

УДК 552.31

ПЕТРОГРАФИЯ ВУЛКАНО-ЭДАФОГЕННОГО ГРУБООБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ ТРАНСФОРМНОГО РАЗЛОМА ВИМА (ЦЕНТРАЛЬНАЯ АТЛАНТИКА)

**Дмитрий Михайлович Коршунов¹✉, Ивар Оскарович Мурдмаа²,
Василий Дмитриевич Щербаков³**

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; dmit0korsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8500-7193>

² Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия; murdmaa@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; vasiliiy7@gmail.com

Аннотация. Изучен вулкано-эдафогенный материал, поднятый дночертателем в 53-м рейсе НИС «Академик Иоффе» с глубины 4685 м в районе трансформного разлома Вима. Рассмотрены минералогия и химический состав магматических образований. Сделана попытка первичного приблизительного моделирования некоторых условий образований этого материала. Выяснена гидрогенная природа железомарганцевых корок, обнаруженных в обломках магматических образований. Проанализирована связь образования вулкано-эдафогенного материала с действием придонных океанических течений.

Ключевые слова: трансформный разлом Вима, петрография, магматизм, гравитационно-обломочный поток, придонные течения

Для цитирования: Коршунов Д.М., Мурдмаа И.О., Щербаков В.Д. Петрография вулкано-эдафогенного грубообломочного материала из трансформного разлома Вима (Центральная Атлантика) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2022. № 6. С. 83–87.

PETROLOGY OF VOLCANIC-EDAPHOGENIC COARSE CLASTIC MATERIAL FROM THE WIMA TRANSFORM FAULT, CENTRAL ATLANTIC

Dmitriy M. Korshunov¹✉, Ivar O. Murdmaa², Vasiliy D. Shcherbakov³

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; dmit0korsh@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8500-7193>

² Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia; murdmaa@mail.ru

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; vasiliiy7@gmail.com

Abstract. Volcano-edaphogenic material was studied, which was raised by a grab sampler during cruise 53 of the R/V Akademik Ioffe from the water depth of 4685 m in the area of the Vima transform fault. Mineralogy and the distribution of chemical elements between the minerals of magmatic origin are considered. An attempt was made to roughly estimate the crystallization temperature of aphyric basalts. The hydrogenic nature of ferromanganese crusts covering the fragments of magmatic origin is has been clarified. The relationship between the formation of volcano-edaphogenic material and bottom ocean currents is analyzed.

Key words: Vima Transform Fault, petrography, magmatism, gravity-clastic flow, bottom currents

For citation: Korshunov D.M., Murdmaa I.O., Sherbakov V.D. Petrology of volcanic-edaphogenic coarse clastic material from the Wima transform fault, central Atlantic. *Moscow University Geol. Bull.* 2022; 6: 83–87. (In Russ.).

Введение. Трансформный разлом Вима — один из самых крупных разломов Центральной Атлантики. Он протягивается вдоль 11° с. ш. более чем на 500 км и смещает ось спрединга Срединно-Атлантического хребта (САХ) на 320 км, образуя соответствующий тектонически активный отрезок между двумя рифтами — западным на севере и восточным на юге от него. Геоморфологически зона разлома выражена широкой трансформной долиной, борта которой представляют собой сложнопостроенные трансформные хребты. В настоящее время южный борт сравнительно хорошо изучен в результате многочисленных драгировок. Здесь предполагается обнажение последовательности пород верхней части океанической литосферы [Викентьев и др., 2000;

Пущаровский, 2004]. Гораздо меньше известно о геологическом строении северного борта.

Материалы и методы исследований. В 53-м рейсе НИС «Академик Иоффе» (АИ-53) дночертателем было поднято 26 образцов базальтов и долеритов с подножия северного борта трансформной долины Вима на ст. АИ-3674 (рис. 1) с глубины 4685 м (10°48.62' с. ш. 40°58.03' з. д. [Иванова и др., 2018]). Часть поднятых образцов лежала на поверхности коричневых глинисто-известковых илов, которые, вероятно, были вынесены гравитационным обломочным потоком с соседнего с разломом северного хребта. По раковинам планктонных фораминифер в осадках методом ускорительной масс-спектрометрии [Иванова и др., 2018] удалось

