

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

**ГЕОЛОГИЯ
МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

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

Москва, 18–22 ноября 2019 г.

Том V

**GEOLOGY
OF SEAS AND OCEANS**

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

Moscow, November 18–22, 2019

Volume V

**Москва / Moscow
ИО РАН / IO RAS
2019**

ББК 26.221

Г35

УДК 551.35

DOI:10.29006/978-5-9901449-9-6.ICMG-2019-5

Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. V. – М.: ИО РАН, 2019. – 302 с. DOI:10.29006/978-5-9901449-9-6.ICMG-2019-5.

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

В томе V рассмотрены проблемы, связанные с геофизикой и геоморфологией дна морей и океанов, тектоникой литосферных плит.

Материалы опубликованы при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований, грант № 19-05-20102.

Ответственный редактор

Академик А.П. Лисицын

Редакторы к.г.-м.н. Н.В. Политова, к.г.-м.н. В.П. Шевченко

Geology of seas and oceans: Proceedings of XXII International Conference on Marine Geology. Vol. V. – Moscow: IO RAS, 2019. – 302 pp., DOI:10.29006/978-5-9901449-9-6.ICMG-2019-5.

The reports of marine geologists, geophysics, geochemists and other specialists of marine science at XXII International Conference on Marine Geology in Moscow are published in five volumes.

Volume V includes reports devoted to the problems of sea floor geophysics and geomorphology, lithosphere plate tectonics.

Chief Editor

Academician A.P. Lisitzin

Editors Dr. N.V. Politova, Dr. V.P. Shevchenko

ISBN 978-5-9901449-9-6

ББК 26.221

© ИО РАН 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Геофизика и геоморфология дна морей и океанов

- Агранов Г.Д., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Данилов Я.А.* Физическое моделирование взаимодействия спредингового хребта с крупной магматической провинцией Кергелен 16
- Аляутдинов А.Р., Косевич Н.И., Брянцева Г.В.* Применение ГИС-технологий при структурно-геоморфологическом исследовании шельфа моря Лаптевых 21
- Анохин В.М., Дудакова Д.С., Дудаков М.О., Рыбакин В.Н.* Результаты геолого-геоморфологических исследований дна и берегов Ладожского озера в 2015-19 гг. 23
- Бадюкова Е.Н., Жиндарев Л.А., Лукьянова С.А., Соловьева Г.Д.* Колебания уровня моря – определяющий фактор в развитии барьерно-лагунных систем Балтийского моря 27
- Барановский М.С., Грохольский А. Л., Дубинин Е.П.* Физическое моделирование погруженных хребтов и микроконтинентов пассивной окраины западной части Индии. 32
- Баренбаум А.А.* Смещение тепловых потоков в срединных океанических хребтах силой Кориолиса 37
- Башев И.А., Черных А.А., Корнева М.С., Редько А.Г., Яковенко И.В.* Новые данные о тектоническом строении зоны сочленения Евразийского бассейна и континентальной окраины моря Лаптевых 41
- Белов Н.С., Данченков А.Р., Пичугина А.В., Грищенко В.А.* Дифференциально-геометрические характеристики песчаных пляжевых поверхностей юго-восточной Балтики 44
- Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Пилипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А.* Подводные вулканы Северных и Центральных Курил 49
- Бондаренко В.И., Рашидов В.А.* Подводная кальдера залива Простор, о. Итуруп, Курильские острова 54
- Борисов Д.Г., Иванова Е.В., Мурдмаа И.О., Немченко Н.В., Фрей Д.И., Левченко О.В.* Латеральная седиментация в северной части Аргентинской котловины в четвертичное время (Южная Атлантика) 58
- Борисов Д.Г., Креницкий М.А.* Использование мессенджер-бота для систематизации и хранения коллекции геологических образцов. 61

