

*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.

Боголюбский В.А.^{1,2}, Дубинин Е.П.^{1,2}, Грохольский А.Л.²

(¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, геологический факультет, г. Москва, e-mail: bogolubskiyv@yandex.ru;

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Музей земледования, г. Москва)

Формирование современной структуры Американно-Антарктического хребта

Bogoliubskii V.A.^{1,2}, Dubinin E.P.^{1,2}, Grokholsky A.L.²

(¹Faculty of Geology of Lomonosov Moscow State University, Moscow; ²The Earth Sciences Museum of Lomonosov Moscow State University, Moscow)

Formation of the contemporary structure of the American-Antarctic Ridge

Ключевые слова: косой спрединг, ультрамедленный спрединг, трансформные разломы, нетрансформные смещения

На основе физического моделирования была построена модель формирования современной структуры Американно-Антарктического хребта, состоящего из ряда коротких спрединговых сегментов и длинных трансформных разломов. Предполагается, что при изменении направления растяжения около 20 млн. лет назад сначала произошло заложение современных трансформных разломов, а затем – постепенное изменение простирания соединяющих их спрединговых сегментов.

Американно-Антарктический хребет (ААХ) протягивается от тройного соединения Буве до южной оконечности Южно-Антильской зоны субдукции. Средняя скорость растяжения на хребте составляет около 19.5 мм/год. На большей части ААХ отличается косым растяжением, причем угол между направлением растяжения и простиранием хребта варьируется от 20 до 45–50°. Хребет рассечен тремя крупными трансформными разломами (Конрад, Буллард и Южно-Сандвичев) и несколькими более мелкими трансформными разломами и нетрансформными смещениями. Суммарная длина трансформных разломов превышает длину спрединговых сегментов [1].

Формирование современной структуры ААХ связано с преобразованием Южно-Антильской зоны субдукции и структурного плана моря Скотия в целом. Так, последние изменения фиксируются около 20 млн. лет (аномалия С6н): изменение геометрии зоны субдукции привело к изменению простирания хребта на величину около 30°, отмиранию его южной части и формированию современного структурного плана коротких спрединговых сегментов и длинных трансформных разломов вместо приблизительно равных по протяженности спрединговых и трансформных структур [1–3].

Для воспроизведения условий формирования современной структуры ААХ было использовано метод физическое моделирование, проводившееся

на базе лаборатории Музея Землеведения МГУ имени М. В. Ломоносова.

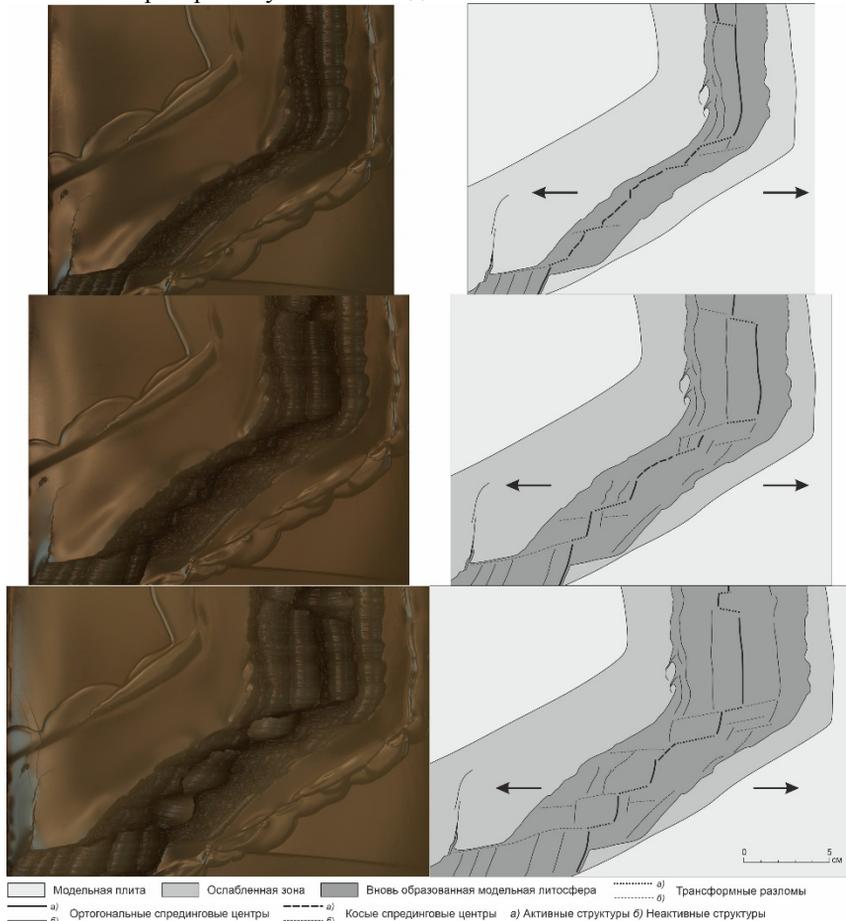


Рисунок 1. Эксп. 2783. Моделирование формирования современной структуры ААХ. Слева – этапы развития модели, справа – их структурная интерпретация

