

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

Работа проводилась при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-77-10019, <https://rscf.ru/project/22-77-10019/>.

Литература

1. Авдейко Г.П., Антонов А.Ю., Волинец О.Н., Цветков А.А. Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги М.: Наука, 1992. 527 с.
2. Бергаль-Кувикас О.В. Объемы четвертичных вулканитов Курильской островной дуги: анализ пространственного расположения и связь с зоной субдукции // Тихоокеанская геология. 2015. 34. № 2. С. 103–116.
3. VOGRIPA. <https://www2.bgs.ac.uk/vogripa/index.cfm>
4. Syracuse E.M., Abers G.A. Global compilation of variations in slab depth beneath arc volcanoes and implications // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2006. 7. № 5. Q05017
5. Злобин Т.К., Левин Б.В., Полец А.Ю. Первые результаты сопоставления катастрофических Симуширских землетрясений 15 ноября 2006 г. (M = 8.3) и 13 января 2007 г. (M = 8.1) и глубинного строения земной коры Центральных Курил // Докл. РАН. 2008. Т. 420. № 1. С. 111–115.
6. Прошкина З.Н., Кулинич Р.Г., Валитов М.Г. Структура, вещественный состав и глубинное строение океанского склона Центральных Курил: новые детали // Тихоокеанская геология. 2017. 36. № 6. С. 58–69.

В.А. Боголюбский¹, Е.П. Дубинин¹

Морфометрические параметры разломов рифтовой долины Юго-Западно-Индийского хребта

Введение. Юго-Западно-Индийский хребет (ЮЗИХ) формируется в условиях малых скоростей спрединга (14–16 мм/год). Его западная часть отделена от восточной системы демаркационных трансформных разломов Дю Туа – Эндрю Бейн – Принс Эдуард. Обе части формировались в различных геодинамических условиях и отличаются по морфологии, строению литосферы и современной динамике [1].

Участок западной части ЮЗИХ от 9° до 25° в.д. характеризуется полным отсутствием трансформных разломов: отдельные магматические

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

сегменты отделены друг от друга лишь небольшими (до 20 км) нетрансформными смещениями рифтовой зоны на протяжении 815 км. Причём в районе 16° в.д. хребет изменяет своё простирание на $\approx 45^\circ$: восточная часть является субортогональной направлению растяжения («*orthogonal supersegment*»), тогда как западная часть представляет собой косой спрединговый сегмент («*oblique supersegment*»). Оба сегмента формируются в условиях отсутствия мантийной термической аномалии. Мощность базальтового слоя земной коры лишь в немногих местах превышает 1–1.5 км, а базальты характеризуются повышенным содержанием K_2O , что позволяет говорить о значительной глубине залегания магматического очага [2].

Рельеф обоих суперсегментов отличается значительной расчленённостью, величина погружения долины относительно флангов достигает 2500–3000 м. В пределах ортогонального суперсегмента выделяется 14 сегментов более высокого порядка, представленных осевыми вулканическими хребтами и отделённых друг от друга впадинами нетрансформных смещений, перекрывающихся с центральными частями спрединговых сегментов. На флангах хребта и в пределах нетрансформных смещений широкое распространение получили процессы серпентинизации. В пределах косого суперсегмента преобладает резко асимметричное амагматическое растяжение с большими скоростями со стороны Антарктической плиты. Однако сегменты «сухого спрединга» отделены друг от друга магматическими сегментами, один из которых относится к крупнейшим осевым вулканическим постройкам спрединговых хребтов [2].

Морфологические различия отдельных сегментов данного участка ЮЗИХ освещены в литературе относительно слабо, в связи с чем остаются не до конца ясны причины столь значительных различий в магматизме на оси хребта и их связь с особенностями сегментации и гравитационными аномалиями [3].

Выявление морфометрических параметров разломов происходило на основе 100-метрового грида, полученного в ходе детальных батиметрических съёмок на судах Knorr и Melville в 2000–2003 гг. [2]. Выделение сбросовых уступов осуществлялось в среде ArcGIS 10.5 по растрам отенённого рельефа. Извлечение параметров осуществлялось полуавтоматизированным методом в среде RStudio по профилю в центральной части уступа. С помощью нелинейной регрессии продольный профиль уступа приводился к графику функции ошибок, по значениям производной которой непосредственно извлекались параметры. Подобная методика позволяет определять вертикальную и горизонтальную амплитуды с ошибкой менее 10% для данных с относительно низким разрешением.

