объясняются неравномерным вращением Земли.

Положение ГСЗ относительно оси вращения Земли, как и их сопряжения под прямым углом у экватора (рис. 1), мало чем отличаются от подобных характеристик диагональных систем глобальной трещиноватости, формирование которой исследователи связывают с напряжениями ротационной природы [2, 3 и др.] (рис. 2). По-видимому, не случайно с этой точки зрения и сходжение ГСЗ у экватора на одном и том же мериди-

ане (рис. 1). Известно, что в условиях неравномерного вращения Земли, наряду с постоянно существующими полюсобежными силами, направленными от полюсов к экватору, возникают инерционные силы, действующие вдоль параллелей. Вектор последних меняется в зависимости от ускорения или замедления вращения Земли: в первом случае эти силы направлены на запад, а во втором – на восток (рис. 1, 2). Суммарный эффект полюсобежных и инерционных сил наблюдается в чередующихся смещениях континентов вдоль ГСЗ разных направлений (рис. 2). В условиях ускорения вращения Земли активизируются левосторонние ГСЗ северо-восточных направлений, в смещении вдоль которых континенты, наряду с их движением к экватору, присутствует и западная составляющая. Напротив, при замедлении вращения активизируются правосторонние ГСЗ северо-западных направлений с составляющей восточного дрейфа континентов. В обоих случаях активизации ГСЗ сдвиговый геодинамический режим смежных ГСЗ трансформируется в ФПС, в развитии которых большую роль играет активизация внутриконтинентальных сдвигов, параллельных простиранию синхронно активизированных окраинно-континентальных ГСЗ (рис. 2). В латеральных перемещениях поочередно активизируются всего две системы левых и правых ГСЗ, которых достаточно (энергетическая целесообразность), чтобы континенты быстро реагировали на новые геодинамические обстановки, созданные изменением скорости вращения Земли. В смещенных по ГСЗ континентах сохраняется ориентировка диагональных систем трещиноватости, что объясняет ее планетарную стабильность, которую ошибочно используют как факт, противоречащий мобилизму. В условиях замедления вращения Земли вектор инерционных сил направлен на восток, что может привести к явлениям трансформации, например правосторонней Евразийской ГСЗ и левосторонней Восточно-Азиатской ГСЗ, соответственно на лево- и правосторонние. Такого рода признаки трансформации сдвигов в этих ГСЗ проявлены.

Палинспастической реконструкцией мезозойских левосторонних смещений Сев. Америки вдоль Американско-Европейской ГСЗ Лавразия восстанавливается в ее домезозойских очертаниях, а Северо-Американская и Евразийская ГСЗ образуют единую Лавразийскую ГСЗ, которая находит продолжение вдоль окраины реконструированной Гондваны и в целом может называться Лавразийско-Гондванской ГСЗ (рис. 3). Смещение Лавразии в палеозое на юго-восток вдоль одноименной ГСЗ происходило при замедлении вращения Земли и сопровождалось синхронным формированием окраинно-континентальных ФПС: Американско-Европейского (Аппалачско-Скандинавского), Европейско-Азиатского (Уральского) и Восточно-

