

*РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН*

**ГЕОЛОГИЯ
МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

**Материалы XXV Международной научной конференции
(Школы) по морской геологии**

Москва, 13–17 ноября 2023 г.

Том III

**GEOLOGY
OF SEAS AND OCEANS**

**Proceedings of XXV International Conference on Marine
Geology**

Moscow, November 13–17, 2023

Volume III

Москва / Moscow
ИО РАН / IO RAS
2023

ББК 26.221
Г35
УДК 551.35

Геология морей и океанов: Материалы XXV Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. – М.: ИО РАН, 2023. – 228 с.

В настоящем издании представлены доклады морских геологов, геофизиков, геохимиков и других специалистов на XXV Международной научной конференции (Школе) по морской геологии, опубликованные в четырех томах.

В томе III рассмотрены проблемы геоэкологии, загрязнения Мирового океана, а также проблемы, связанные с геофизикой и геоморфологией дна морей и океанов, тектоникой литосферных плит.

Доклады опубликованы в авторской редакции.
Ответственный редактор к.г.-м.н. Н.В. Политова

Рецензенты
академик Л.И. Лобковский, д.г.-м.н. В.В. Гордеев, к.г.-м.н. Б.В.
Баранов

Geology of seas and oceans: Proceedings of XXV International Conference on Marine Geology. Vol. III. – Moscow: IO RAS, 2023. – 228 pp.

The reports of marine geologists, geophysicists, geochemists and other specialists of marine science at XXV International Conference on Marine Geology in Moscow are published in four volumes.

Volume III includes reports devoted to the problems of geoecology, pollution of the World Ocean and also of sea floor geophysics and geomorphology, lithosphere plate tectonics.

Агранов Г.Д.¹, Грохольский А.Л.², Дубинин Е.П.²

(¹Геологический институт РАН, г. Москва, e-mail: Agranovgr@gmail.com; ²Музей Землеведения МГУ им. Ломоносова)

Физическое моделирование формирования краевых плато
Agranov G.D.¹, Groholsky A.L.², Dubinin E.P.²

(¹Geological institute RAS, Moscow, e-mail: Agranovgr@gmail.com; ²Museum of the Earth, Moscow State University Lomonosov)

Physical modeling of the formation of margin plateaus

Ключевые слова: физическое моделирование, краевые плато, горячая точка, механизмы формирования.

В работе проведено моделирование формирования краевых плато различного типа. Экспериментальные серии учитывают ключевые особенности строения и развития структур. Результаты экспериментов хорошо коррелируются с геолого-геофизическими данными и с предложенными механизмами образования.

В пределах пассивных континентальных окраин нередко встречаются погруженные краевые плато, асейсмичные хребты и острова, которые не полностью отделены от континента. Геодинамическая природа и условия образования таких структур, формирующихся при переходе от континентального рифтинга к океаническому спредингу, до сих пор остаются недостаточно хорошо изученными.

Самая высокая концентрация таких структур отмечается в Индийском океане и Северной Атлантике.

В рамках данной работы будут рассмотрены геодинамические обстановки, в которых такие структуры могут образовываться:

1) Плато, сформированные в процессе встречного продвижения двух рифтовых трещин в пределах гетерогенной литосферы в условиях интенсивного растяжения и слабого магматизма. Из подобных плато это – плато Воринг, на норвежском шельфе. В Индийском океане – плато Эксмут;

2) Второй механизм – раскол неровной границы континент-океан. К подобным плато у берегов Шпицбергена относится плато Ермак и сопряженное с ним плато Моррис – Джесуп, расположенное на гренландском шельфе;

3) Третий механизм – формирование краевых плато под воздействием горячей точки. Данный механизм схож с первым, но осложняется наличием термической аномалии. Структуры данного типа характеризуются хребтообразной морфологией. Примером может служить Лаккадивский и Мозамбикский хребты в Индийском океане.

4) Следующая серия плато – это плато Поркьюпайн, Роккол, Хаттон и Эдарас на британском шельфе. Механизм образования подобных плато неоднозначный. Один из вариантов – раскол континентальной литосфера по

модели Вернике с перескоком рифтовой оси и развитием разнонаправленных детачментов.

С помощью физического моделирования было проведено изучение условий формирования краевых плато разных типов в лаборатории физического моделирования Музея земледования МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия [3] и методиками, описанными в работах [1, 2]. Модельное вещество представляет собой сложную коллоидную систему, основой которой являются жидкие (минеральное масло) и твердые (церезин, парафин) углеводороды с различными поверхностно-активными добавками. Установка для моделирования представляет собой текстолитовую ванну с поршнем, движущимся с помощью электромеханического привода. Равномерное температурное поле модельного вещества обеспечивают обогреватели, расположенные внутри установки. Электромеханический привод позволяет варьировать скорости деформации модельной плиты. Применяемые методики дают возможность создавать обстановки ортогонального, или косоугольного растяжения. Изменение длительности охлаждения при подготовке модельной плиты обеспечивает различное соотношение ее хрупкого и пластичного слоев [1]. При подготовке эксперимента вещество нагревается в установке до определенной температуры (43°C), при условии поддержания фиксированного температурного режима в лаборатории (22.5–25.5°C). Затем начинается процесс охлаждения равномерно расплавленного модельного вещества – образуется корка (модельная литосфера), которая приваривается к поршню и противоположной стенке ванны. После того как модельная плита достигает необходимой для данного эксперимента толщины (Н в описании экспериментов), начинается ее горизонтальное растяжение. При необходимости заложения ослабленной или более прочной зоны – вырезалась часть плиты. При дальнейшем охлаждении литосфера в этой области модели имела меньшую или большую толщину за счет меньшего или большего времени охлаждения соответственно [1].

Эксперименты проводились по 3-м основным направлениям. Первая серия экспериментов посвящена моделированию сопряженных плато Ермак и Моррис-Джесуп, расположенных в Арктическом регионе и сформированных в результате взаимодействия рифта хребта Гаккеля с выступом окраины Гренландского шельфа. В данной серии задавалась неровная граница континент-океан посредством поэтапного зачищения и вторичного охлаждения. Таким образом создавалась модель с 3-мя различными секторами: прочная континентальная литосфера (h2), океаническая литосфера (h3), сильно растянутая континентальная литосфера (выступ континентального шельфа) (h3). После подготовки модели запускался электропривод и начиналось растяжение.

По итогу эксперимента было получено 2 краевых плато, разделенных осью спрединга. На рис. 1 представлено сопоставление результата

эксперимента и реальной батиметрической карты Северной Атлантики в районе плато Ермак и Моррис-Джесуп.

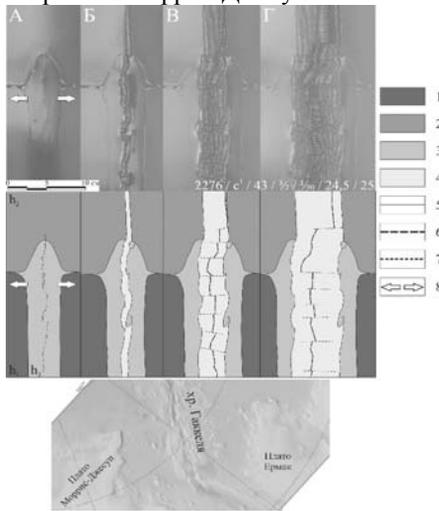


Рисунок 1. Эксперимент № 2276. Продвижение трещины с континента в древнюю океаническую литосферу (h – мощность модельной литосферы: $h_1 = 2 \times 10^{-3}$ м; $h_2 = 3 \times 10^{-3}$ м; $h_3 = 1.5 \times 10^{-3}$ м; $V_1 = 3 \times 10^{-5}$ м/с). А–Г – вверху – последовательные стадии эксперимента (вид сверху), внизу – соответствующие им структурные схемы.

Условные обозначения: (1) – континентальная литосфера; (2) – древняя океаническая литосфера; (3) – ослабленная зона растяжения в пределах континентальной литосферы; (4) – новообразованная океаническая литосфера; (5) – действующая ось спрединга; (6–7) – зоны поперечных смещений; (8) – направление растяжения.

Во второй серии моделировались условия формирования погруженных плато Воринг, банки Филла, плато Эксмут и др. В данной серии в первоначальной континентальной литосфере задавались две трещины с горизонтальным и вертикальным смещением. Также варьировался угол первоначальных вырезов от 0 до 60°. После этого запускался электропривод и начиналось растяжение.

Первоначально начала развиваться правая трещина. Почти сразу же после этого начала развиваться вторая. Далее сформировалась крупная зона перекрытия (рис. 2А). Из-за размера блок практически не деформировался. В результате, в верхней части подвижного блока произошел разрыв сплошности и сформировалась единая рифтовая ось, а деформация блока прекратилась (рис. 2Б–Г). В данном эксперименте не произошло полного отделения микроконтинентального блока. Он остался соединенным с

материнской плитой, но разделен от нее структурой типа неразвившегося рифта – авлакогена.

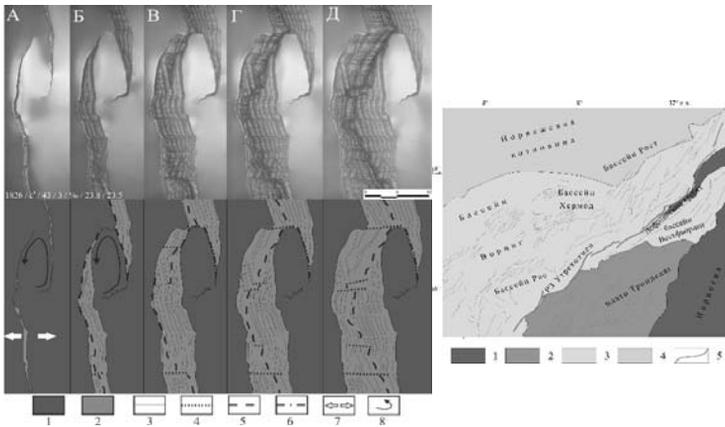


Рисунок 2. Эксперимент № 1826 формирование микроблока при встречном продвижении рифтовых трещин с преобладающим продольным смещением над поперечным и с образованием малоподвижного крупного блока. ($h_1 = 3 \times 10^{-3}$ м; $V_1 = 3 \times 10^{-5}$ м/с). Длина разрезов $L = 6 \times 10^{-2}$ м, продольное смещение $a = 3 \times 10^{-2}$ м, поперечное смещение $x = 16 \times 10^{-2}$ м.