В качестве морфометрических параметров были использованы горизонтальная и вертикальная амплитуды, видимая длина сбросовых уступов и минимальное расстояние между сбросовыми уступами (евклидово рас-

стояние). Значения данных параметров определяются рядом факторов, среди которых наибольшее значение имеют кинематика разломной зоны, геодинамические условия, реологические свойства разрушаемых горных пород и интенсивность экзогенных процессов. При использовании комплекса различных показателей сделаны выводы о факторах и условиях, влияющих на формирование разломной сети в пределах отдельных структур [4, 5]. Всего в пределах района исследования было выделено около 2500 разломных уступов.

По показателям горизонтальной и вертикальной амплитуд (рис. 1, а) отчётливо выделяется косой суперсегмент: в его пределах почти все сегменты второго порядка имеют значения, близкие к максимальным. Исключение составляют лишь те сегменты, которые имеют малый угол наклона относительно оси растяжения. Выделяется также юго-западный магматический сегмент с крупной осевой вулканической постройкой, где преобладают низкоамплитудные разломы. Это может быть связано с принципиально отличным механизмом растяжения в его пределах: в отличие

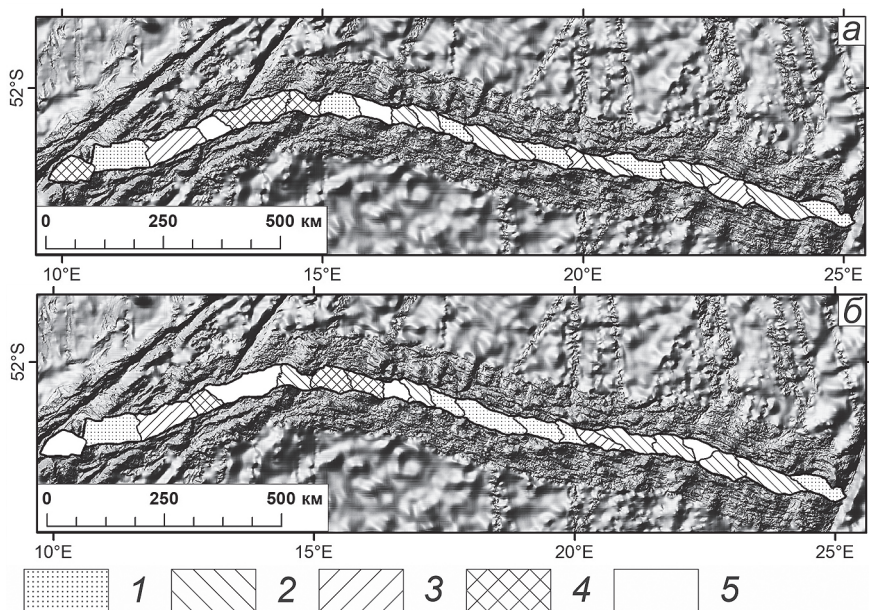


Рис. 1. Морфометрические параметры разломных уступов по сегментам западной части ЮЗИХ. а) средняя вертикальная амплитуда (м): 1 – <225, 2 – 225–250, 3 – 250–275, 4 – 275–300, 5 – >300. б) среднее расстояние между сбросовыми уступами (м): 1 – <1200, 2 – 1200–1300, 3 – 1300–1400, 4 – 1400–1500, 5 – >1500. Батиметрические данные: GMRT v.4.1

от крупных разломов, детачментов, формирующих борта амагматических сегментов, здесь преобладают мелкие разломы, сформированные как результат внедрения даек, расходящихся от центрального вулкана. Однако подобного не наблюдается для магматических сегментов, где вулканические постройки представлены небольшими осевыми вулканическими хребтами.

