

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕКТОНИКИ И ГЕОДИНАМИКИ
ПРИ ОНЗ РАН
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН РАН)
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА



**ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА
ЗЕМНОЙ КОРЫ И МАНТИИ:
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ-2024**

Материалы LV Тектонического совещания

Том 1

Москва
ГЕОС
2024

УДК 549.903.55 (1)

ББК 26.323

Т 76

Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024. Материалы LV Тектонического совещания. Т. 1. М.: ГЕОС, 2024. 289 с.

ISBN 978-5-89118-881-5

DOI 10.34756/GEOS.2024.17.38796

Ответственный редактор

К.Е. Дегтярев

На 1-ой стр. обложки:

Гляциодислокации в верхнемеловых отложениях р. Коньячной,

Западный Таймыр

(Фото М.А. Рогова, 2021)

© ГИН РАН, 2024

© Издательство ГЕОС, 2024

8. *Стиридонов А.И.* Геоморфологическое картографирование. М.: Государственное изд-во географической литературы, 1952. 188 с.

9. Dataset|ALOS@EROС [Электронный ресурс]. URL: https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30_e.htm (дата обращения: 03.02.2023).

10. Морфометрическая карта / Геологический словарь, Научно-исследовательский геологический институт [Электронный ресурс] URL:https://vsegei.ru/ru/public/sprav/geodictionary/article.php?ELEMENT_ID=80420 (дата обращения: 14.02.2023)

Г.Д. Агранов¹, Е.П. Дубинин², А.Л. Грохольский²

Влияние горячих точек на формирование микроконтинентов

Горячие точки (ГТ) имеют широкое распространение на Земле и играют важную роль в эволюции и развитии нашей планеты. Одним из основным результатом их влияния являются изменения геометрии границ литосферных плит в результате «притяжения» рифтовой зоны к прогретой и ослабленной области воздействия горячей точки (напр. влияние ГТ Афар) или многочисленных перескоков оси спрединга в сторону ослабленной литосферы (напр. перескок с хр. Эгир и формирование хр. Колбейнсей в Северной Атлантике). Именно перескок оси спрединга в стороны границы континент–океан чаще всего и приводит к отделению фрагментов континентальной коры и формированию микроконтинентов (рис. 1). Самыми яркими примерами микроконтинентов, сформировавшихся подобным образом являются эталонный микроконтинент Ян-Майен в Северной Атлантике, хр. Лакшми и Сейшельские острова с северо-западной части Индийского океана и серия блоков Гольден Драак и Батавия в Юго-Восточном секторе Индийского океана. Именно об этих структурах пойдет речь в данной работе. Будет дана краткая геолого-геофизическая характеристика структур и приведены результаты физического моделирования формирования микроконтинентов, проведенных в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ.

¹ Геологический институт РАН, Москва, Россия

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Музей землеведения, Москва, Россия

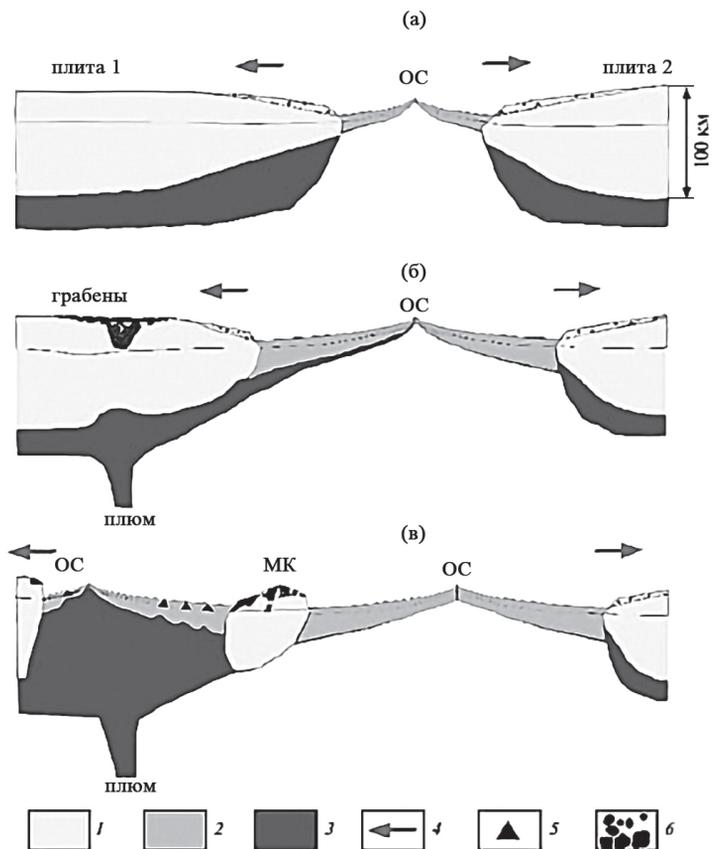


Рис. 1. Концептуальная модель формирования микроконтинента под влиянием плюма. (а) – формирование океанического бассейна в результате раскола двух континентов; (б) – перемещение молодой пассивной окраины в область существующего плюма; (в) – перескок хребта в сторону плюма, спрединг на новом хребте и изоляция микроконтинента.

