

УДК 551.242

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРОЕНИЮ МЕГАТРАНСФОРМНОЙ СИСТЕМЫ ДОЛДРАМС (ЦЕНТРАЛЬНАЯ АТЛАНТИКА)

© 2020 г. С. Г. Сколотнев¹, А. Санфилиппо², А. А. Пейве^{1,*}, Ф. Мучини³, С. Ю. Соколов¹, К. Сани², К. О. Добролюбова¹, К. Феррандо⁴, Н. П. Чамов¹, А. Н. Перцев⁵, А. С. Грязнова⁶, К. Н. Шолухов⁵, А. С. Бич⁷

Представлено академиком РАН К.Е. Дегтяревым

Поступило 17.12.2019 г.

После доработки 27.12.2019 г.

Принято к публикации 10.01.2020 г.

В работе приводятся геолого-геофизическими данные, полученные в 45 рейсе нис “Академик Николай Страхов” по строению мегатрансформной системы Долдрамс в Центральной Атлантике. С учетом материалов предыдущих экспедиций было детально рассмотрено строение данного района. Батиметрические данные подтверждают сложную морфологию, включающую пять правосторонних трансформных разломов, разделенных четырьмя активными межразломными рифтовыми сегментами и указывают на изменчивость тектонических условий в пределах этой области. Драгированные породы включают весь спектр от мантийных до верхнекоровых разностей и позволяют в совокупности с детальными данными по рельефу определить происхождение ключевых структур мегатрансформной системы Долдрамс.

Ключевые слова: мегатрансформная система, Центральная Атлантика

DOI: 10.31857/S2686739720030184

В соответствии с теорией тектоники плит одним из трех типов межплитных границ являются трансформные границы, структурно выраженные трансформными разломами, впервые описанными Дж. Вильсоном. Большинство океанских трансформных границ состоит из одиночных узких (несколько км) сдвиговых зон, смещающих два сегмента срединно-океанических хребтов. В противоположность этому такие трансформные разломы, как Романш, Эндрю Бейн и ряд других

в медленно-спрединговых хребтах характеризуются широкой (>100 км) и сложной полиразломной зоной деформаций, сходной с таковой у некоторых континентальных сдвиговых систем. Совокупность разнообразных структур в пределах полиразломных зон получила название мегатрансформные системы (МТС) [1]. Представляемые исследования были направлены на изучение этого важнейшего типа межплитных границ и их влияния на процессы образования океанической литосферы.

Формирование современной океанической коры в медленно-спрединговых хребтах характеризуется большим разнообразием и вариациями мощностей коровых составляющих. Для изучения особенностей вещественного состава (степени частичного плавления, эволюции магматических расплавов, мантийных неоднородностей), а также тектонических процессов в ходе образования коры принципиальное значение имеют батиметрия высокого разрешения и опробование разрезов как рифтовых долин, так и трансформных разломов, где фрагментарно обнажаются разрезы литосферы, начиная с мантийных перидотитов и кончая лавами.

В ходе 45 рейса нис “Академик Николай Страхов”, проходившего в 2019 году, была детально изучена система трансформных разломов Приэк-

¹ Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

² Отдел наук о Земле и окружающей среде, Университет Павии, 27100, Павия, Италия

³ Национальный институт геофизики и вулканологии, Виа ди Винья Мурата 605, 00143, Рим, Италия

⁴ Центр петрографических и геохимических исследований – СНРС, Вандовр-Ле-Нанси, Франция