- Поротов А.В., Мысливец В.И., Коротаев В.Н.* Корреляция морских и континентальных отложений восточного Крыма на основе геолого-геофизических данных 216
- Прошкина З.Н., Валитов М.Г.* Структурно-плотностная модель Южно-Татарского бассейна 221
- Ращупкина А.О., Дубинин Е.П., Грохольский А.Л., Агранов Г.Д.* Особенности структурообразования на ранних стадиях формирования сопряженных континентальных окраин Иберии и Ньюфаундленда (физическое моделирование) 226
- Римский-Корсаков Н.А., Мысливец В.И., Пронин А.А., Коротаев В.Н., Поротов А.В.* Строение верхней части разреза внутреннего шельфа Западного Крыма 230
- Рыбалко А.Е., Щербаков В.А., Иванова В.В., Сличенков В.И., Беляев П.Ю., Алексеев А.Ю., Карташев А.О., Токарев М.Ю., Маев П.А., Белов М.О.* Новые данные об особенностях строения четвертичного покрова в заливе Петра Великого по сейсмоакустическим данным 235
- Рябчук Д.В., Сергеев А.Ю., Жамойда В.А., Буданов Л.М., Пономаренко Е.П., Прищепенко Д.В., Неевин И.А., Крек А.В.* Новые данные о дегляциации впадины Финского залива 240
- Сергеев А.Ю., Буданов Л.М., Рябчук Д.В., Жамойда В.А., Ковалева О.А., Неевин И.А.* Развитие приморской низменности восточной части Финского залива в районе оз. Высокинского под влиянием трансгрессивно-регрессивных колебаний палеоводоемов Балтийского моря 244
- Цуканов Н.В., Дозорова К.А., Гедике К.* Оползневые комплексы в северо-западной части Тихого океана и Беринговом море по данным сейсмоакустического профилирования. 248
- Шрейдер А.А., Сажнева А.Э., Бреховских А.Л., Клюев М. С., Ракитин И. Я., Галиндо-Зальдивар Х., Евсенко Е. И., Гринберг О. В.* Кинематика дна между поднятием Ермак и континентальным шельфом Евразии 253
- Яковенко И.В., Черных А.А., Корнева М.С., Иванова Н.М., Васильев В.В., Редько А.Г.* Особенности глубинного строения евразийской континентальной окраины в районе арх. Северная Земля 255

**ГЕОФИЗИКА И
ГЕОМОРФОЛОГИЯ ДНА МОРЕЙ
И ОКЕАНОВ**

**SEA FLOOR GEOPHYSICS AND
GEOMORPHOLOGY**

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

(¹Геологический факультет, Московский Государственный Университет им. Ломоносова, г. Москва, e-mail: Agranovgr@gmail.com; ²Музей Землеведения МГУ им. Ломоносова)

**Физическое моделирование взаимодействия спредингового хребта с крупной магматической провинцией Кергелен
Agranov G.D.¹, Dubinin E.P.², Grokholsky A.L.²,
Danilov Ya.A.¹**

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

Physical modelling of the interaction of spreading ridge with large magmatic provinces Kerguelen

Ключевые слова: физическое моделирование, магматическая провинция, горячая точка, ЮВИХ, Кергелен.

В работе проведено моделирование взаимодействия спредингово хребта с крупной магматической провинцией на примере Юго-Восточного Индийского хребта и плато Кергелен. Результаты экспериментов хорошо коррелируются с геолого-геофизическими данными и с предложенной моделью развития данного региона.

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, и следствием которого стало разделение единого плато Кергелен на две части: собственно плато Кергелен и хребет Броукен. Современным примером является взаимодействие хребта Рейкьянес с Исландской магматической провинцией, сформированной в результате деятельности одноименного плюма. В рамках данной проблемы эти два региона идентичны, но находятся на разных этапах развития. Если в случае Кергелена горячая точка, благодаря которой около 120 млн. лет назад сформировались магматическая провинция и подводное плато, уже не действует (или находится на стадии минимальной активности) и спрединговый хребет давно расколол ее на две части, отделив хребет Броукен, то пример Исландии помогает в изучении стадии непосредственного взаимодействия горячей точки и хребта. Можно предположить, что черз

определенное время КМП современной Исландии расколется и образуется некоторый аналог хребту Броукен, а Исландская горячая точка сместится в сторону, сойдя с срединно океанического хребта.

Из этих двух примеров нагляднее будет подробно рассмотреть раскол Кергелена.

Раскрытие между Австралией и Антарктидой началось ≈ 83 млн. 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

впоследствии 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 начинает развиваться из выреза, сделанного перед запуском двигателя. Трещина быстро доходит до ГТ и параллельно преодолевает модельную границу континент-океан, но в пределах ослабленной зоны так же зарождается трещина, продвигающаяся на встречу и на выступающем участке ослабленной зоны образуется зона перекрытия.

На 2 стадии зона перекрытия перестала деформироваться, т.к. верхняя трещина соединилась с нижней правее зоны перекрытия. Так же видно, что трещина, которая вышла из выреза, прошла через горячую точку, но практически сразу же остановилась, т.к. ей на встречу развилась другая трещина, которая дошла до ГТ. Образовалась единая ось растяжения, скорость была увеличена до быстрого спрединга, а ГТ уменьшена и незначительно перемещена.

На стадии 3 продолжается растяжение, но в пределах горячей точки ось растяжения еще не сформировалась, а размеры магматической провинции продолжают увеличиваться.