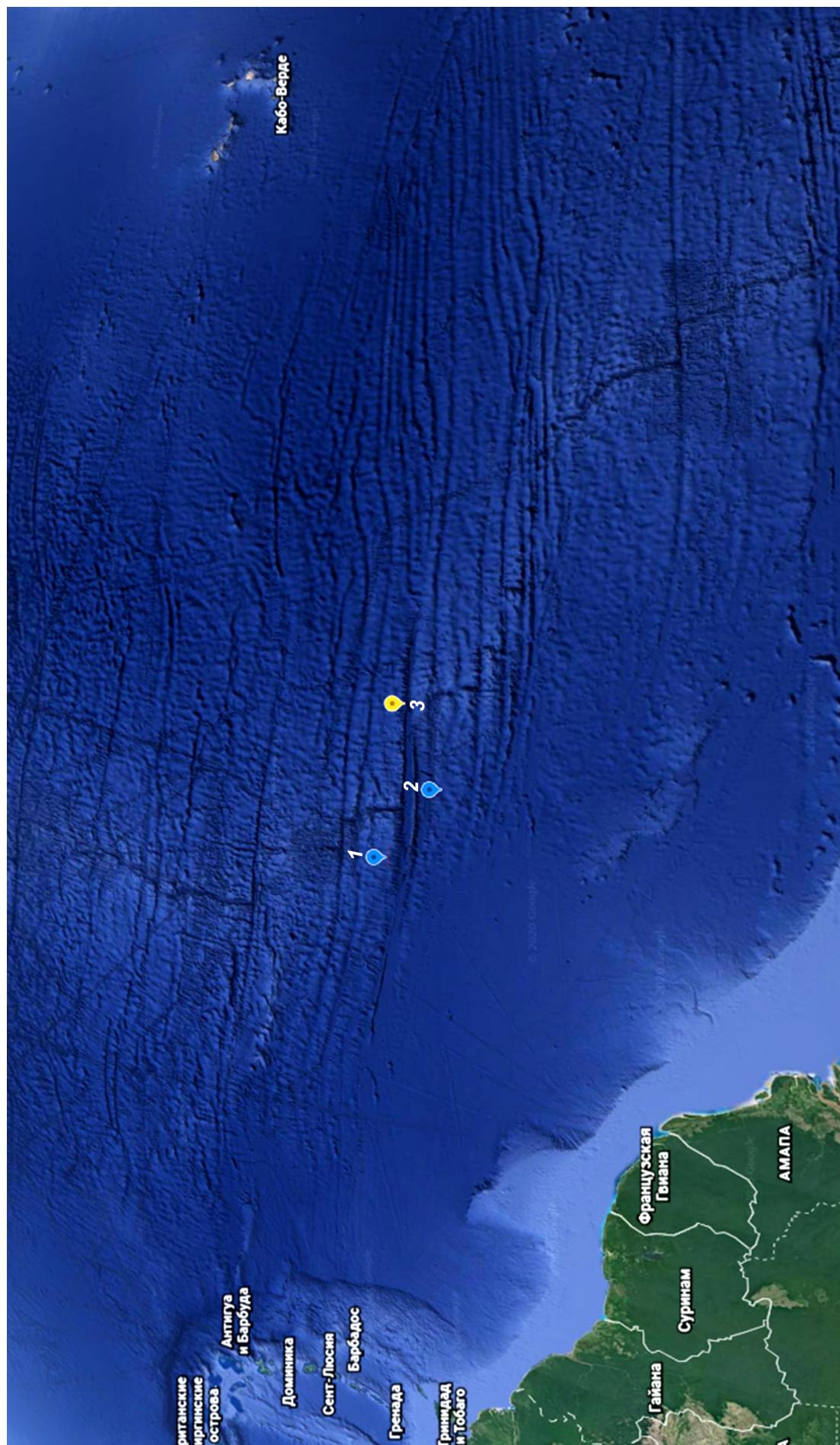


Рис. 1. Точки отбора проб, синие — АИ-53, желтая — точка отбора проб, участвующая в исследовании [Yang et al., 2018]

определить, что осадок имеет голоценовый возраст. Однако обнаруженная примесь переотложенных неогеновых видов свидетельствует о присутствии обнажений более древних биогенных осадков на пути потока. Это указывает на поступление вулканогенно-эдафогенного материала со сдвигнутой на запад ветви спредингового рифта с неогеновой новообразованной океанической корой на северном хребте в рассматриваемом районе. Дночертательная проба отобрана, вероятно, на юге от активного отрезка трансформного разлома, близко (около 5 км) к современной оси спрединга, где кора образована в четвертичное время.