Ортогональный суперсегмент отличается большей однородностью строения: кроме наиболее западной части, на остальном его протяжении разломы имеют примерно одинаковые амплитуды. Выделяется аномалия 20° в.д., где наблюдаются увеличенные амплитуды. Эта же аномалия проявляется и в поле аномалии Буге [3], маркируя переход от более низких к более высоким значениям, что отражает положение вдоль осевого потока, движущегося в восточном направлении и, возможно, связанного с плюмом Буве. Участки с повышенными и пониженными значениями аномалии Буге отчётливо различаются по показателям длины разломов. Выделяются и три восточных сегмента, где наблюдаются большие вариации значений амплитуд, что также выражается и в более линейном рельефе флангов хребта. Наиболее восточный сегмент, вероятно, находится под влиянием трансформного разлома Дю Туа, обладая пониженными значениями амплитуд.

Несколько по-иному проявляется показатель среднего расстояния между разломами (рис. 1, б): для косоугольного суперсегмента он отражает степень магматической активности сегментов, вероятно, имея обратную зависимость: наименьшие значения показателя характерны для сегмента с крупным осевым вулканом, наибольшие – для сегмента с небольшим, предположительно, отмирающим осевым вулканическим хребтом. Напротив, наиболее холодные амагматические сегменты обладают повышенными значениями показателя.

Аналогичная закономерность прослеживается для ортогонального суперсегмента, причём наибольшей магматической активностью, по-видимому, характеризуются сегменты, примыкающие к восточной границе зоны пониженных значений аномалии Буге, где в настоящее время предполагается положение вдоль осевого потока более прогретого вещества. К западу же, на границе с косым суперсегментом, напротив, значения показателя являются повышенными, что может говорить об окончании основного этапа магматизма, связанного с данным мантийным потоком. К востоку от 20° в.д. характерны в целом повышенные значения, однако, отличающиеся значительно большими вариациями параметра, что, по-видимому, не может быть объяснено различиями в магматизме данных сегментов. Возможно, частичную роль в данном случае играют процессы серпентинизации, активно развивающиеся во внеосевой части рифтовой долины и на флангах хребта.

Схожим образом выражен и показатель длины в пределах ортогонального суперсегмента: по нему отчётливо выделяются два участка с относительно повышенным и пониженным магматизмом. Исключение составляют крайние восточные сегменты, примыкающие к трансформному разлому Дю Туа: вероятно, под его охлаждающим влиянием в значительно большей степени проявлены короткие, значительно удалённые друг от друга разломы, отражающие возрастающую роль пологих detachментов при растяжении.

Таким образом, морфометрические параметры сбросовых уступов косоугольного и ортогонального суперсегментов ЮЗИХ позволяют значительно дополнить имеющиеся данные о его строении и особенностях геодинамики. Так, были выделены сегменты с различной степенью влияния серпентинизации и различным уровнем магматизма. Помимо этого, в рельефе отчётливо прослеживается граница между сегментами с разными значениями аномалии Буге. В пределах косоугольного суперсегмента обнаруживаются различия в функционировании трёх магматических сегментов. Не последнюю роль на особенности сбросообразования играет наклон сегментов относительно направления растяжения.

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

Литература

1. *Sauter D., Cannat M.* The Ultraslow Spreading Southwest Indian Ridge // Diversity of hydrothermal systems on slow spreading ocean ridges. 2010. Vol. 188. P. 153–174.
2. *Standish J.J., Dick H.J.B., Michael P.J., Melson W.G., O'Hearn T.* MORB generation beneath the ultraslow spreading Southwest Indian Ridge (9–25°E): Major element chemistry and the importance of process versus source // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2008. Vol. 9. Q05004.
3. *Grindlay N.R., Madsen J.A., Rommevaux-Jestin C., Sclater J.* A different pattern of ridge segmentation and mantle Bouguer gravity anomalies along the ultra-slow spreading Southwest Indian Ridge (15°30'E to 25°E) // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1998. V. 161. P. 243–253.
4. *Escartin J., Cowie P., Searle R., Allerton S., Mitchell N., MacLeod C., Slootweg A.*, Quantifying tectonic strain and magmatic accretion at a slow-spreading ridge segment, Mid-Atlantic Ridge, 29°N // *J. Geophys. Res.* 1999. V. 104 (B5). P. 10421–10437.
5. *Кохан А.В., Дубинин Е.П.* Особенности морфоструктурной сегментации рифтовой зоны Юго-Восточного Индийского хребта в районах мантийных термических аномалий // *Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География.* 2017. № 6. С. 44–54.