Записки Санкт-Петербургского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова
1992. Т. 134

УДК 550.14:551.311

Е.Г.ЖЕМЧУЖНИКОВ

# АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР СПРЕДИНГА В ОКЕАНИЧЕСКИХ РИФТАХ

На примере двухслойной модели тектоносферы в океанической рифтовой зоне выделены основные этапы раскола литосферных плит. Приведен качественный вид эпюр нормальных напряжений в теле тектоносферного пакета. Дана модель процесса охлаждения плит в праразломной области. Делается вывод о автоколебательном характере эволюции тектоносферы в рифтовой зоне. Приводится схема соответствующего механизма.

В некоторых исследованиях [1, 3, 6] отмечается явный характер пульсирования тектономагматической активности, спрединга, в рифтовых зонах. Это связывается чаще всего с периодическим проваливанием кусков литосферы в опустевшие магматические очаги; разрыванием ее растекающимся потоком астеносферы; раскалыванием литосферы при ее соскальзывании с астеносферного выступа и т.п., - в зависимости от выбранного геодинамического механизма эволюции рифтовой зоны. В этих случаях надо предположить, что причина разрывов тектоносферы проявляется тоже дискретно, т.е. имеет место периодичность извержения лавы, изменения скорости потока астеносферы, высоты диапира и т.д. В этом случае необходимы исследования более глобальных (и глубинных) процессов, а, значит, и более умозрительных. Либо при равномерном подводе энергии из недр Земли реализуется автоколебательный механизм, дающий на выходе дискретный спрединг. Именно второе предположение рассматривается в данной статье. Причем в качестве автоколебательной системы берется вполне физическая, по мнению автора, схема разрывных термоупругих колебаний, эффективно работающая, например, при физическом выветривании горных пород.

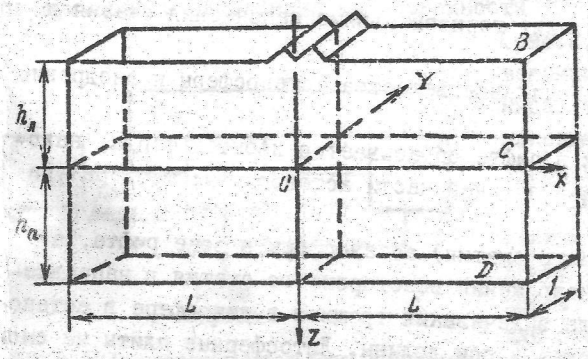



Рис.1. Двухслойный тектоносферный пакет в океанической рифтовой зоне

Опишем модель тектоносферы и введем ее основные параметры. В качестве объекта

исследования возьмем область тектоносферы в рифтовой зоне в форме прямоугольного параллелепипеда, состоящего из слоев литосферы и астеносферы (рис.I). Выберем систему отсчета: начало координат расположим на плоскости $C$ на оси спрединга, ось $Y$ направим по простиранию рифтовой зоны, ось $Z$ вертикально вниз, ось $X$ перпендикулярно осям $Y$ и $Z$. За начальный момент времени примем начало разрыва литосферы. Геометрические размеры области составляют: по оси $X - 2L$, по оси $Y - I$, толщину литосферы $h_л$ и астеносферы $h_а$ в пределах рифтовой зоны положим неизменной. В качестве основных физических параметров отметим коэффициенты температуропроводности и теплового линейного расширения, а также модули Юнга слоев.