Экспериментальная установка включает текстолитовую ванну, поршень, растягивающий модельное вещество, и систему внутреннего нагрева. Модельное вещество представляет собой смесь парафина, вазелина и церезина. Его свойства удовлетворяют критерию подобия океанической литосферы, включающему в себя плотность материала, его толщину и предел прочности на сдвиг [4].

После плавления вещества в установке его верхний слой охлаждается вентилятором и по достижении необходимой толщины корки застывшего

вещества (модельной литосферы) начинается ее растяжение с помощью поршня. Вещество обладает упруго-вязко-пластичными свойствами и при определенных значениях температуры и скорости растяжения ведет себя как хрупкое или пластичное тело. Деформации модельной литосферы определяются толщиной хрупкого слоя H и шириной ослабленной зоны W [5]. Также в модель можно ввести локальный источник нагрева, имитирующий термическую активность мантийного плюма. В рамках моделирования ААХ были использованы также новые методики визуализации результатов физического моделирования, включающие построение цифровой модели рельефа эксперимента и фиксацию температурного поля эксперимента с помощью тепловизора InfiRay T3S.

Изначальная конфигурация модели представляла собой две косые к направлению растяжения ослабленные зоны: первая наклонена под углом 70° , имитируя южную часть Срединно-Атлантического хребта, вторая – под углом 30° , воспроизводя ААХ в момент изменения направления растяжения около 20 млн. лет назад.

В ходе растяжения (рис. 1) ослабленная зона модельного ААХ была расколота субпараллельной ее простиранию трещиной, сформировавшей косой рифт. Постепенно в пределах косого рифта начали образовываться трансформные разломы в виде протяженных трансенсивных зон, соединяющих косые спрединговые сегменты. На следующем этапе трансформные разломы постепенно становились более параллельными направлению растяжения, что, по-видимому, привело к переходу косых спрединговых сегментов в ортогональные, в пределах которых также могут быть выделены отдельные нетрансформные смещения. Особенностью данного перехода являлось образование валов на модельном хребте, что говорит об увеличении эффективных скоростей спрединга в пределах данных сегментов. Применительно к ААХ данный процесс может быть интерпретирован как увеличение магматической активности при переходе от косого к субортогональному спредингу. Процесс сопровождался изменением рисунка трансформных разломов: часть из них, более коротких, перешла в нетрансформные смещения, другие же, напротив увеличили свою протяженность, что отражает сходство с вышеописанным структурным планом ААХ (рис. 2г). Заметными являются изменения в рельефе (рис. 2е) и термической структуре модели (рис. 2а-в): при переходе косых сегментов в ортогональные уменьшаются ширина и глубина рифтовой долины, а область повышенных температур локализуется в более узкой области. Аналогичная ситуация прослеживается и для трансформных разломов (рис. 2д). Это позволяет сделать выводы о большей энергетической эффективности системы ортогональных спрединговых сегментов и трансформных разломов по сравнению с системой косых сегментов разной степени наклона. На заключительной стадии эксперимента сохранился лишь небольшой участок косого спрединга. В настоящее время на ААХ

сегменты с углом наклона 45–50° составляют незначительную часть суммарной протяженности хребта. Возможно, в скором будущем данные сегменты перейдут в ортогональные. Причем их присутствие характерно лишь для восточной части ААХ, находящейся под термическим влиянием горячей точки Буве [6], что, вероятно, и обуславливает большую длительность перехода косых сегментов в ортогональные.

