

Пр. 7  
В. 588  
119408

---

СТРУКТУРНЫЕ  
ЭЛЕМЕНТЫ  
ЗЕМНОЙ КОРЫ  
И ИХ ЭВОЛЮЦИЯ

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКИ  
СЕРБИЯ БЕОГРАД



тип геосинклинальных систем» [Боголепов, Чиков, 1976] противопоставляется «австрало-азиатскому типу»? В чем логичность такого подхода, когда, по существу, одни и те же геологические образования, в частности складчатые пояса, называются по-разному в зависимости от того, погружены они под воду или нет? Наконец, как надо интерпретировать такую эмпирическую закономерность, когда наблюдается переход по простиранию островных дуг в складчатые пояса континентов, а желобов — в периплатформенные и краевые прогибы континентов? Думается, что на эти вопросы трудно ответить с позиции идей разнотипности структур континентов и дна океанов и, наоборот, они могут получить вполне логичное и непротиворечивое объяснение с позиций однотипности структур континентов и океанов.

**Геофизические модели структуры коры и проблема геологической природы геофизических границ.** Пожалуй, самым трудным препятствием на пути развития идеи об однотипности структур континентов и дна океанов являются геофизические модели структуры коры и прежде всего модели, основанные на данных сейсмического зондирования. С тех пор как М. Юинг и Ф. Пресс проинтерпретировали объективно наблюдаемое повышение сейсмических скоростей на небольшой (2 км) глубине от поверхности дна океана, прошло 30 лет. Эта интерпретационная модель «тонкой океанической коры» не подвергалась никакому сомнению, пока не было изучено поведение сейсмических скоростей в разнотипных разрезах континентов и не обнаружено явление периодичности в сейсмической характеристике разрезов. Оказалось, что зоны повышенных скоростей в разрезе могут неоднократно сменяться зонами пониженных скоростей [Булин, 1982]. Было также обращено внимание на трудности корреляции сейсмических границ с одинаковыми скоростями в условиях отсутствия непрерывности сейсмического профиля от континента к океану. Как только эти вопросы были поставлены, сразу же появилась неуверенность в истинности модели «тонкой океанической коры». Данные сверхглубокого бурения Кольской скважины усилили эту неуверенность в отношении совпадения геологических и геофизических границ, а все, вместе взятое, поставило под сомнение казавшееся незыблемым принципиальное различие в мощности и структуре земной коры континентов и океанов по геофизическим данным. Так или иначе, некоторые специалисты по магнитометрии и гравиметрии совершенно определенно высказались за идею однотипности континентальной и океанической коры по этим геофизическим параметрам [Горшкова, Симоненко, 1974].

Нами очерчен далеко не полный круг проблем, связанных с тектоникой дна океана, но они могут стать отправной точкой для развертывания дискуссии, и тогда задача статьи может считаться выполненной.

С. И. ШЕРМАН

## АКТИВИЗАЦИЯ РАЗЛОМОВ

В процессе развития земной коры ее структурные элементы постоянно трансформируются. На этом представлении базируется выделение и картирование основных структур тектоносферы Земли. К. В. Боголеповым [1971] была предложена такая последовательность развития структур коры: геосинклиналь — протоороген — дейтероороген — платформа. Подобный же эволюционный ряд К. В. Боголеповым и Б. М. Чиковым [1976] установлен и для океанических сегментов коры.

Формирование структурных элементов Земли и их систематика продолжают оставаться важными проблемными вопросами геотектоники [Вотах, 1979].



Развитие и преобразование структурных элементов Земли связано с активизацией. Термин «активизация» широко и неоднозначно используется в геотектонике. Несмотря на разногласия, все исследователи в него вкладывают представление об изменении режима развития. Такой процесс ведет к эволюционному формированию конкретных структур, которое происходит не в одинаковой степени. Одна часть структур характеризуется унаследованностью развития, другая приобретает новые формы и генетическое содержание.

В зависимости от типа геологические структуры различным образом реагируют на процессы активизации, которая, в свою очередь, в той или иной степени изменяет эти первичные образования.

Ниже будут рассмотрены структурные изменения, обусловленные активизацией разломов. Разломы любых масштабных рангов являются результатом необратимых деформаций земной коры. С этой точки зрения они выступают как консервативные структуры Земли. Явления унаследованности в связи с глубинными разломами подробно рассмотрены А. В. Пейве [1965]. Простирание разломов чрезвычайно устойчиво в любых регионах земного шара: всякая последующая тектоническая активизация, независимо от природы вызванных ее тектонических сил, проявляется в подвижках по уже имеющимся в верхней части коры разломам. Заложение разломов нового направления возможно лишь тогда, когда старая сеть не способна в полной мере снять разрядку накапливающихся напряжений. Поскольку в начальные этапы геологического развития любого региона в его верхней части коры формируются разломы двух или более направлений, то, как правило, в нем потенциально затруднено возникновение новой сети. В районах многократной активизации редко выделяют более трех-четырех направлений разломов, но степень их развития различна. По статистике в целом для разломов земного шара существуют не более 8—12 направлений [Муди, Хилл, 1960]. Таким образом, независимо от количества повторных активизаций количество направлений разломов в любом районе земного шара ограничено.

Однако, сохраняя постоянство направления, разломы совершенно не наследуют знак подвижек, что доказано А. И. Суворовым [1968] и вытекает из теоретических соображений [Шерман, 1977].

В силу определенного увеличения гетерогенности и вязкости коры снизу вверх консервативность в направлении разрывов во многом зависит от частоты тектонических подвижек: чем больше время релаксации и чаще тектонические подвижки, тем большую степень унаследованности сохраняет земная кора при растрескивании. Благодаря такому свойству коры большинство континентальных рифтовых зон контролируется доминирующими направлениями более древних разломов [Боголепов, 1967; Милановский, 1976; Логачев, Флоренсов, 1977].

Таким образом, активизация тектонического режима развития, как правило, не приводит к существенному изменению сети разломов региона по направлениям.

Активизация существенно влияет на густоту сети разломов.

Геометрически правильный рисунок сети разломов определяется не только выдержанностью направлений систем, но и незначительными колебаниями расстояний между разломами (шагом), образующими систему. Шаг сети разломов оценивается соотношением  $M = kL^c$  [Шерман, 1977], где  $M$  — шаг между разломами длиной  $L$  км,  $c$  — коэффициент, подбираемый эмпирически. В уравнение не входит параметр, каким-либо образом отражающий тектоническую активность, т. е. режим развития (частично он входит в показатель степени  $c$ ).

Однако это не означает, что повторная тектоническая активизация не изменяет плотность разрывов. Во время активизации происходит «выборочное» разрастание разрывов в длину и слияние коллинеарно расположенных мелких трещин в единый магистральный разрыв. При этом па-



параллельные мелкие разрывы, находящиеся в зоне динамического влияния вновь образованной структуры, не будут испытывать существенного роста. Новая пара разрастающихся коллинеарно расположенных трещин будет располагаться на расстоянии  $M$  от первой. Естественно, весь процесс будет происходить одновременно, что хорошо показано на моделях С. А. Борняковым [1981].

Рост магистральных разрывов приводит к увеличению их длины и, следовательно, ранга. Иными словами, два или больше коротких разрыва 1-го ранга, сливаясь, образуют длинный разрыв 2-го ранга, но одновременно зарождаются новые дизъюнктивы 1-го ранга. Новая активизация влечет дальнейшее развитие структуры на 1—2 ранга, т. е. появляются дислокации 3—4-го ранга длины, вместе с ними развиваются 3-й и 2-й ранги, и образовавшиеся вакансии заполняет 1-й ранг. Общая плотность разрывов на единицу площади растет.

Таким образом, тектоническая активизация ведет к удлинению дислокаций и увеличению их общей плотности. Заметим, что удлинение дислокаций разных направлений происходит неодинаково. Как правило, преобладает в развитии какое-то одно простирание, дислокации других простираний развиваются менее активно.

Более сложно происходит рост дислокаций на глубину. В связи с тем, что прочность горных пород увеличивается с увеличением горного давления, при прочих равных условиях разрастание разрывов по простиранию будет происходить быстрее, чем на глубину. С ростом длин разрывов  $L$  будет изменяться соотношение глубины  $H/L$  [Шерман, 1977]. Наличие горизонтальных неоднородностей, особенно в верхней части коры, еще более нарушает названное соотношение в сторону уменьшения значения  $H/L$ . Активизация разломов не всегда ведет к существенному увеличению глубины их проникновения. Вот почему в районах с высокой кайнозойской активизацией можно встретить весьма протяженные (сотни и тысячи километров) разломы, не контролируемые магматическую деятельность и, по геофизическим данным, не проникающие глубоко.

Уменьшение вязкости пород с глубиной играет большую роль в факторе глубины проникновения разломов. В данном случае речь идет об очень протяженных генеральных разломах, проникающих в верхнюю мантию Земли. Известно, что время релаксации напряжений в верхней мантии определяется вязкостью и оценивается в 10—10 000 лет. Для верхней мантии под рифтовыми зонами оно не превышает 10—100 лет [Шерман, 1977]. Последнее означает и ограниченное временное существование разломов на самых нижних горизонтах земной коры и в верхней мантии, если поле напряжений периодически не генерируется, т. е. не возникает активный источник действующих сил. Следовательно, проявление глубинного разлома на поверхности Земли по комплексу геологических признаков еще не означает, что разлом проникает очень глубоко.

Длительность существования «корней» разломов на глубине связана с их многократной активизацией. Чем чаще активизируется территория, тем дольше существуют нижние глубокие корни разломов. Длительное, в течение нескольких тектонических циклов, активное существование разлома способствует превращению его в пограничную структуру между структурными ярусами, областями разновозрастной складчатости или в границу внутриконтинентальных плит.

Если же процесс активизации не затрагивает зоны глубинных разломов, они в своих наиболее глубоких частях постепенно релаксируются и перестают отвечать в полном объеме требований понятию «глубинный разлом», хотя на земной поверхности продолжают фиксироваться комплексом геологических признаков. Следовательно, активизация способствует длительному существованию корней разломов, в меньшей степени она влечет за собой увеличение глубины их проникновения.

Разломы характеризуются зоной динамического влияния. Ее ширина



определяется рангом длины разлома и мощностью деформируемого слоя коры [Шерман и др., 1983]. Эксперименты показывают, что повторная активизация не увеличивает ширины зоны динамического влияния разломов. Максимальная зона влияния разломов, где фиксируются связанные с разломом оперяющие необратимые деформации, формируется в инициальные этапы развития магистрального разрыва. Повторные подвижки не увеличивают ее мощности.

Активизация геологических структур — серьезный и важный тектонический процесс. С ним в геологии связываются многие практически важные явления — от формирования принципиально новых структур до проявления новых процессов и отложения полезных минеральных ассоциаций. Не малую роль здесь играют и разломы. Была рассмотрена только одна сторона проблемы — влияние активизации на основные параметры разломов. Как оказалось, в целом активизация увеличивает только общую плотность разломов, не затрагивая в основном их других параметров.

Таким образом, в эволюционном ряду развития структурных элементов Земли разломы следует рассматривать как наиболее консервативные структуры.