1 – континентальная литосфера, 2 – океаническая литосфера, 3 – плюмовый материал астеносферы, 4 – направление движения плит, 5 – оси палеоспрединга, 6 – вулканогенно-осадочный материал [2]

Микроконтинент Ян-Майн располагается севернее о. Исландия, на сочленение двух спрединговых хребтов – хр. Колбейнсей и хр. Мона. Отделение микроконтинентального блока от восточной окраины Гренландии началось приблизительно 33.1 млн лет назад [9], когда Исландская горячая точка оказалась в районе молодой континентальной окраины, что

привело к формированию в этой области новой рифтовой структуры, давшей начало спрединговому хребту Кольбейнсей, отделению узкой полосы континентальной окраины (хребет Ян-Майен) и прекращению спрединга на хребте Эгир.

Образование отмерших осей спрединга связано с гетерогенностью земной коры и с особенностями первичной сегментации рифтовой оси во время рифтогенеза. На начальных этапах растяжения континентальной коры зарождается система трещин, которые соединяясь друг с другом формируют крупные рифтовые долины. Но при определенном стечении обстоятельств две трещины формируют зону перекрытия. Блок в этой зоне деформируется, вращается. Со временем реализуется только одна из двух трещин, вторая же отмирает и становится осью палеоспрединга. В изучаемом регионе подобным хребтом является хребет Эгир, который сформировался в результате раскола между Североамериканской и Евроазиатской плитами, который начался в позднем плейстоцене – раннем эоцене (58–60 млн лет) [3]. Там также образовалась зона перекрытия, но блок в центре перекрытия практически не деформировался и трещина, которая шла с севера, полностью реализовалась, а южная в то время затухла, сформировав ось палеоспрединга (ранний Ипрский век, 49.7 млн лет). В то время под Гренландией уже действовала горячая точка. Из-за движения плит со временем, в Приабонском веке (33.1 млн лет) горячая точка оказалась под осью палеоспрединга. Из-за активности точки ось заново активизировалась и произошел перескок оси спрединга. В результате образовался микроконтинент Ян-Майн, на данный момент активная южная ось спрединга, северная отмерла и сформировала хребет Эгир, а горячая точка сформировала о. Исландия на срединно-океаническом хребте [9].

Хребет Лакшми, расположенный в прибрежном районе западного побережья Индии и является выдающейся асейсмической структурой. Он выражен в рельефе как поднятие северо-западного простирания и севернее 18°30'N по батиметрическим данным, не прослеживается. Изучение магнитных аномалий морского дна показывает, что хребет Лакшми представляет собой сопряжённую континентальную структуру, которая была отделена от Сейшельских островов, когда спрединг развивался вдоль хребта Карлсберг, во время аномалии C28n [6]. Приблизительно 67.6 млн лет назад в результате активизации горячей точки Реньон в районе континентальной окраины Индии началось раскрытие бассейна Лакшми и Гоп (между хр. Лакшми и западной окраиной Индии). Континентальный блок полностью отделяется от Индии приблизительно за 5 млн лет. Приблизительно 62.5 млн лет назад происходит следующий перескок рифтовой оси и формирование хр. Карлсберг. Спрединг на хребте начинается 61 млн лет назад, в результате чего от хр. Лакшми окончательно отделяются Сейшельский острова. В это время в бассейне

Лашкми высокая активность горячей точки Реньон, которая, вероятно, и спровоцировала данный перескок оси спрединга [5]. После этого деформация и развитие двух микроконтинентов прекращается.

Западная окраина абиссальной котловины Перт маркируется двумя возвышенностями в рельефе – *банка Батавия* и *банка Гольден-Драак*. Они возвышаются над окружающим морским дном более, чем на 3000 метров. Их формирование связано с высокой активностью плюма Кергелен во время раскрытия Индийского океана, которое началось приблизительно 200 млн лет назад. После длительного рифтогенеза, около 150 млн лет назад, в восточной части Восточной Гондваны произошло океаническое раскрытие между Индией и Австрало-Антарктическим материком, о чем свидетельствуют датировки океанических базальтов в бассейне Варгон [7]. Приблизительно через 45 млн лет, из-за активизации плюма Кергелен, происходит перескок оси спрединга из котловины Перт на окраину Индии. В результате этой системы перескоков оси спрединга, примерно 100 млн лет назад [7] также были отделены блоки Гольден-Драак, Батавия, Валлаби и Зенит, сформировавшие серию связанных микроконтинентов, вытянутых в линейную структуру.

Ключевой особенностью всех вышеописанных структур является влияние горячих точек на формирование перескоков оси спрединга и отделение континентальных блоков. Необходимо также заметить, что во всех трех случаях блоки являются вытянутыми хребтообразными структурами, хотя в последнем случае и разбитым на отдельные фрагменты.

Было проведено физическое моделирование формирования микроконтинентов под влиянием горячих точек в лаборатории экспериментальной геодинамики Музея землеведения МГУ. Эксперименты проводились в соответствии с условиями подобия и методиками, описанными в работах [1, 4].

