

# ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЮВИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСКОЛА КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ И ОКЕАНИЧЕСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПЛАТО КЕРГЕЛЕН.

Агранов Григорий Дмитриевич<sup>1</sup>, Дубинин Евгений Павлович<sup>2</sup>, Грохольский Андрей Львович<sup>2</sup>, Данилов Ярослав Анатольевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет*

<sup>2</sup> *Музей землеведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова*

## **Введение**

Проблема взаимодействия спрединговых хребтов с горячими точками (ГТ) и плюмами и создаваемыми ими крупными магматическими провинциями (КМП) широко обсуждается в научной литературе. На нашей планете есть немало древних и современных примеров подобного взаимодействия. Наиболее ярким и хорошо сохранившимся примером древнего взаимодействия является столкновение развивающегося Юго-Восточного Индийского спредингового хребта и плато Кергелен, которое произошло около 43 млн лет назад. Следствием которого стало разделение единого плато Кергелен на две части: собственно, плато Кергелен и хребет Броукен. Горячая точка Кергелен, благодаря которой около 120 млн лет назад сформировалась магматическая провинция и подводное плато, уже не действует (или находится на стадии минимальной активности).

Еще одна проблема, затронутая в данной работе – развитие рифтовой оси при наличии границы между древней океанической и континентальной литосферами с образованием крупной положительной структуры на первых этапах раскрытия. Примером подобной ситуации является Австрало-Антарктический сектор Индийского океана, в котором в пределах древней океанической коры, при раскрытии, образовались сопряженные хребты Диамантина-Лабуан. Раскрытие между Австралией и Антарктидой началось ≈83 миллиона лет назад [4]. До сих пор ходят споры откуда и куда начал развиваться новообразованный Юго-Восточный Индийский хребет, с континента в океан или же наоборот. В данной работе рассмотрена модель раскола первоначально континента и последующее продвижение рифтовой трещины в пределы древней океанической литосферы вплоть до столкновения ее с северной провинцией плато Кергелен и отделения хребта Броукен.

Было проведено моделирование данного процесса в лаборатории физического моделирования Музея землеведения МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работах [1,3].

Эксперименты проводились по 2-м основным направлениям. Первая серия экспериментов была посвящена зарождению трещины и последующему её развитию с образованием трога Диамантина, плато Натуралист и поднятия Брюса. В данной серии задавалась неровная граница континент-океан, благодаря чему при растяжении и развитии трещины образовывались погруженные краевые плато. Вторая серия экспериментов посвящена расколу северной провинции плато Кергелен с отделением хребта Броукен. В данной серии в эксперименте задавалась горячая точка в виде локального источника нагрева (ЛИН) создающего термическую аномалию и магматическую провинцию. Интенсивность термической аномалии и размеры магматической провинции в экспериментах можно варьировать. При растяжении и взаимодействии с рифтовой трещиной спредингового хребта эта новообразованная провинция раскалывалась.

По итогам была проведена комбинированная серия экспериментов, в которой присутствовала как неровная граница между континентальной и древней океанической литосферами, так и горячая точка с магматической провинцией.

Первоначально в модельной литосфере задается неровная граница между континентальной и древней океанической литосферой и ослабленная зона в пределах континента, которая необходима для локализации зоны растяжения и соответствует зоне гиперрастяжения и сильного утонения континентальной литосферы. Перед началом

растяжения включается локальный источник нагрева, имитирующий горячую точку. Далее задается небольшой вырез между ГТ и границей континент-океан, который необходим для создания зоны перекрытия в пределах неровности границы, что в последствии создаст необходимые условия для образования погруженного плато, соответствующего в природе плато Натуралист. Затем запускается электродвигатель и начинается растяжение. Стадии развития рифтовой трещины в эксперименте №2211 показаны на рисунке.

На 1 стадии видно, как трещина зародилась в пределах ослабленной зоны, преодолела модельную границу континент-океан, дошла до ГТ и преодолела её. Все это произошло за первые секунды.

На 2 стадии образовалась единая ось растяжения, в том числе и в пределах магматической провинции. Так же скорость была увеличена до быстрого спрединга.

Между 2 и 3 стадиями была повторно включена горячая точка, но незначительно перемещена выше и с меньшей интенсивностью, нежели в начале.

На стадии 4 в пределах ГТ сформировалась ось спрединга. При сравнении со 2 стадией хорошо видно, что горячая точка “оттянула” к себе рифтовую зону, изменив таким образом геометрию оси. Хорошо видно, что аккреционные валы в пределах действия ЛИН меньше и чаще, по сравнению с валами, образующимся в условиях нормального спрединга вдали от ГТ.

На стадии 5 произошло полное отделение хребта Броукен от плато Кергелен. Хорошо видно, что новообразованный рельеф в более прогретой литосфере в пределах даже слабого воздействия ГТ характеризуется слабой изрезанностью (см. стадию 6 и структурную схему).

На последнем снимке видно, что ось постепенно стремится выпрямиться, а трансформные разломы постепенно компенсируются. Это происходит в первую очередь из-за постоянных перескоков оси спрединга. Так же по последнему снимку была построена структурная схема.