Литосфера и астеносфера обладают в разной степени всеми реологическими свойствами: упругостью, пластичностью, вязкостью, прочностью. Термоупругие напряжения, действующие в модели, разделим на нормальные $\sigma_X$, $\sigma_Z$, появляющиеся в связи со стесненными условиями расширения астеносферы, и касательные $\tau_{XZ}$, обусловленные неравномерным латеральным расширением слоев из-за различия температурных колебаний в них при разрыве тектоносферы. В течение цикла спрединга, исключая время трещинообразования и залечивания разрыва, полагаем границы $B$, $C$, $D$ фиксированными по $Z$. Ограничимся рассмотрением двумерной модели рифтовой зоны, т.е. предположим неизменность физических и геометрических параметров по оси $Y$, что на малых протяженностях вполне соответствует реальной картине. Исходя из предположения о бо́льших значениях термической „инертности" и жесткости литосферы по сравнению с астеносферой [2], в данной статье предлагается механизм квантования спрединга.

Приведем качественное описание этапов одного цикла спрединга:

I. При поступлении тепла из недр Земли астеносфера нагревается и расширяется по латерали и вертикали.

2. Литосфера ввиду тепловой „пассивности" расширяется в меньшей степени, чем астеносфера, и по достижении предела прочности на разрыв трескается.

3. Борта образовавшейся трещины отдаляются друг от друга из-за упругого сокращения приразломных краев литосферных плит, что приводит к декомпрессии глубинных горизонтов тектоносферы. Заметим, что непосредственно под сокращающимися краевыми частями плит горизонтальные напряжения сжатия в астеносфере возрастают.

4. Декомпрессия приводит к выплавке вещества астеносферы и внедрению его в образовавшуюся трещину.

5. Интенсивным магматизмом в рифте сбрасывается избыток тепла, накопившийся в спокойную фазу цикла в верхней части астеносферы; температура падает.

6. Из-за остывания (теплового сжатия) астеносферы в зоне рифта, а также положительного перепада напряжения всестороннего сжатия в направлении край плиты - ось рифта после залечивания трещины в литосфере в астеносфере осуществится подток вещества к оси долины. Литосферные плиты не смогут вернуться в исходное положение, ибо между ними уже будет находиться затвердевший участок новой океанической литосферы. Далее цикл повторяется.

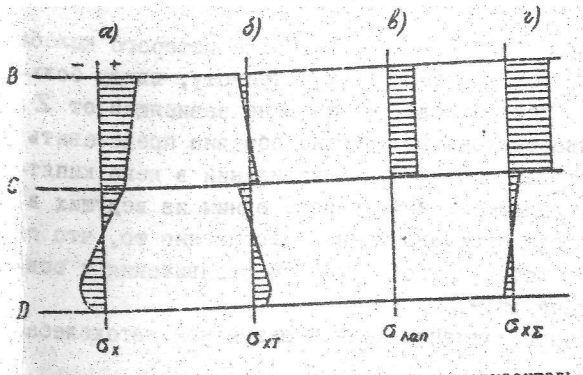



Рис.2. Качественный вид эпюр нормальных горизонтальных напряжений в теле пакета

Рассмотрим качественные картины эпюр напряжений $\sigma_X$ и $\sigma_Z$ в осевом сечении литосферы и астеносферы, а также возможные пути их количественной оценки. Лито- и гидростатические напряжения, т.е. фон всестороннего сжатия, пока учитывать не будем.

