

УДК 551.242

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА ТРАНСФОРМНОГО РАЗЛОМА ЧАРЛИ ГИББС (СЕВЕРНАЯ АТЛАНТИКА)

© 2022 г. С. Г. Сколотнев^{1,*}, А. А. Пейве¹, А. Н. Иваненко², К. О. Добролюбова¹, А. Санфилиппо³, М. Лиджи⁴, С. Ю. Соколов¹, И. А. Веклич², Л. Петракчини⁴, В. Басш³, К. Феррандо³, К. Сани³, М. Биккерт⁵, Ф. Муччини⁴, К. Палмиотто⁴, М. Каффаро⁴, Д. А. Кулешов⁶, В. Н. Добролюбов¹, Н. А. Шкиттин¹, С. А. Докашенко⁷, Е. С. Яковенко⁷

Представил академик РАН К.Е. Дегтярев 17.01.2022 г.

Поступило 17.01.2022 г.

После доработки 27.01.2022 г.

Принято к публикации 17.02.2022 г.

Рассмотрено геологическое строение крупной вулканической постройки, находящейся на восточном фланге крупного трансформного разлома Чарли Гиббс в Северной Атлантике в районе подводного поднятия Восточное Туле. Показано, что вулканическая постройка сформировалась вблизи осевой зоны САХ в интервале 64–67 млн лет. В дальнейшем ее вершинная часть была разрушена волновой абразией, а затем погрузилась вместе с океанической частью плиты на 2500 м. Сделан вывод о том, что вулканизм в рифтовой впадине Роколл оказывал влияние на более южный район, который уже являлся океаническим бассейном и был отделен от данной впадины трансформным разломом Чарли Гиббс.

Ключевые слова: Северная Атлантика, разлом Чарли Гиббс, поднятие Восточное Туле, внутриплитный вулканизм, плато Роколл, плюм

DOI: 10.31857/S2686739722060147

Одной из задач 53-го рейса НИС “Академик Сергей Вавилов”, состоявшегося осенью 2021 г., было изучение внутриплитных процессов в Северной Атлантике. Эти процессы, как правило, сопряжены с подъемом плюмов глубинной мантии, порождающим внутриплитный вулканизм, что приводит к формированию на поверхности океанического дна отдельных вулканических гор,

их цепей, а также вулкано-тектонических поднятий. Исландский и Азорский — это наиболее крупные плюмы в Северной Атлантике. Первый из них расположен под осевой зоной спрединга Срединно-Атлантического хребта (САХ), второй находится вблизи нее [1]. Между этими двумя плюмами на восточном фланге САХ отмечается ряд более мелких плюмов, функционирование которых привело к образованию Азоро-Бискайского поднятия и вулканических гор вблизи трога Кинг. На восточном фланге крупного трансформного разлома Чарли Гиббс в Северной Атлантике находится подводное поднятие Восточное Туле [2]. Симметрично этому поднятию на западном фланге САХ располагается поднятие Западное Туле, что дает основание полагать, что в геологическом прошлом эти два поднятия были единой структурой, сформировавшейся в осевой зоне спрединга САХ в результате подосевого поднятия плюма глубинной мантии [3]. Возраст этого поднятия оценивается в 54–46 млн лет (эоцен), а вулканическая активность в его пределах продолжалась около 8 млн лет [3]. Образование поднятия Туле связывается с горячей точкой Милна, которая существовала под осевой частью САХ с

¹Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

²Институт океанологии им. П.П. Ширинова Российской академии наук, Москва, Россия

³Отдел наук о Земле и окружающей среде, Университет Павия, Италия, 27100, Павия, Виа Феррата 1