⁵ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия

⁶ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук, Москва, Россия

⁷ Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Ломоносов, Россия

*E-mail: apeyve@yandex.ru

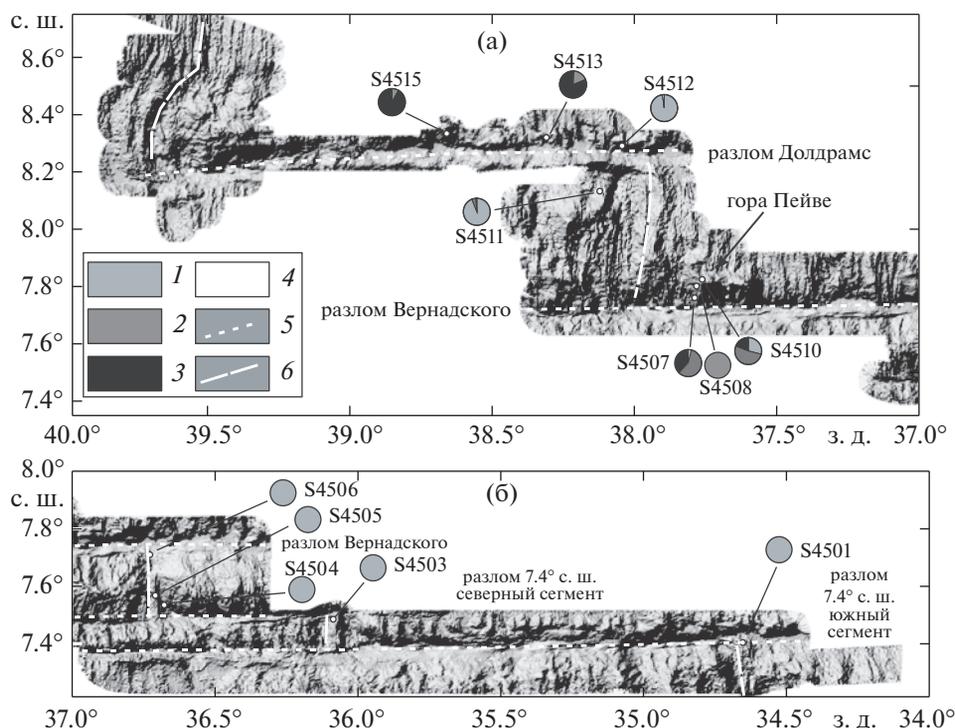


Рис. 1. Схема рельефа мегатрансформной системы Долдрамс. а – западный сегмент, б – восточный сегмент. Залитые круги – станции драгирования. В виде секторов показаны соотношения поднятых пород. 1 – базальты и долериты, 2 – габбро, 3 – ультрабазиты, в том числе тектонизированные, 4 – осадочные породы, 5 – оси разломных зон, 6 – оси межразломных рифтовых сегментов.

ваториальной Атлантики между разломами Богданова и Архангельского (7° – 9° с.ш.), центральным из которых является разлом Долдрамс, по которому в дальнейшем и будет называться вся эта МТС. Помимо упомянутых, к этой системе также относятся разломы Вернадского и двойной разлом 7.4° с.ш., состоящий из северного и южного сегментов. Эта система смещает ось Срединно-Атлантического хребта (САХ) на 600 км в восточном направлении от 39.5° до 34° з.д. Подобно другим мегатрансформам в этом регионе, МТС Долдрамс характеризуется линзовидной в плане областью шириной более 110 км. Средняя скорость спрединга составляет приблизительно 30 мм/год [2]. Была выполнена батиметрическая съемка многолучевым эхолотом по системе широтных галсов общей протяженностью 3400 км. Сделано 12 успешных станций драгирования и поднято около 1300 кг донно-каменного материала в разных частях МТС Долдрамс (рис. 1а, б). Драгированные горные породы включают: базальты (~60%), долериты (~1%), габброиды (~20%), ультрабазиты (~19%), их измененные и тектонизированные разности, осадочные породы: брекчии и песчаники с карбонатным и алевроито-глинистым цементом (<0.5%).

С учетом данных предыдущих экспедиций (6 и 9 рейсы нис “Академик Николай Страхов”) [3, 4]

мы можем установить структуру МТС Долдрамс. Батиметрические данные подтверждают сложную морфологию, включающую пять правосторонних трансформных разломов, разделенных четырьмя активными межразломными рифтовыми сегментами (МРС) длиной 25–40 км. Во всех разломных зонах присутствуют различного размера медианные хребты, разделяющие разломные зоны на сегменты.

Выявлены куполообразные структуры в пределах МТС Долдрамс, в районах сочленения разломной и рифтовой долин, представляющие собой так называемые внутренние океанические комплексы (ВОК), в англоязычной литературе – oceanic core complexes. Результаты драгировок показали, что они сложены тектонизированными мантийными и нижнекоровыми породами, выведенными на поверхность дна по пологим сбросам. Эта точка зрения подтверждается приуроченностью к данным структурам положительных гравитационных аномалий Буге, возникающих над более плотными породами.