По мере нагрева тектоносферы теплом, поступающим из внутренних геосфер, лежащих ниже поверхности $D$, „пассивная" литосфера будет растягиваться „активной" астеносферой, максимальные $\sigma_X$ будут в кровле литосферы и нижней части астеносферы; с ростом $Z$ будет падать размах колебаний $T$, а значит, уменьшаться термоупругие деформации. Для количественной оценки необходимо рассчитать тепловой изгиб двухслойной балки малой кривизны, а затем возврат ее в исходное состояние чистым изгибом (рис.2,а). Условимся напряжение растяжения отмечать знаком плюс. Наряду с $\sigma_X$ необходимо учесть $\sigma_{XT}$ – термические напряжения, возникающие в „биметаллической" балке, т.е. в тектоносфере (рис.2,б). Они вычисляются по известным формулам, приведенным в работе [5]. Кроме того, при распирании литосферы изнутри расширяющейся астеносферой в первой возникает лапласово напряжение растяжения $\sigma_{Лап}$. Литосферу можно считать тонкой оболочкой, поскольку $h_л \ll R_C$ (где $R_C$ – радиус кривизны поверхности $C$). Окружное напряжение для кругового цилиндра, т.е. для выбранной двумерной модели: $\sigma_{Лап} = -\sigma_Z R_C / h_л$ (рис.2,в). Для нахождения $\sigma_Z$ необходим расчет напряжения сжатия в нагреваемом стержне с фиксированными концами, т.е. в вертикальном цилиндрическом столбце астеносферного слоя. Следует иметь в виду, что положение нейтральных линий на рис.2 выбрано условно. Однако достаточно очевидно усиление растяжения литосферы на поверхности $B$ (за счет большего значения $\sigma_{Лап}$), а также скачок суммарного напряжения на поверхности $C$, что видно на итоговой эпюре (рис.2,г). Следовательно, реальны взаимные смещения слоев по их границе [7]. По достижении суммарным напряжением предела прочности литосферы на разрыв последняя трескается.

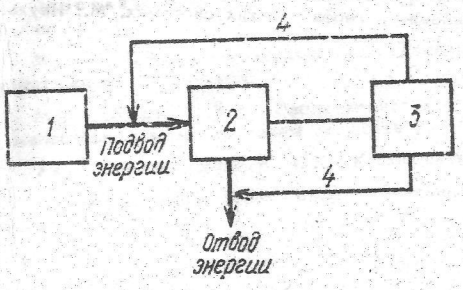



Рис.3. Схема автоколебательного механизма спрединга

Тепловую эволюцию модели представим как следствие действия мгновенного (относительно периода спрединга) поверхностного теплоотвода для полупространства [4]. Плоскости его действия – борта трещины или ослабленной зоны, проникающей до глу-

бины $h_л + h_a$ (где $h_a$ – толщина слоя астеносферы, ниже которого колебанием температуры пренебрегаем). Отбираемую удельную теплоту, ввиду большой интенсивности конвективного теплоотвода, считаем не зависящей от $Z$.

Итак, единичный акт разрыва тектоносферы можно образно представить раскалыванием толстостенного стакана при быстром наливании в него кипятка. Является ли изложенный автоколебательный процесс одним из ведущих в механизме спрединга, говорить пока преждевременно; несомненно то, что он может работать, накладываясь на любой другой механизм раздвижения и совместно с ним определяя дискретный ритм.

В заключение отметим основные элементы данной разрывной автоколебательной системы [8]:

1) источник энергии (теплогенерирующие процессы в недрах Земли);

2) накопитель энергии, колебательная система (астеносферный слой в зоне рифта);

3) клапан, регулирующее устройство (способность литосферы в рифтовой зоне к разрыву);

4) обратная связь (убыль расплава из астеносферы и ее охлаждение по осевой плоскости – рис.3).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. Куренков С.А., Перфильев А.С. Спрединг в океанических и континентальных структурах // Актуальные проблемы тектоники океанов и континентов. М.: Наука, 1987.

2. Ле Пишон К., Франшто Ж., Боннин Ж. Тектоника плит. М.: Мир, 1977.

3. Мирлин Е.Г. Раздвижение литосферных плит и рифтогенез. М.: Недра, 1985.

4. Пехович А.И. Расчеты теплового режима твердых тел. Л.: Энергия, 1976.

5. Пономарев С.Д., Андреева Л.Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. М.: Машиностроение, 1980.

6. Пущаровский Ю.М. Мировая рифтовая система – редкое событие в геологии? // Тихоокеан. геол. 1986. № 6.

7. Тектоническая расслоенность литосферы / Под ред. А.В.Пейве. М.: Наука, 1980 (Тр. Геол. ин-та АН СССР; Вып. 343).

8. Чуприянин В.И. Разрывные автоколебания в геофизических системах. М.: Наука, 1985.