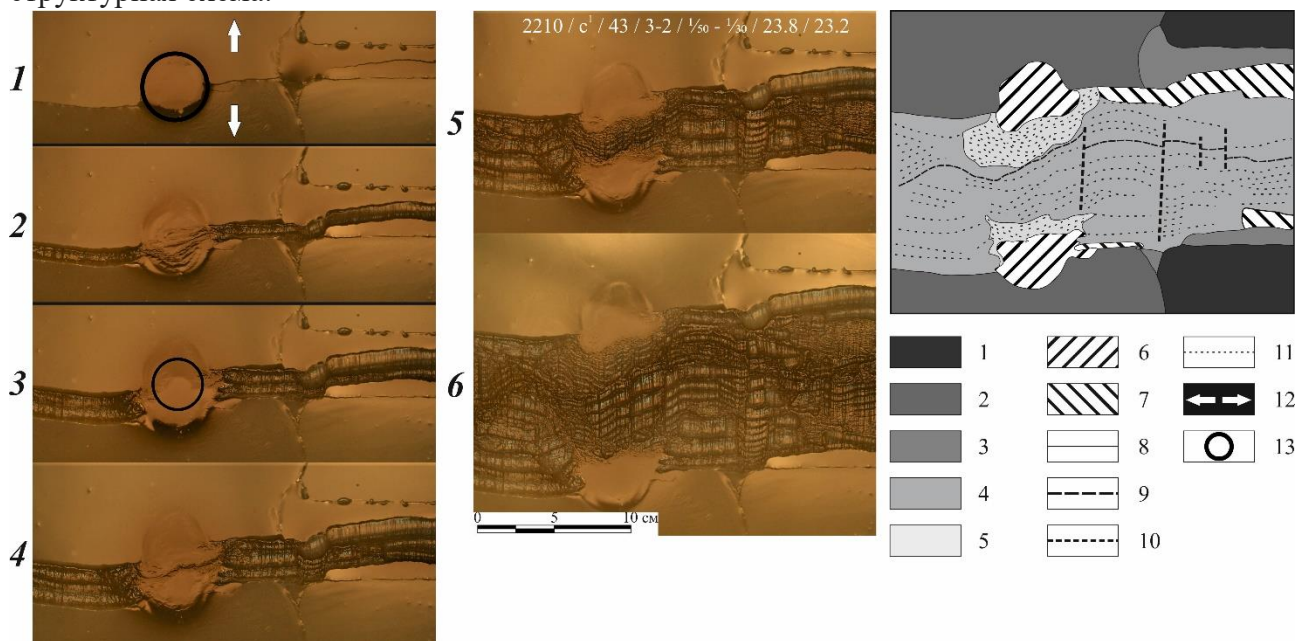


Рисунок Эксперимент №2210. Развитие трещины с континента в древнюю океаническую литосферу при действии горячей точки с дальнейшим расколом магматической провинции и отделением магматического хребта. 1 – 6 – последовательные стадии эксперимента (вид сверху). 7 – структурная схема по результатам моделирования. Условные обозначения: (1) – континентальная литосфера; (2) – древняя океаническая литосфера; (3) – ослабленная зона растяжения в пределах континентальной литосферы; (4) – новообразованная океаническая литосфера; (5) – зона интенсивного влияния горячей точки при аккреции; (6) – излияние под воздействием горячей точки; (7) – зона эксгумации мантии; (8) – границы между зонами; (9) – действующая ось спрединга; (10) – зоны поперечных смещений; (11) – границы между аккреционными валами; (12) – направление растяжения; (13) – зона действия горячей точки.

## **Заключение**

В комбинированной серии экспериментов был получен ряд структур и процессов, имеющих аналог в природе:

1) При начале растяжения трещина зародилась в пределах ослабленной зоны и быстро преодолела границу между древней океанической и континентальной литосферами, сформировав плато Натуралист;

2) На границе древней и новообразованной океанических литосфер сформировались крупные аккреционные валы, которые в природе являются аналогами сопряженных зон Диамантина – Лабуан;

3) При дальнейшем растяжении рифтовая трещина достигла и расколола магматическую провинцию, отделив хр. Броукена;

4) Изменение геометрии рифтовой оси под влияние дискретно активной горячей точки;

Результаты экспериментов хорошо коррелируются с геолого-геофизическими данными и соответствуют современным моделям эволюции данного региона.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-10139).

## **Список литературы**

*Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. Т.1 С.76–94.*

*Лейченко Г.Л., Гусева Ю.Б., Гандюхин В.В., Иванов С.В., Сафонова Л.В. Строение земной коры и история тектонического развития индоокеанской акватории Антарктики // Геотектоника. 2014. Т.1 С.8–28.*

*Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т.10 С.10–19.*

*Whittaker, J. M., S. E. Williams, and R. D. Müller. Revised tectonic evolution of the Eastern Indian Ocean // *Geochemistry Geophysics Geosystem*. 2013. № 14 p. 1 – 14.*