⁴Институт морских исследований — CNP, Италия, 40129, Болонья, Виа Гобетти 101

⁵Университет Модена, Италия, 41121, Модена, Виа Уневерсита, 4

⁶Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

⁷Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: sg_skol@mail.ru

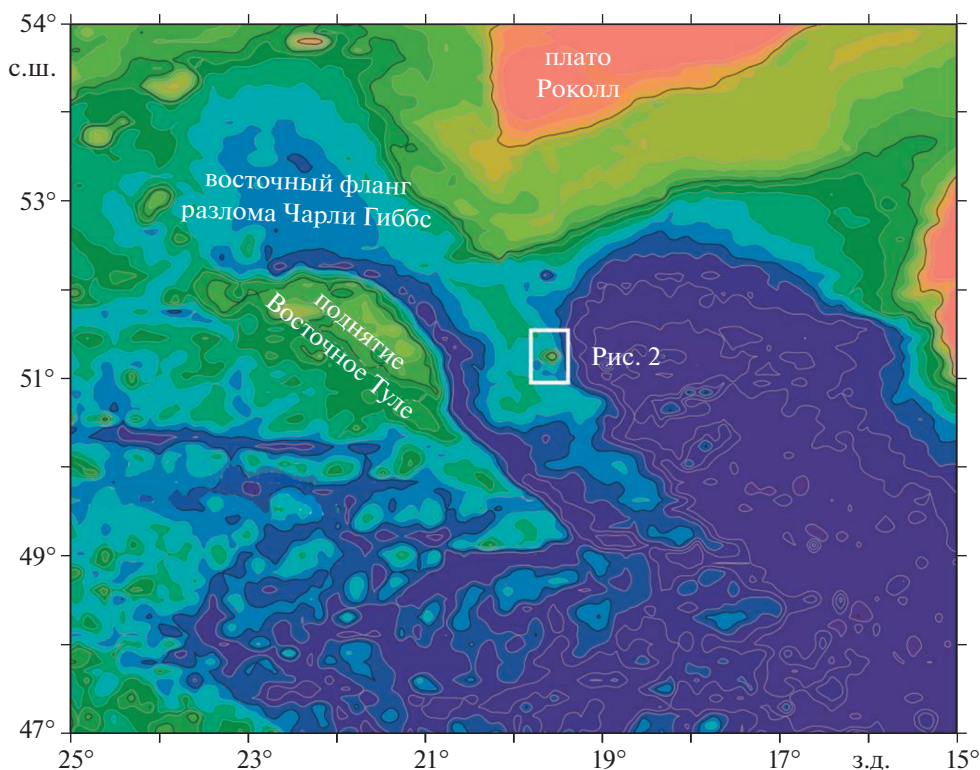


Рис. 1. Карта рельефа района восточного фланга разлома Чарли Гиббс (Северная Атлантика). Белым прямоугольником показано положение рис. 2.

76 млн лет и мигрировала вдоль САХ как к югу, так и к северу [4].

В 50-м рейсе нис “Академик Николай Стрехов” в районе поднятия Восточное Туле была обнаружена и подтверждена батиметрической съемкой крупная подводная гора с центром $51^{\circ}15' \text{ с.ш.}, 19^{\circ}35' \text{ з.д.}$ (в дальнейшем гора 51-19). Она располагается на приподнятой линейной структуре, отходящей в юго-восточном направлении от поднятия, объединяющего плато Роколл и впадину Роколл, которая прослеживается под осадками на сейсмических профилях [5]. Эта структура протягивается параллельно поднятию Восточное Туле и отделена от него узкой глубокой депрессией (рис. 1).

Во впадине Роколл имеются погруженные поздне меловые вулканические хребты Барра [5]. В настоящее время трудно однозначно сказать, является ли данное поднятие юго-западным продолжением хребтов Барра или оно относится к поднятию Восточное Туле, когда-то разделенному на две части глубокой депрессией.

На основе батиметрической съемки с помощью многолучевого эхолота RESON SEABAT-7150 была построена среднемасштабная батиметрическая карта горы 51-19 (рис. 2а). В 53-м рейсе НИС “Академик Сергей Вавилов” в этом районе были

проведены магнитная съемка с использованием магнитометра SeaSpray (рис. 2б) и драгирование.

Гора 51-19 имеет форму, близкую к усеченному конусу, слегка вытянутому в меридиональном направлении. Она возвышается над уровнем дна на 1500 м, поднимаясь с глубины 4000 м. Ее плоская вершина располагается на глубине 2500 м. Диаметр ее основания около 18 км, а размер плоской вершинной части (с севера на юг) — 8 км. Склоны горы осложнены мелкими конусовидными горами диаметром до 1.5 км и высотой от 100 до 200 м, особенно их много на северо-восточном склоне горы. Таким образом, морфология горы свидетельствует о том, что это вулканическая постройка, которая ранее выступала над уровнем моря. Ее вершинная часть была размыва волновой абразией на уровне поверхности моря и указывает на этап разрушения потухшего вулкана, до того, как образовавшийся гайот стал опускаться вместе с опусканием океанического дна. Мелкие конусовидные горки являются побочными вулканическими постройками.