На стадии 4 в пределах ГТ сформировалась ось спрединга. Хорошо видно, что аккреционные валы в пределах действия ЛИН меньше и чаще, по сравнению с валами, образующимися в условиях нормального спрединга вдали от ГТ. Так же видно, что правее ГТ закончил формироваться перескок оси спрединга, в связи с чем хорошо виден контраст между новообразованными и первыми валами, которые образовывались на контакте с более холодной литосферой и при более низких скоростях спрединга.

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 хорошо видно, как сильно изгибается ось растяжения в правой части эксперимента, что возможно связано с деятельностью ГТ и перескоком оси спрединга.

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).

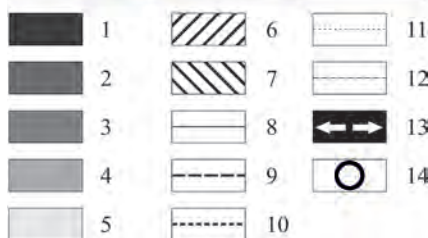
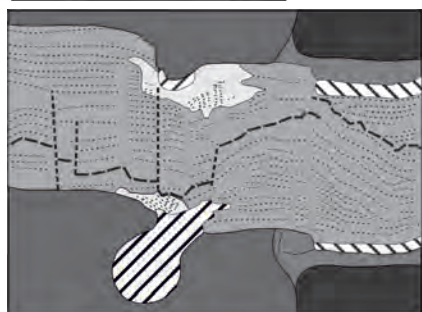
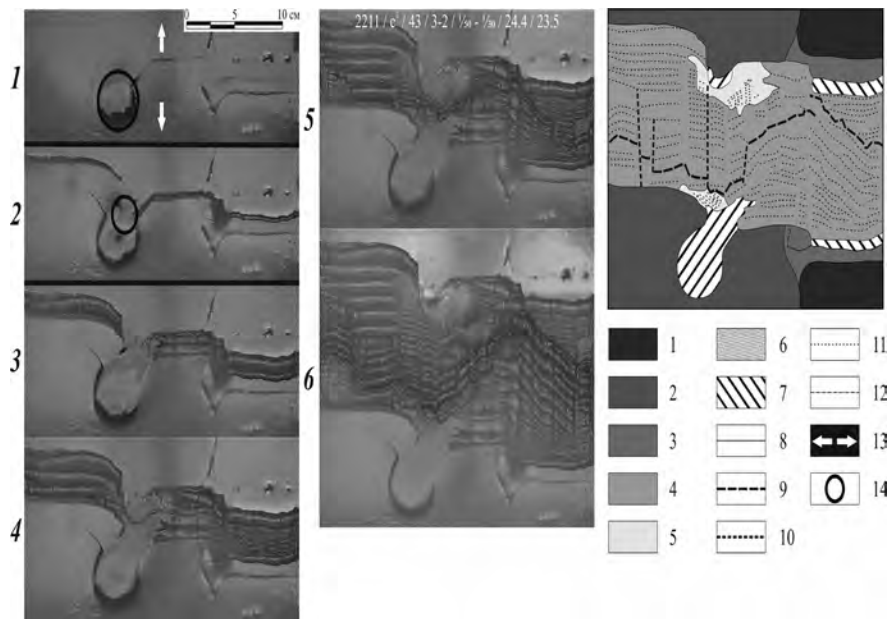


Рисунок. Эксперимент №2211. Развитие трещины с континента в древнюю океаническую литосферу при действии горячей точки с дальнейшим расколом магматической провинции и отделением магматического хребта. 1 – 6 – последовательные стадии эксперимента (вид сверху). 7 – структурная схема по результатам моделирования. 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) – ось палеоспрединга; (13) – направление растяжения; (14) – зона действия горячей точки.

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. Лейченков Г.Л., Гусева Ю.Б., Гандюхин В.В. и др. Строение земной коры и история тектонического развития индоокеанской акватории Антарктики // Геотектоника. 2014. Т. 1. С. 8–28.
3. Шеменда А.И. Критерии подобия при механическом моделировании тектонических процессов // Геология и геофизика. 1983. Т. 10. С. 10–19.
4. Whittaker J.M., Williams S.E., Müller R.D. Revised tectonic evolution of the Eastern Indian Ocean // *Geochemistry Geophysics Geosystem*. 2013. № 14. P. 1–14.

The paper presents a simulation of the interaction of a spreading ridge with a large magmatic province on the example of the Southeastern Indian Ridge and the Kerguelen plateau. The results of the experiments are well correlated with geological and geophysical data and with the proposed model of development of the region.