Свежие базальты в виде фрагментов подушечных лав были получены в пределах всех МРС. Большинство базальтов – афировые и только менее 20% содержат вкрапленники оливина и плагиоклаза в различных соотношениях. Базальты с низкотемпературными изменениями (смектит,

гидроокислы железа), покрытые мощными (до 3 см) Fe–Mn-корками, подняты в пределах северного борта разломной долины Долдрамс на расстоянии около 180 км от оси САХ. За продолжительное время экспонирования на морском дне (около 12 млн лет) они претерпели изменения в результате контакта с морской водой. Сильно измененные, содержащие хлорит, часто тектонизированные, разности были подняты только в пределах ВОК на 8.1° с.ш. Здесь же были получены и частично хлоритизированные долериты, вероятно, представляющие внутренние части мощных базальтовых потоков.

Габброиды включают собственно Pl–Cpx габбро, Ol-габбро, габбро-нориты и Fe–Ti-габбро. Породы, как правило, сильно изменены и в различной степени тектонизированы, включая пластические высокотемпературные деформации и катаклаз. Пластические деформации в габбро доходят до ультрамилонитизации. В них порфирукласты пироксенов и плагиоклазов миллиметрового размера находятся в субстрате мелких необластов тех же минералов. В деформированных породах часто имеются жилы амфиболового состава. Габброиды встречаются в ассоциации с перидотитами в пределах ВОК на 8.1° с.ш, на северном борту разлома Долдрамс и на горе Пейве.

Среди перидотитов резко преобладают гарцбургиты. Они либо серпентинизированы, либо изменены в результате выветривания с формированием глинистых минералов. Большинство пород имеют порфирукластические структуры и несут следы пластических деформаций. В некоторых образцах есть жилы габбрового и пироксенитового составов, что указывает на несколько этапов миграции расплавов и на их взаимодействие с литосферной мантией.

Одно из главных наблюдений состоит в том, что каждый МРС характеризуется различной морфологией, что свидетельствует о большой изменчивости тектонических условий в пределах этой области МТС. Периферийные рифтовые сегменты на севере между разломами Вернадского – Долдрамс – Архангельского, а на юге между разломами Богданова – 7.4° с.ш. представляют собой приподнятые части МТС Долдрамс, тогда как расположенные в центральной части – между разломами Вернадского и 7.4° с.ш. и внутри двойного разлома 7.4°, являющиеся погруженными. В последних имеются крупные неовулканические хребты, локально проникающие в долины трансформных разломов, что свидетельствует о повышенной магматической активности в пределах данных структур.

Вулканическая активность в центральных МРС противоречит представлениям о том, что в коротких МРС магматизм редуцирован из-за контакта с более мощной и холодной литосферой

в районах сочленения рифта и трансформного разлома [5, 6]. Это также не согласуется с числовыми моделями, в которых предполагается, что разломы с протяженными активными частями характеризуются мощной литосферой (до 45 км для разломов с активной частью около 900 км; [1]). Тем не менее мы должны учитывать, что состав мантии играет также важную роль в определении характера и степени плавления мантии. Нельзя исключать, что вулканизм в центральной части МТС Долдрамс был вызван появлением аномального слабо деплетированного мантийного компонента, расположенного в астеносфере и ремобилизованного при активации режима растяжения. С другой стороны, повышенная вулканическая активность может быть также следствием подъема разогретого мантийного материала. Прояснить этот вопрос поможет детальное изучение составов пород и минералов данных структур.

В этой связи особенно показательно строение МРС в районе разлома 7.4° с.ш. Последний состоит из двух активных трансформных сегментов, разделенных медианным хребтом шириной около 10 км. Последний, в свою очередь, пересекается линзовидной депрессией, представляющей собой новообразованный МРС. Согласно результатам драгирования, крупный неовулканический хребет в его пределах – это самая молодая структура с меридиональным простиранием, перпендикулярным направлению спрединга. С другой стороны, медианный хребет состоит из дискордантных сигмоидальных хребтов, развернутых против часовой стрелки и возникших до формирования МРС. На континенте такие структуры интерпретируются как дуплексы растяжения [7], образованные в условиях правого сдвига с растяжением. Исходя из этого, мы можем сделать вывод о том, что данная рифтовая долина представляет собой бассейн растяжения (pull-apart), разделивший медианный хребет разлома 7.4° с.ш. Эта точка зрения согласуется с наличием крупного неовулканического хребта, который возник в результате интенсивного вулканизма и, в следствие того, что основное утонение литосферы, вероятно, было локализовано в этой части МТС Долдрамс.