По результатам магнитной съемки была построена карта аномального магнитного поля горы 51-19 с использованием данных геофизической базы Geodas [6]. Горе соответствует обширная однополярная отрицательная аномалия с максимальной амплитудой около -550 нТл . Как и сама

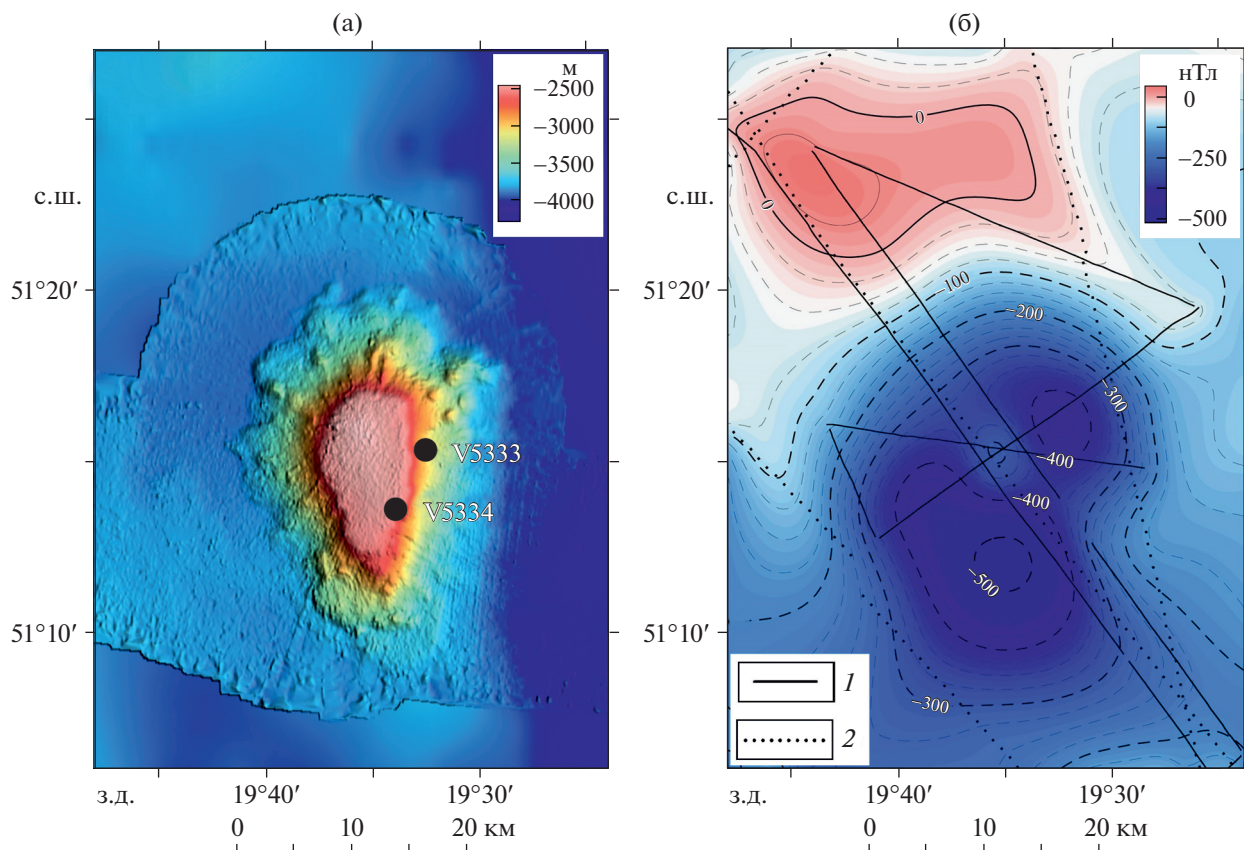


Рис. 2. Карта рельефа (а) и карта аномального магнитного поля (б) в районе горы 51-19. Черные кружки на (а) – положение станций драгирования. На (б): 1 – магнитные профили 53-го рейса НИС “Академик Сергей Вавилов”; 2 – магнитные профили из геофизической базы GEODAS [6].