А–Д – сверху последовательные стадии эксперимента (вид сверху), снизу – соответствующие им структурные схемы. (1) – первоначальная модельная плита; (2) – новообразованная литосфера; (3) – разрезы и продвигающиеся из них трещины, а также границы основных формирующихся структур; (4) – смещения и сдвиги; (5) – ось спрединга; (6) – ось палеоспрединга; (7) – направление растяжения; (8) – направление вращения микроблока. Справа: структурная схема плато Воринг, построенная по данным [4]. (1) – континент, (2) – платформа, (3) – меловой бассейн, (4) – океаническая кора, (5) – разрывные нарушения.

Третья серия экспериментов посвящена особенностям формирования перескока оси спрединга в сторону действующей горячей точки в пределах краевой части континентальной литосферы с отколом вытянутого микроблока с континентальной корой. Подобные структуры широко распространены, что делает данную проблему актуальной и важной.

В данной серии экспериментов первоначально в модельной литосфере задавалась либо ослабленная зона, либо разрез вдоль всей установки, после чего запускался двигатель и начиналось растяжение. После образования пары валов растяжение останавливалось и делался перерыв 30–40 мин. Затем включался локальный источник нагрева (ЛИН) на расстоянии 1.5–4 см от оси или границы ослабленной зоны. К моменту повторного запуска двигателя в районе действия ЛИН задавался разрез.

При дальнейшем растяжении ось спрединга перескакивала в сторону ЛИН на молодую континентальную окраину и полностью или частично

отделяла от нее линейно вытянутый блок.

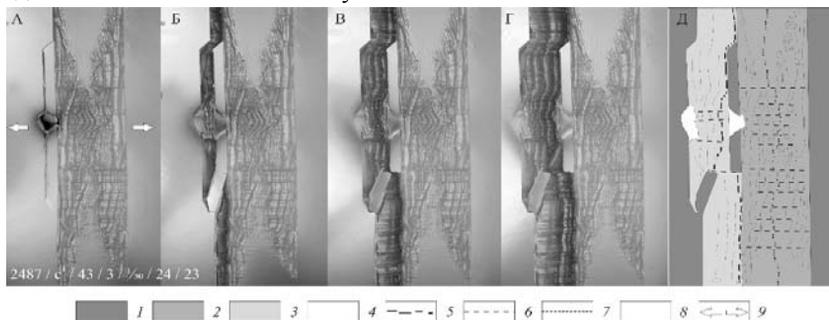


Рисунок 3. Эксперимент № 2487 Формирования системы краевого хребта и вытянутого континентального микроблока в результате перескока оси спрединга в сторону локального источника нагрева ($h_1 = 3 \times 10^{-3}$ м; $V_1 = 3 \times 10^{-5}$ м/с). Основные стадии образования обособленного блока, фото и схема (вид сверху). (1) – первоначальная модельная плита; (2) – литосфера, образованная в первую стадию растяжения; (3) – литосфера, образованная во вторую стадию растяжения; (4) – магматические излияния; (5) – ось спрединга; (6) – смещения и сдвиги; (7) – ось палеоспрединга; (8) – границы основных формирующихся структур; (9) – направление растяжения.

Результаты экспериментов хорошо коррелируются с геолого-геофизическими данными и соответствуют современным моделям формирования краевых плато.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Аналоговое моделирование структурообразующих деформаций литосферы в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов // Геотектоника. 2006. Т. 1. С. 76–94.
2. Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Макушкина А.И. Физическое моделирование условий образования микроконтинентов и краевых плато континентальных окраин // Физика Земли. 2018. Т. 1. С. 69–82.
3. Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т. 10. С. 10–19.
4. Zastrozhnov D., Gernigon L., Gogin I., Abdelmalak M.M., Planke S., Faleide J.I., Eide S., Myklebust R. Cretaceous-Paleocene evolution and crustal structure of the northern Vøring Margin (offshore mid-Norway): Results from integrated geological and geophysical study // Tectonics. 2018. V. 37. P. 497–528.

Within passive continental margins, submerged marginal plateaus, aseismic ridges and islands that are not completely separated from the continent are often found. The geodynamic nature and conditions for the formation of such structures, which form during the transition from continental rifting to oceanic spreading, still remain insufficiently studied.