Еще один тип структур, характерный для МТС Долдрамс, представлен поперечными хребтами. Наиболее высокой частью одного из них является гора Пейве (минимальные глубины около 1000 м), вытянутая вдоль северного борта разлома Вернадского и имеющая плоскую вершину. Во многом она похожа на известные поперечные хребты, сформировавшиеся на северных бортах разломов Романш и Вима, отличаясь от них меньшими размерами. По результатам опробования в ее составе преобладают различные габброиды, часть из которых тектонизирована. Есть также перидотиты и

долериты. Более протяженные, но более мелкие по размерам поперечные хребты имеются на южном борту разлома 7.4° с.ш.

Таким образом, большой объем данных, собранных в ходе 45 рейса нис “Академик Николай Страхов”, позволяет нам впервые получить детальное представление о структуре МТС Долдрамс, изучить особенности тектонического строения океанического дна данной мегатрансформной системы с несколькими внутриразломными спрединговыми центрами. Собранный каменный материал дает возможность выявить вариации состава пород вдоль простирания внутриразломных спрединговых центров, ВОК и поперечных хребтов; охарактеризовать условия и причины разнообразия обстановок частичного плавления мантии и дифференциации первичных расплавов вдоль оси спрединга в районе мегатрансформов; масштабы, характер и природу мантийной гетерогенности в районе МТС Долдрамс.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках государственных программ фундаментальных научных исследований госу-

дарственных академий наук (проекты № 0135–2019–0050, 0135–2016–0013, 0137–2019–0012, 0136–2018–0025,) при частичной поддержке грантов РФФИ (№ 18–55–7806 Итал_т, 18–05–00001, 18–05–00691), а также Bilaterale CNR и Italian Programma di Rilevante Interesse Nazionale.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ligi M., Bonatti E., Gasperini L., et al.* // *Geology*. 2002. V. 30. № 1. P. 11–14.
2. *Cande S.C., LaBrecque J.L., Haxby W.F.* // *J. Geophys. Res.* 1988. V. 93. P. 13479–13492.
3. *Пуцаровский Ю.М., Разницин Ю.Н., Мазарович А.О. и др.* Стрoение зоны разлома Долдрамс Центральной Атлантика / М.: Наука. 1991. 223 с.
4. *Пуцаровский Ю.М., Разницин Ю.Н., Мазарович А.О. и др.* // *Геотектоника*. 1992. № 6. С. 63–79.
5. *Fox P.J., Gallo D.G.* A Tectonic Model for Ridge-Transform-Ridge Plate Boundary: Implication for the Structure of Oceanic Lithosphere // *Tectonophysics*. 1984. V. 104. P. 205–242.
6. *Bonatti E., Peyve A., Kepezhinskas N., et al.* // *J. Geophys. Res.* 1992. V. 97. B. 4. P. 4461–4476.
7. *Woodcock N.H., Fischer M.* // *J. Structural. Geol.* 1986. V. 8. P. 725–735.

NEW DATA ON THE STRUCTURE OF THE DOLDRUMS MEGATRANSFORM SYSTEM (CENTRAL ATLANTIC)

**S. G. Skolotnev^a, A. Sanfilippo^b, A. A. Peyve^{a, #}, F. Muccini^c, S. Yu. Sokolov^a, C. Sani^b,
K. O. Dobroliubova^a, C. Ferrando^d, N. P. Chamov^a, A. N. Pertsev^e,
A. S. Gryaznova^f, K. N. Sholukhov^e, and A. S. Bich^g**

^a *Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^b *Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Universita' di Pavia, Pavia, Italy*

^c *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy*

^d *Centre de Recherche Petrographique et Geochimique – CNRS, Vandoeuvre-Les-Nancy, France*

^e *Institute of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^f *Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^g *Polar Marine Geological Prospecting Expedition, Lomonosov, Russian Federation*

[#] *E-mail: apeyve@yandex.ru*

Presented by Academician of the RAS K. E. Degtyarev

Paper presents the first geological and geophysical data collected in the 45th expedition of the R/V “Akademik Nikolaj Strakhov” regarding structure of the Doldrums megatransform system in the Central Atlantic. Taking into account data of previous expeditions, structure of this region was examined in detail. Bathymetric data confirm complex morphology, including five dextral transform faults, separated by four active intra-transform rift segments and indicates variability of tectonic conditions within this area. Dredged rocks include the entire spectrum from mantle to upper crustal rocks and, together with detailed bathymetric data, makes it possible to determine origin of the Doldrums megatransform system key structures.

Keywords: megatransform system, Central Atlantic