гора, аномалия слегка вытянута в меридиональном направлении. В структуре аномалии четко выделяются два локальных отрицательных экстремума –550 и –450 нТл, разделенных зоной повышенных значений поля. Менее интенсивный северо-восточный экстремум в плане соответствует склону горы, где имеет место концентрация побочных вулканов. Таким образом, очевидно, что рассматриваемая вулканическая постройка образовалась в одну из эпох существования обратной полярности магнитного поля Земли. Непосредственно к северу от горы 51-19 выделяется положительная аномалия около +50 нТл, которая, по-видимому, связана с другими источниками аномального поля.

В процессе экспресс-обработки данных по схеме, предлагаемой в [7], установлено, что аномалию от горы 51-19 можно аппроксимировать набором двух дипольных источников. Первый расположен в ее южной части на глубине свыше 8 км (4 км ниже дна). Полученные подобным образом оценки для конических и цилиндрических тел дают глубину, близкую к их основанию, т.е. нижней кромке. Второй источник расположен в северо-восточной части горы. Глубина до него

3.3 км, что соответствует северо-восточному склону постройки. Это свидетельствует в пользу того, что этот источник генетически связан с концентрацией в этой части горы упомянутых выше небольших конусообразных вулканических построек. Исходя из проделанных расчетов, можно ожидать, что под горой располагается застывшая магматическая камера, простирающаяся до глубины 4 км.

Основываясь на глобальной гравитационной модели Земли с разрешением 2 угловых минуты, представленной в работе [8], для горы 51-19 и ее окрестностей была построена карта остаточных аномалий Буге (исключен билинейный тренд) (рис. 3).

Эти аномалии формируют в данном районе знакопеременную, квазикольцевую, концентрическую структуру. Центральная гравитационная отрицательная аномалия округлой формы совпадает с самой горой и, соответственно, ее появление обусловлено повышенной мощностью коры в районе горы, сформированной в ходе вулканической активности. Эта аномалия окружена полукольцом положительных локальных остаточных аномалий, что указывает на уменьшенную мощ-