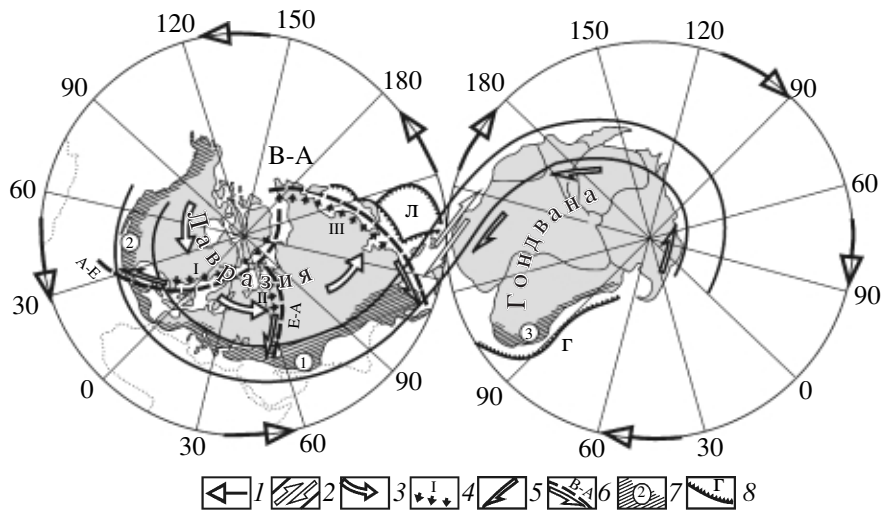


Рис. 3. Ротационная модель распада Лавразии и Гондваны. 1 – направление вращения Земли; 2 – Лавразийско-Гондванская правая ГСЗ; 3, 4 – направление смещения Лавразии в условиях замедления вращения Земли в палеозое (3) с синхронным формированием окраинно-континентальных ФПС (4): Американско-Европейского (I), Европейско-Азиатского (II), Восточно-Азиатского (III); 5–7 – направления смещений континентов в условиях ускорения вращения Земли в мезозое–кайнозое: Гондванских (5) и Лавразийских по ГСЗ (6) – А-Е – Американско-Европейской, Е-А – Европейско-Азиатской, В-А – Восточно-Азиатской, с синхронным формированием ФПС (7): 1 – Альпийско-Гималайского, 2 – Северо-Американского, 3 – Андийского; 8 – Лавразийская (Л) и Гондванская (Г) ФПС, связь которых с латеральным смещением одноименных суперконтинентов объясняет уникальность Восточно-Азиатских и Андийской зон Бенъофа.

Азиатского (рис. 3). Распад суперконтинентов происходил в мезозое в условиях ускорения вращения Земли с активизацией ГСЗ, вдоль которых, кроме смещений континентов северного и южного полушарий в направлении экватора, присутствует и западная составляющая. Смещаясь вдоль Лавразийско-Гондванской ГСЗ, отдельные части Гондванского суперконтинента (Антарктида, Австралия, Индия, Африка) в перечисленной последовательности отставали. Ротационный распад Гондваны на отдельные континенты с образованием между ними ТСР подтверждает и тот факт, что за исключением Андийского ФПС, формировавшегося с триаса до кайнозоя, все другие “осколки” древнего континента не несут следов фронтального орогенеза, а характеризуются признаками отрывных границ. В этих же условиях ускорения вращения Земли происходил распад Лавразии с левосторонней активизацией ГСЗ северо-восточного направления (рис. 3). Причем, если Европа и Азия, смещаясь на юго-запад, на своем пути столкнулись с “осколками” Гондваны, то Сев. Америка такого упора не встретила, что привело к ее значительному перемещению с разрывом Лавразийской ГСЗ на две части – Северо-Американскую и Евразийскую.

На фоне длительных, сравнительно плавных изменений скорости вращения Земли, как установлено, происходили резкие скачки, чередующиеся без определенной зависимости, разной величины и с разными знаками, что, по-видимому,

приводило к многократной трансформации геодинамических режимов развития окраин континентов. Предложенная модель построена на основе анализа лишь генеральных различий тектоногенеза окраин континентов и, прежде всего, палеозойского и мезозойского. Однако более детальная корреляция синхронно формировавшихся ГСЗ, ФПС и ТСР, по нашему мнению, позволит уточнить геохронологические рубежи изменений направлений латеральных смещений континентов, обусловленных неравномерным осевым вращением Земли. Безусловно, в этом анализе необходимо учитывать и разновекторные латеральные перемещения континентальных глыб, связанные с внутримантийными конвективными течениями [8] и, прежде всего, на этапе формирования океанических рифтингов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов П.С. Очерки о закономерностях морфологии глобального рельефа Земли. Л.: Наука, 1968. 123 с.
2. Галибина И.В., Каттерфельд Г.Н. В кн.: Проблемы планетологии. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1977. Т. 2. С. 90–96.
3. Долицкий А.В., Кийко И.А. В кн.: Проблемы планетарной геологии. М.: Госиздат, 1963. С. 291–311.
4. Маттауэр М., Анри Ж. В кн.: Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса. М.: Мир, 1977. С. 184–205.
5. Мейен С.В. // Геотектоника. 1969. № 5. С. 3–17.

6. *Пейве А.В., Мишкин А.Л., Зоненшайн Л.Н. и др.* // Геотектоника. 1976. № 5. С. 6–23.
7. *Пейве А.В.* В кн.: Глубинные разломы и мобилизм. М.: Наука, 1977. С. 5–47.
8. *Пуцаровский Ю.М.* // Геотектоника. 2004. № 3. С. 3–12.
9. *Пуцаровский Ю.М.* Тектоника Земли. Т. 1. Тектоника и геодинамика. М.: Наука, 2005. 350 с.
10. *Трюмпи Р.* В кн.: Тектоника Альпийской области. М.: Мир, 1965. С. 173–197.
11. *Уткин В.П.* // ДАН. 1979. Т. 249. № 2. С. 425–429.
12. *Уткин В.П.* // Вестн. ДВО РАН. 1994. № 4. С. 23–37.
13. *Уткин В.П., Неволин П.Л., Митрохин А.Н.* // ДАН. 2003. Т. 389. № 1. С. 75–79.
14. *Gabrielse H.* // Geol. Soc. Amer. Bull. 1985. V. 96. P. 1–14.
15. *Xu J.W., Zhy G., Tong W. et al.* // Tectonophysics. 1987. V. 134. P. 273–310.