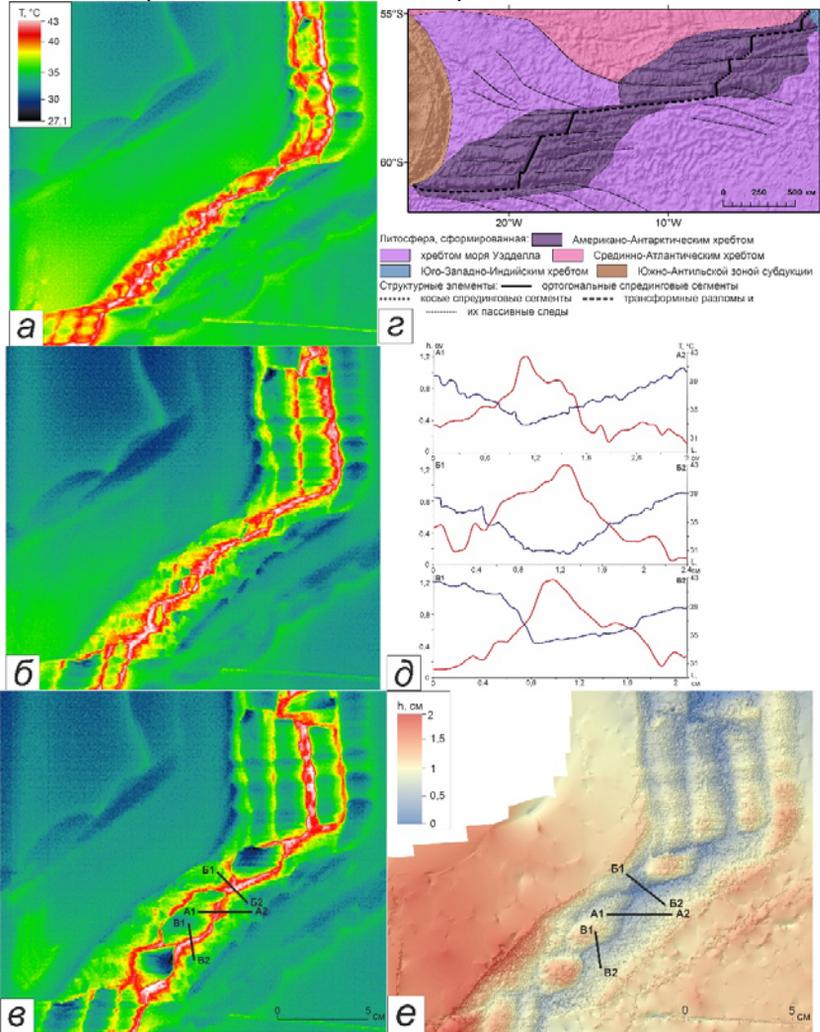


Рисунок 2. Эксп. 2783. Моделирование формирования современной структуры ААХ. а–в) Температурное поле модели на различных стадиях ее развития. Стадии соответствуют рис. 1.; г) Структурная схема ААХ; д)

гипсометрические и температурные профили через ортогональный сегмент (сверху), косой сегмент (посередине) и трансформный разлом (снизу). Соответствуют заключительной стадии эксперимента, проведены по линиям на илл. в), е). е) рельеф заключительной стадии экспериментальной модели

Основные выводы моделирования предполагают, что современный ААХ находится в стадии перехода от системы косых спрединговых сегментов к системе ортогональных сегментов и трансформных разломов.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда проект № 22-27-00110.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lawver L.A., Dick H.J.B. The American-Antarctic Ridge // *Journal Of Geophysical Research*. 1983. V. 88. No. B10. P. 8193–8202.
2. Barker P.F., Lawver L.A. South American-Antarctic plate motion over the past 50 Myr, and the evolution of the South American-Antarctic ridge // *Geophysical Journal*. 1988. V. 94. P. 377–386.
3. Schreider A.A., Schreider A.I., Bulychev A.A., Galindo-Zaldivar J., Maldonado A., Kashintsev G.L. Geochronology of the American–Antarctic Ridge // *Oceanology*. 2006. V. 46. № 1. P. 114–122.
4. Грохольский А.Л., Дубинин Е.П. Структурообразование в рифтовых зонах и поперечных смещениях осей спрединга по результатам физического моделирования // *Физика Земли*. 2010. № 5. С. 49–55.
5. Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // *Геология и геофизика*. 1983. № 10. С. 10–19.
6. Le Roex A.P., Dick H.J.B., Reid A.M. et al. Petrology and geochemistry of basalts from American-Antarctic Ridge, Southern Ocean: implications for the westward influence of the Bouvet mantle plume // *Contrib. Mineral. Petrol*. 1985. V. 90. P. 367–380.

Basing on the results of physical modelling in this paper we created a model of American-Antarctic Ridge contemporary structure formation. The structure includes a complex of short spreading segments and long transform faults. It is assumed that due to extension direction changes ca. 20 Ma firstly modern transform faults appeared. Then connecting them spreading segments gradually changed their strike.