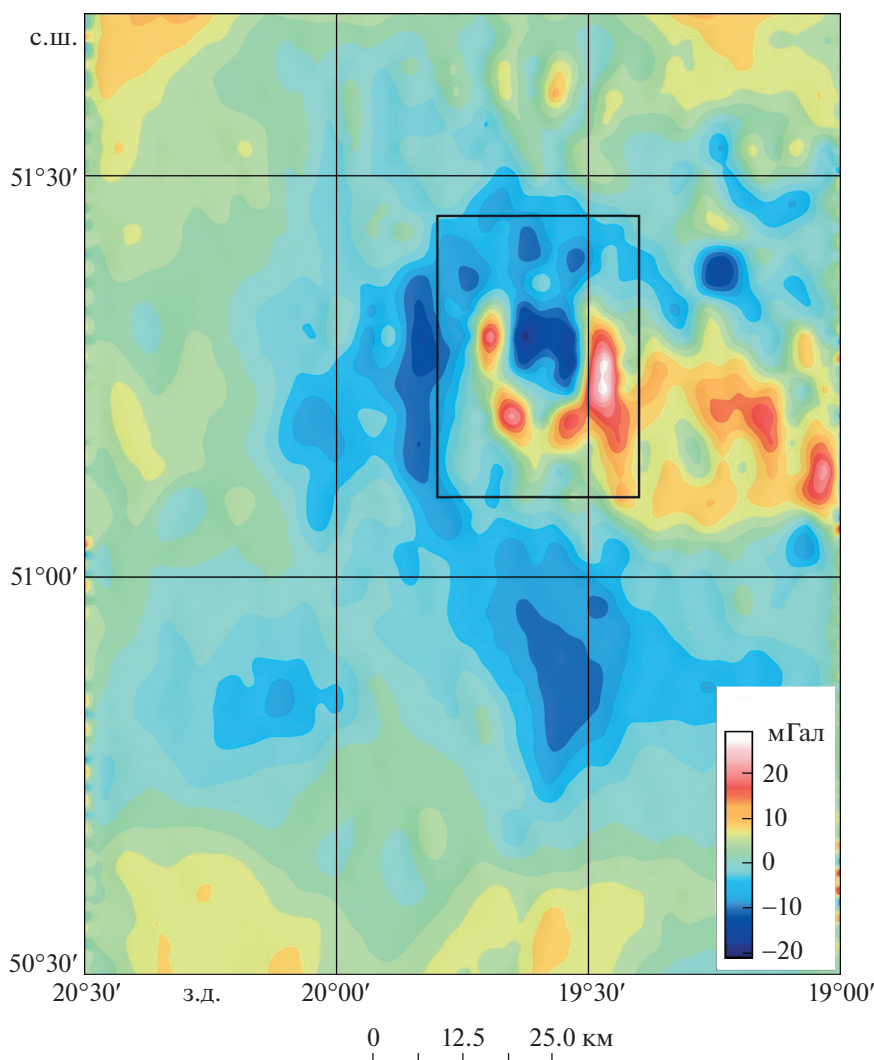


Рис. 3. Карта остаточных аномалий силы тяжести в редукции Буге [8]. Прямоугольником околнурена область рис. 2.

ность коры вокруг вулканической постройки. Скорее всего, уменьшение мощности коры по периферии вулкана связано с прогибом литосферы из-за литостатической нагрузки. В свою очередь, это говорит о формировании вулкана на достаточно тонкой литосфере, возможно, вблизи осевой зоны САХ.

В верхней части восточного склона горы 51-19 были сделаны две станции драгирования: V5333 (51.25° с.ш., 19.55° з.д. в интервале глубин 3150–2600 м) и V5334 (51.24° с.ш., 19.54° з.д. в интервале глубин 2680–2630 м) (см. рис. 2а). Результаты драгировок подтвердили вулканическую природу горы. Наряду с породами, являющимися продуктами ледового разноса, подняты базальты, среди которых выделяются афировые и порфиоровые разности (до 10–15% вкрапленников). В последних преобладают вкрапленники плагиоклаза, но также встречаются оливин и клинопироксен.

Есть пористые разности афировых базальтов. Округлые пустые поры размером от 0.5 до 7 мм составляют 20–25% объема породы. Очевидно, что сильно пористые базальты сформировались либо в мелководных условиях, либо выше уровня моря.

Таким образом, исследованная гора 51-19, являющаяся гайотом, сформировалась в результате мощного импульса вулканической активности. Сформировавшийся вулкан выступал над уровнем моря. Перестав быть активным, он дрейфовал вместе с Евразийской плитой в восточном направлении, погружаясь вместе с океанической частью плиты. Когда его вершинная часть достигла уровня поверхности моря, она под абразионным действием волн была срезана. В соответствии с глубинным уровнем плоской поверхности горы (2500 м) и с учетом скорости опускания океанического дна со скоростью около 0.04 мм/год согласно [9], полностью гора 51-19 оказалась ни-

же уровня моря около 62.5 млн лет назад. Следовательно, возникла она в еще более раннее время. Принимая во внимание, что гора 51-19 находится между полосовыми магнитными аномалиями 25 и 31 [10], она могла образоваться в соответствии с магнитостратиграфической шкалой [11] в интервале 64–70 млн лет. Поскольку над горой находится отрицательная магнитная аномалия, этот интервал можно сузить до 64–67 млн лет (поздний мел) – времени обратной магнитной полярности [11]. Этот возраст свидетельствует о том, что вулкан формировался вблизи осевой зоны САХ, что хорошо согласуется с приведенными выше данными об аномалиях Буге над горой, которые говорят об относительно тонкой литосфере под горой во время ее образования.

Эта расчетная возрастная оценка вулканической активности ближе ко времени образования вулканических хребтов Барра, возраст которых в соответствии с [5] – поздний мел. Следовательно, можно ожидать, что вулканизм в рифтовой впадине Роколл оказывал влияние на более южный район, который уже являлся океаническим бассейном и был отделен от нее трансформным разломом Чарли Гиббс.