Были проведены исследования по физическому моделированию структурообразующих деформаций, реконструирующих геотектонические процессы при формировании микроконтинентов данного типа. В рамках данной работы будут рассмотрены 3 серии экспериментов:

1) Моделирование образования зоны перекрытия при встречном движении двух рифтовых трещин. В модельной литосфере перед началом растяжения задавались две трещины. В процессе растяжения заданные трещины начинали продвигаться навстречу друг другу и образовывали зону перекрытия, которая в дальнейшем эволюционировала в микроконтинент. Данная серия посвящена изучению возможности формирования микроконтинентов без воздействия термической аномалии;

2) Моделирование образования зоны перекрытия при встречном движении двух трещин и введение горячей точки после образования зоны перекрытия. Данные эксперименты на начальном этапе схожи с экспери-

ментами первой серии, но в момент образования зоны перекрытия вводилась локальная термическая аномалия, имитирующая горячую точку. Целью данной серии экспериментов было выявление влияния горячей точки на развитие рифтовых трещин в зоне перекрытия и на возможность перескока оси спрединга.

3) Последняя серия экспериментов была посвящена отделению линейно вытянутого континентального блока (хребта) под воздействием горячей точки вблизи границы континент–океан. В данной серии экспериментов на начальном этапе подготовки эксперимента задавалась ослабленная зона для локализации напряжений. После начала растяжения и формирования нескольких аккреционных валов, эксперимент приостанавливался на незначительный промежуток времени, после чего вблизи границы континент–океан запускался ЛИН (локальный источник нагрева) и делался небольшой разрез, после чего растяжение возобновлялось.

Физическое моделирование образования микроконтинентов под влиянием горячих точек показало хорошее соответствие с предполагаемой моделью формирования микроконтинентов Ян-Майен, Лашкми, Сейшельских островов и серии блоков Юго-Восточной части Индийского океана.

Литература

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. Геодинамические обстановки образования микроконтинентов, погруженных плато и невулканических островов в пределах континентальных окраин // Океанология. 2018. Т. 58. № 3. С. 463–475.

3. Кохан А. В., Дубинин Е. П., Грохольский А. Л. Геодинамические особенности структурообразования в спрединговых хребтах Арктики и Полярной // Вестник Краунц. Науки о Земле. 2012. № 1. Вып. № 19. С. 59–77.

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

5. *Bhattacharya G.C., Vadakkeyakath Y.* Plate-tectonic evolution of the deep ocean basins adjoining the western continental margin of India – a proposed model for the early opening scenario // *Researchgate*. 2015.

6. *Collier J.S., Sansom V., Ishizuka O., Taylor R.N., Minshull T.A., Whitmarsh R.B.* Age of Seychelles-India break-up // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2008. V. 272. P. 264–277.

7. *Gibbons A. D., Barckhausen U., Paul van den Bogaard, Hoernle K., Werner K., Whittaker J. M., Müller R. D.* Constraining the Jurassic extent of Greater In-

dia: Tectonic evolution of the West Australian margin // *Geochemistry Geophysics Geosystems*. 2012. V.13. N 5. P. 1525–2027.

8. *Kimbell G.S., Ritchie J.D., Henderson A.F.* Three-dimensional gravity and magnetic modelling of the Irish sector of the NE Atlantic margin // *Tectonophysics*. 2010. N 486. P. 36–54.

9. *Peron-Pinvidic G., Gernigon L., Gaina C., Ball P.* Insights from the Jan Mayen system in the Norwegian–Greenland sea – I. Mapping of a microcontinent // *Geophys. J. Int.* 2012. V. 191. P. 385–412.

П.Я. Азимов¹

Коллизионный этап развития восточной части Раахе-Ладожской области (зона сочленения Карельского кратона и Свекофеннского орогена)

Раахе-Ладожская область представляет собой зону перехода от Карельского кратона к Свекофеннскому аккреционному орогену. В отличие от Свекофеннского орогена, здесь присутствует архейский фундамент, на который ложатся протерозойские супракрустальные комплексы. Во время формирования Свекофеннского орогена они совместно подверглись метаморфизму и деформациям. В юго-восточной части Раахе-Ладожской области развит североладожский зональный метаморфический комплекс, уровень метаморфизма в котором меняется от зеленосланцевой фации на границе с кратоном до высокотемпературной амфиболитовой фации вблизи Мейерской надвиговой зоны, отделяющей Раахе-Ладожскую область от Свекофеннского орогена, в котором нет ювенильной архейской коры [1, 2]. Североладожский комплекс традиционно рассматривается как типичный зональный метаморфический комплекс бьюкенского (андалузит-силлиманитового) типа, характерного для аккреционных орогенов. Давления этого метаморфизма в Северном домене Приладожья, являющемся частью Раахе-Ладожской зоны, не превышают 4–5 кбар в его наиболее высокотемпературной части [1]. Однако в последнее время стали появляться петрологические данные, свидетельствующие о проявлении в пределах Североладожского комплекса метаморфических парагенезисов повышенных давлений [3–5], и геохронологические данные, указывающие на полиметаморфизм [4, 6].

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия