

УДК 551.242

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛОМНОЙ ЗОНЫ ЧАРЛИ ГИББС (СЕВЕРНАЯ АТЛАНТИКА)

© 2021 г. С. Г. Сколотнев^{1,*}, А. Санфилиппо², А. А. Пейве^{1,**}, Я. Нестола³, С. Ю. Соколов¹, Л. Петракчини⁴, К. О. Добролюбова¹, В. Басш², А. Н. Перцев⁵, К. Феррандо², А. Н. Иваненко⁶, К. Сани², А. А. Разумовский¹, Ф. Муччини⁷, А. С. Бич⁸, К. Палмиотто³, Ю. В. Брусиловский⁶, Э. Бонатти³, К. Н. Шолухов⁵, М. Каффаро⁴, И. А. Веклич⁶, М. Лиджи³, В. Н. Добролюбов¹

Представлено академиком РАН К.Е. Дегтяревым 14.12.2020 г.

Поступило 14.12.2020 г.

После доработки 16.12.2020 г.

Принято к публикации 17.12.2020 г.

Приводятся геолого-геофизические данные, полученные в 50 рейсе НИС “Академик Николай Страхов”, по строению мегатрансформной системы Чарли Гиббс в Северной Атлантике. С учетом ранее опубликованных материалов было детально рассмотрено строение данного района. Показано, что северный и южный сегменты САХ, разделенные трансформным разломом Чарли Гиббс, представляют собой два совершенно отличных по морфологии, а значит и по условиям формирования, структуры. Драгированные породы включают весь спектр от мантийных до верхнекоровых разностей и позволяют в совокупности с детальными данными по рельефу определить происхождение основных структур мегатрансформной системы Чарли Гиббс.

Ключевые слова: мегатрансформная система, Северная Атлантика, разлом Чарли Гиббс

DOI: 10.31857/S2686739721030105

Большинство океанских трансформных границ состоит из одиночных узких (несколько км) сдвиговых зон, смещающих два рифтовых сегмента срединно-океанических хребтов. В то же время имеются и более сложные ансамбли структур, включающие несколько сближенных разломов, разделенных короткими межразломными

рифтовыми сегментами, получившие название мегатрансформные системы (МТС) [1]. К таким системам может быть отнесен разлом Чарли Гиббс в Северной Атлантике. Его уникальность – в расположении в пограничной зоне между двумя крупными регионами Атлантического океана, имеющими заметные различия в характере процессов магматической аккреции коры. В северном из них образование коры во многом определяется влиянием Исландского плюма на процессы, происходящие в осевой зоне спрединга.

Основной целью экспедиционных работ, проведенных на НИС “Академик Николай Страхов” в 2020 г. (50-й рейс), было получение новых данных о геодинамических условиях формирования океанической коры, магматических и тектонических процессах в районе МТС Чарли Гиббс. Работы на полигоне Чарли Гиббс проводились с учетом ранее полученных данных [2–5]. Это первые детальные исследования всей активной области разлома Чарли Гиббс (54500 км²), включая два прилегающих с юга и севера рифтовых сегмента. Всего на полигоне пройдено около 5500 км профилей батиметрической съемки с помощью многолучевого эхолота Seabat-7150 фирмы “RESON” и гидромагнитной съемки с использованием магнитометров SeaSpray и Geometrics G882. На этих же галсах с помощью профиллографа EdgeTech 3300

¹ Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

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

³ Институт морских исследований, Болонья, Италия

⁴ Институт экологической геологии и геоинженерии, Рим, Италия

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

⁶ Институт океанологии им. П.П. Шишова Российской академии наук, Москва, Россия

⁷ Национальный институт геофизики и вулканологии, Рим, Италия

⁸ ВНИИОкеангеология Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: sg_skol@mail.ru

**e-mail: apeyve@yandex.ru

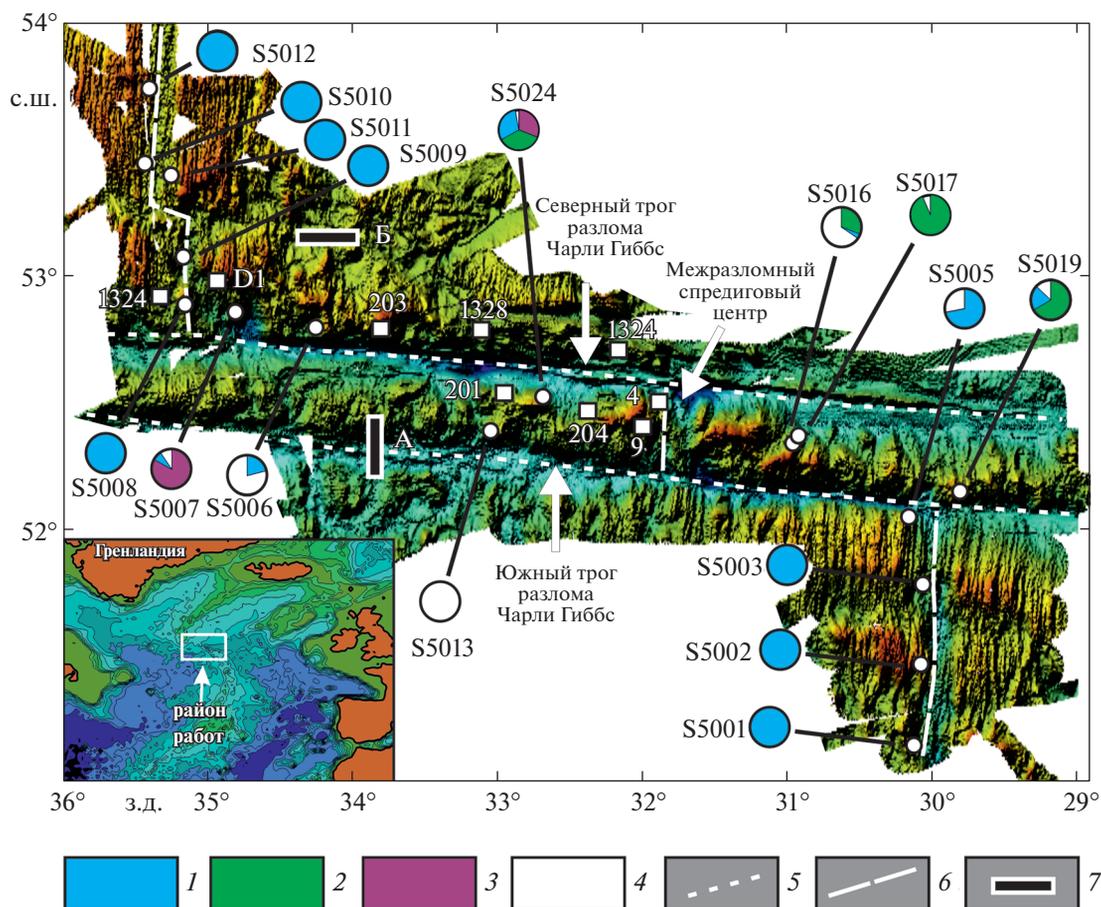


Рис. 1. Схема рельефа района разлома Чарли Гиббс. Построена на основе батиметрической съемки 50 рейса нис «Академик Николай Страх» с использованием данных [10]. Белые квадраты – станции драгирования по работам [4, 5, 11], белые круги – станции драгирования 50 рейса НИС «Академик Николай Страх». В виде секторов показаны соотношения поднятых пород. Условные обозначения: 1 – базальты и долериты, 2 – габбро, 3 – ультрабазиты, 4 – материал ледового разноса, 5 – оси разломных зон, 6 – оси рифтовых сегментов, 7 – положение разрезов, представленных на рис. 2.

производилось изучение строения верхней части осадочного чехла. Было выполнено 17 удачных драгировок в различных структурах данного полигона и подняты: базальты (65%), долериты (6%), габбро (11%), дуниты (1%), гарцбургиты (11%) и континентальный материал ледового разноса (6%) (рис. 1).

Полигон Чарли Гиббс включает три структурно-тектонических области: собственно двойной трансформный разлом Чарли Гиббс, а также рифтовые сегменты к северу и югу от трансформного разлома. Рифтовый сегмент к северу от разлома Чарли Гиббс в пределах изученной площади разделен четко выраженными в рельефе нетрансформными смещениями на три блока, отличающимися друг от друга по строению. От северного к южному блоку, т.е. в направлении к трансформному разлому увеличиваются глубина и ширина рифтовых долин. В южном блоке осевая зона состоит из нескольких рифтовых впадин, кулисообразно надстраивающихся друг друга в юго-восточ-

ном направлении и разделенных неовулканическими хребтами. Наиболее южная впадина соединяется с нодальной впадиной в зоне интерсекта. В двух наиболее северных блоках строение Срединно-Атлантического хребта (САХ) за пределами осевой зоны типичное для медленно-спрединговых хребтов и характеризуется развитием рифтовых гор в виде протяженных рифтовых хребтов и гряд, разделенными неширокими и неглубокими впадинами, параллельными рифтовой долине. В приразломном южном блоке за пределами осевой зоны развиты структуры типа внутренних океанических комплексов (ВОК). Такое строение характерно для приразломных сегментов других МТС, например, Романш [1, 2] или Долдрамс [3]. Строение САХ к северу от разлома Чарли Гиббс указывает на уменьшение роли магматизма и увеличение роли тектонического растяжения в процессе спрединга по мере приближения к трансформному разлому. Об этом свидетельствуют и результаты опробования. В двух

северных блоках драгированы только свежие базальты, в приразломном блоке среди продуктов драгирования доминируют глубинные породы: ультрабазиты и габброиды (рис. 1). По данным предыдущих исследований в пределах северного борта северной трансформной долины (станция драгирования 203 [4]) также распространены ультрабазиты.

Рифтовый сегмент к югу от разлома Чарли Гиббс в пределах изученной площади разделен на три блока нетрансформными смещениями. Наиболее полно изученные два более северных из них, включая приразломный блок, имеют близкое и типичное для САХ строение. В осевой зоне наблюдается глубокая рифтовая долина с небольшими неовулканическими хребтами, а за ее пределами развиты типичные рифтовые горы. К югу от разлома Чарли Гиббс высота рифтовых гор существенно меньше, чем таковых к северу от разлома. Из осевых зон всех трех блоков, включая нодальную впадину, образовавшуюся в зоне интерсекта рифта и южной ветви разлома Чарли Гиббс, подняты исключительно базальты. Следует отметить, что такое строение приразломного блока не является характерным для МТС и свидетельствует о нетипично высокой для таких условий интенсивности магматизма.

Разлом Чарли Гиббс образован северной и южной разломными долинами и межразломным хребтом между ними. В сравнении с южной, северная долина в своей активной части более протяженная и глубокая и состоит из перемежающихся поднятий и впадин. Она осложнена медианным хребтом, переходящим из активной в восточную пассивную часть. Межразломный хребет рассечен в районе 31.8° з.д. межразломным спрединговым центром, протяженностью около 40 км, представленным широкой рифтовой долиной, заканчивающейся на обоих концах нодальными впадинами. В рифтовой долине имеются хребты, один из которых по данным драгирования [5] имеет вулканическую природу. Оба фланга межразломного хребта (к востоку и к западу от рифтовой долины) состоят из блоково-глыбовых горных сооружений, разделенных неглубокими вытянутыми впадинами. Простираение впадин в целом совпадает с таковым долины современного межразломного спредингового центра. Высота поднятий закономерно увеличивается с приближением к данному спрединговому центру. Наиболее высокие поднятия на обоих флангах, непосредственно граничащие с рифтовой долиной, являются ВОК, что согласно [6, 7] подтверждается наличием тектонических борозд выпахивания параллельных направлению спрединга на их поверхности и результатам драгирования, в соответствии с которыми они сложены габброидами и ультрабазитами. Опробованные нами структуры межразломного хребта сложены преимущественно

габброидами. Эти данные указывают на то, что формирование литосферы межразломного хребта происходило при решающей роли тектонического растяжения в условиях так называемого сухого спрединга.

По результатам гидромагнитной съемки в пределах САХ к северу и югу от разлома Чарли Гиббс устанавливается отчетливый полосовой характер магнитных аномалий. В районе собственно МТС Чарли Гиббс магнитные аномалии имеют небольшую амплитуду и располагаются незакономерно. Исключение составляет высокоамплитудная положительная аномалия, приуроченная к межразломному спрединговому центру.

Расположение очагов землетрясений и их факральные механизмы в соответствии с каталогом землетрясений согласуются с региональной структурой и соответствуют правосторонним сдвигам вдоль трансформных долин и сбросам как в пределах северного и южного сегментов САХ, так и в межразломном спрединговом центре.

Основная масса драгированных базальтов получена из осевых зон спрединга. Это свежие базальты без признаков вторичных изменений с многочисленными закалочными стеклами. Среди габброидов, поднятых только в пределах структур межразломного хребта Чарли Гиббс, преобладают типичные для океанической коры оливиновые габбро (63%). В меньшем количестве подняты рудные габбро (22%), габбронориты (15%) и собственно габбро (<1%). Все эти породы изотропные и не несут явных признаков тектонических деформаций. Перидотиты в основном представлены гарцбургитами (94%), но встречаются также дуниты (6%). Породы сильно серпентинизированы, менее серпентинизированные разновидности подверглись значительному гальмиролизу.

Анализ данных акустического профилирования верхних частей осадочного разреза показал, что здесь присутствуют 4 сейсмокомплекса четвертичного возраста, образование которых связано с гляциальными циклами [8, 9], модулирующими поступление терригенного материала из арктических вод. Имеются и осадочные тела в форме сейсмофаций облекания, сформированные преимущественно контурными течениями на абиссальном пространстве, примыкающем к району работ с северо-востока, а также течениями вдоль разломных трогов, с формированием сейсмофаций, сходных с прирусловыми фациями, называемыми “канальными дрефтами” [8]. Повсеместно встречаются осадочные тела с хаотичной внутренней структурой, имеющие повышенную акустическую мутность, являющиеся результатом оползневых процессов у подножия склонов при сходе слабokonсолидированных осадков в сейсмически активном районе (рис. 2а). Отклонения акустической стратификации осад-

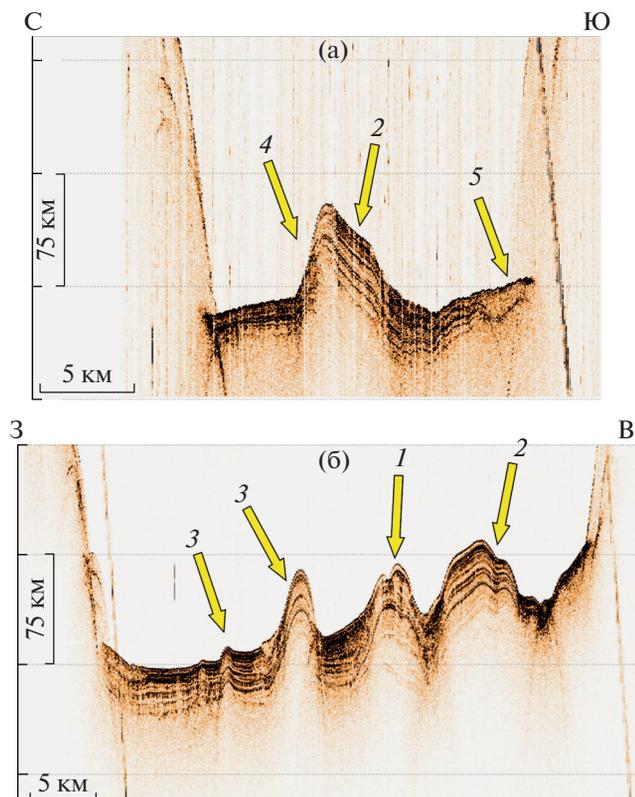


Рис. 2. Строение верхних частей осадочного чехла в районе мегатрансформной системы Чарли Гиббс. Положение разрезов на батиметрической схеме: а – в пассивной части южного трюга; б – на фланге северного трюга. Цифрами на схеме показаны: 1 – “канальный дрейф”, 2 – штамповая складка, 3 – структура протыкания, 4 – взброс, 5 – осадочное тело с хаотичной структурой.

ков от субгоризонтального залегания обусловлены комбинацией двух факторов: облеканием неоднородностей фундамента осадочным материалом, перемещаемым течениями со средней скоростью осадконакопления 45 м/млн лет [9], и тектоническими деформациями. Последние встречаются внутри разломных трюгов в виде штамповых складок, ограниченных взбросовыми нарушениями, оси которых прослеживаются вдоль трюгов на расстояния до 100 км. На удалении от бортов разломных трюгов они могут иметь характер структур протыкания (рис. 2б). Вне разломных трюгов деформации, вероятно, приурочены к разломам сдвигового парагенеза, возникающих по механизму сколов Риделя. В пределах первого и третьего комплексов встречаются области повышенных значений коэффициента отражения, указывающего на примесь вулканокластического материала в осадках. Отметим, что заполненные осадками разломные трюги имеют признаки современных тектонических нарушений структуры осадков как в активных, так и в пассивных частях.

Таким образом, проведенные комплексные геолого-геофизические исследования в районе МТС Чарли Гиббс, дали фактический материал, детальное исследование которого позволит охарактеризовать и выяснить причины различий в тектоническом строении и условиях аккреции океанической коры и осадочного чехла как в собственно мегатрансформе Чарли Гиббс, так и в рифтовых сегментах, примыкающих к нему. Было показано, что северный и южный сегменты САХ, разделенные трансформным разломом Чарли Гиббс, представляют собой два совершенно отличных по морфологии, а значит и по условиям формирования, структуры. Драгированные породы включают весь спектр от мантийных до верхнекорковых разностей и позволяют в совокупности с детальными данными по рельефу определить происхождение основных структур мегатрансформной системы Чарли Гиббс.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках государственных программ фундаментальных научных исследований государственных академий наук (проекты № 0135-2019-0050, 0136-2018-0025, 0135-2019-0076, 0149-2019-0006) при частичной поддержке грантов РФФИ (№ 18-55-7806 Итал_т, 18-05-00316, 18-05-00691), двустороннего соглашения CNR/RFBR 2018–2020 (CUP-B36C17000250005) и итальянской национальной программой (PRIN_2017KY5ZX8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ligi M., Bonatti E., Gasperini L., et al. // *Geology*. 2002. V. 30. P. 11–14.
2. Bonatti E., Ligi M., Gasperini L., et al. // *J. Geoph. Res.* 1994. V. 99. P. 21779–21802.
3. Skolotnev S.G., Sanfilippo A., Peyve A.A., et al. // *Ofioliti*. 2020. V. 45. P. 25–41.
4. Hekinian R., Aumento F. // *Marine Geology*. 1973. V. 14. P. 47–72.
5. Whitmarsh R.B. // *Institute of Oceanographic Sciences, Cruise Report*, 1982. № 137. 33 p.
6. Georgiopoulou A., Murton B. // *Report for the Atlantic Seafloor Partnership for Integrated Research and Exploration Science Planning Workshop*. 2018. P. 53–54.
7. Georgiopoulou A. and CE18008 Scientific Party // *Research Survey Report*. Marine Institute of Ireland, Dublin. 2018. P. 1–24.
8. Баширова Л.Д., Дорохова Е.В., Сивков В.В. и др. // *Океанология*, 2017. Т. 57. № 3. С. 491–502.
9. *DSDP Leg 94* // *Report. Hole 611*. 1983. P. 471–590.
10. Furey T. *Atlantic Ocean Research Alliance (AORA) Bathymetry Data*. Marine Institute, Ireland. 2020. https://erddap.marine.ie/erddap/griddap/AOR-A_asc.html
11. Chernysheva E.A., Kharin G.S. // *Petrology*. 2009. V. 17. P. 476–487.

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDIES OF THE CHARLIE GIBBS FRACTURE ZONE (NORTH ATLANTIC)

S. G. Skolotnev^{a,#}, A. Sanfilippo^b, A. A. Peyve^{a,##}, Y. Nestola^c, S. Yu. Sokolov^a, L. Petracchini^d,
K. O. Dobrolybova^a, V. Basch^b, A. N. Pertsev^e, C. Ferrando^b, A. N. Ivanenko^f, C. Sani^b,
A. A. Razumovskii^a, F. Muccini^g, A. S. Bich^h, C. Palmiotto^c, Y. V. Brusilovsky^f, E. Bonatti^c,
K. N. Sholukhov^e, M. Cuffaro^d, I. A. Veklich^f, M. Ligi^c, and V. N. Dobrolybov^a

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

^b Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia, via Ferrata 1, 27100, Pavia, Italy

^c Istituto di Scienze Marine – CNR, Bologna, via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy

^d Istituto Geologia Ambientale e Geoingegneria – CNR, P.le A. Moro 5, 00185 Roma, Italy

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

^f Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

^g Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italy

^h VNIIOkeangeologia, Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russian Federation

[#]e-mail: sg_skol@mail.ru

^{##}e-mail: apeyve@yandex.ru

Presented by Academician of the RAS K.E. Degtyariov December 14, 2020

The paper presents geological and geophysical data obtained during the 50-th cruise of R/V “Akademik Nikolaj Strakhov” of the Charlie Gibbs megatransform system structure in the North Atlantic. Taking into account previously published data, the structure of this area was examined in detail. It has been shown that the northern and southern segments of the MAR, separated by the Charlie Gibbs transform fault, are completely different in morphology, and hence in terms of formation. The dredged rocks cover the entire spectrum from mantle to upper crustal varieties and allow, together with detailed data on the morphology, to determine the origin of the main structures of the Charlie Gibbs megatransform system.

Keywords: megatransform system, the North Atlantic, the rift Charlie Gibbs