Таким образом, проведенные исследования показали, что подводная гора 51-19, расположенная у восточного окончания разлома Чарли Гиббс, является гайотом, образовавшимся при разрушении под действием волн верхней части вулкана, сложенного базальтами, возникшего около 64–67 млн лет вблизи осевой зоны спрединга САХ. Скорее всего, данный палеовулкан является продуктом позднемеловой вулканической активности, имевшей место в данном регионе и приведшей к образованию вулканических хребтов Барра во впадине Роколл.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены в Геологическом институте РАН за счет средств Российского научного фонда, проект № 22-27-00036.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Montelli R., Nolet G., Dahlen F.A., Masters G.A.* Catalogue of Deep Mantle Plumes: New Results from Finite-frequency Tomography // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2006. V. 7. № 11. P. 1–69.
2. *General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO).* Ottawa: Canad. Hydrogr. Serv. 2004.
3. *Louden K.E., Tucholke B.E., Oakey G.N.* Regional Anomalies of Sediment Thickness, Basement Depth and Isostatic Crustal Thickness in the North Atlantic Ocean // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 224. P. 193–211.
4. *Whitmarsh R.B., Ginzburg A., Searle R.C.* The Structure and Origin of the Azores-Biscay Rise, North-east Atlantic Ocean // *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 1982. V. 70. P. 79–107.
5. *Scrutton R.A., Bentley P.A.D.* Major Cretaceous Volcanic Province in Southern Rockall Trough // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1988. V. 91. P. 198–204.
6. *National Centers for Environmental Information (NCEI).* <https://www.ngdc.noaa.gov/>.
7. *Веклич И.А., Иваненко А.Н., Левченко О.В.* Аномальное магнитное поле ΔТа экваториальной части Индийского океана (съёмка на полигонах) // *Вестник КРАУНЦ* 2020. № 1. Вып. 45. С. 17–37.
8. *Bonvalot S., Balmino G., Briais A., Kuhn M., Peyrefitte A., Vales N., Biancale R., Gabalda G., Reinquin F., Sarrailh M.* World Gravity Map. Commission for the Geological Map of the World, UNESCO, Paris, France, 2012.
9. *Slater J.G., Anderson R.N., Bell M.L.* Elevation of Ridges and Evolution of the Central Eastern Pacific // *J. Geophys. Res.* 1971. V. 76. P. 7888–7915.
10. *Международный геолого-геофизический атлас Атлантического океана // Удинцев Г.Б. (гл. ред.) МОК (ЮНЕСКО), МИНГЕО СССР, АН СССР, ГУГК СССР. Москва. 1989–1990. 158 с.*
11. *Heirtzler J.R., Dickson G.O., Herron E.M., Pitman W.C., Le Pichon X.* Marine Magnetic Anomalies, Geomagnetic Field Reversals and Motions of the Ocean Floor and Continents // *J. Geophys. Res.* 1968. V. 73. № 6. P. 2119–2136.

NEW DATA ON THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE EASTERN FLANK OF THE CHARLIE GIBBS TRANSFORM FAULT (NORTH ATLANTIC)

S. G. Skolotnev^{a, #}, A. A. Peyve^a, A. N. Ivanenko^b, K. O. Dobrolyubova^a, A. Sanfilippo^c, M. Ligi^d, S. Yu. Sokolov^a, I. A. Veklich^b, L. Petracchini^d, V. Basch^c, C. Ferrando^c, C. Sani^c, M. Bickert^e, F. Muccini^d, C. Palmiotto^d, M. Cuffaro^d, D. A. Kuleshov^f, V. N. Dobrolyubov^a, N. A. Shkittin^a, S. A. Dokashenko^g, and E. S. Yakovenko^g

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

^b*Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^c*Dipartimento di Scienze della Terra e dell’Ambiente, Universita’ di Pavia, Italy, 27100, Pavia, via Ferrata 1*

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

^e*University of Modena, Italy, 41121, Modena, Via Universita 4*

*^fInstitute of Petroleum Geology and Geophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation*

^gSaint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russian Federation

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

Presented by Academician of the RAS K.E. Degtyarev January 17, 2022

The article discusses geological structure of a large volcanic edifice located on the eastern flank of the Charlie Gibbs fracture zone (FZ) in the North Atlantic in the region of the Eastern Thule submarine rise. It is shown that the volcanic edifice was formed near the axial zone of the Mid-Atlantic Ridge in the age interval of 64–67 Ma. Subsequently, its summit part was destroyed by wave abrasion, and then sank along with the oceanic part of the plate to 2500 m. It was concluded that volcanism in the Rockall Rift Basin influenced more southern region, which was already an oceanic basin and was divided by the Charlie Gibbs FZ.

Keywords: North Atlantic, Charlie Gibbs FZ, Eastern Thule Rise, intraplate volcanism, Rockall Plateau, plume