Поднятые обломки имеют размеры от 1 до 25 см. Практически все образцы покрыты железомарганцевыми корками толщиной до 1,5 мм (средняя толщина корки 0,5 мм). Для всех образцов были изучены шлифы в оптической лаборатории геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Рентгеноспектральный микроанализ выполнен в лаборатории локальных методов исследования вещества кафедры петрологии и вулканологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова на РЭМ Jeol JSM-6480 с ЭДС-детектором Oxford X^{max}. Валовый химический состав определен в Институте океанологии имени П.П. Ширшова РАН с помощью портативного РФА спектрометра Olympus Vanta серии C.

Результаты исследований и их обсуждение. Петрографические образцы представлены долеритами и базальтами. Долериты сложены клинопироксеном (авгит и пижонит, Mg# 65–75 мол.-%), основным плагиоклазом (An72–89), полностью замещенным оливином. Рудные минералы представлены магнетитом, хромитом, ильменитом, часто наблюдаются каймы ильменита по хромиту, а также каймы магнетита по ильмениту. В качестве акцессорного минерала присутствует апатит. В единственном случае в железомарганцевой корке обнаружен циркон. Базальты представлены несколькими разновидностями. Среди них встречаются плагиобазальты, афировые базальты, а также базальты со сферолитоподобной текстурой. Особый интерес для изучения представляют афировые базальты, где обнаружены неизмененные оливины и вулканические стекла.

Базальты существенно афировые, редкие вкрапленники сложены частично серпентинизированным оливином (размер 0,3–0,5 мм) и хромшпинелидом (до 0,2 мм). В некоторых кристаллах оливина наблюдаются расплавные включения овальной формы размером до 125 мкм. В основной массе присутствуют футляровидные микролиты плагиоклаза типа ласточкин хвост. Вулканическое стекло основной массы девитрифицировано и замещено палагонитовым агрегатом (рис. 2). Исключение составляет один образец, в центральной части которого сохранилось базальтовое вулканическое стекло.

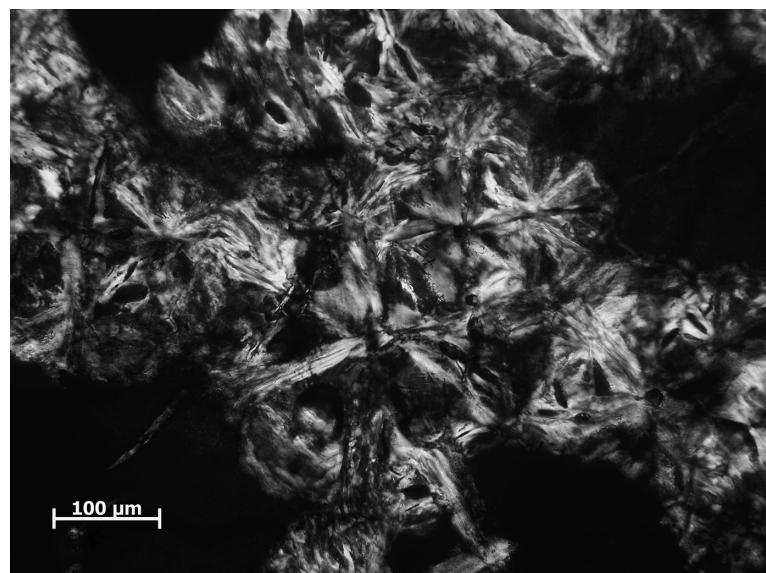


Рис. 2. Вторичные изменения по оливину

Вкрапленники оливина имеют состав Fo 84,5–85,1. Вулканическое стекло гомогенное, характеризуется следующим составом: SiO₂ 49,4±0,6 (здесь и далее 2σ) масс.%, MgO 8,2±0,2 масс.%, K₂O 0,08±0,03 масс.%.

Образцы собраны у подножия северного борта. Определенный интерес вызывает их источник, который можно определить косвенно по химическому составу стекол в афировых базальтах.

Результаты микрозондового исследования стекол этих образцов сравнивали с другими опубликованными данными, в частности, в работе [Yang et al., 2018] представлены результаты изучения базальтовых стекол из трансформных разломов Атлантического океана, в том числе из зоны Вима. Несмотря на большое расстояние между точками отбора образцов, отобранных в 53-м рейсе НИС «Академик Иоффе» и описанных в указанной статье (480 км, рис. 1), изученные нами образцы демонстрируют схожий состав стекол с базальтами, отобранными севернее разлома Вима (рис. 3), что косвенно свидетельствует о их принадлежности именно к коренным обнажениям северного склона трансформной долины и дальнейшему их переносу в результате гравитационного воздействия или придонных океанических течений.

По результатам валового химического анализа базальты и долериты отличаются по содержанию магния, железа, а также титана. Из-за особенностей измерения портативным спектрометром магний и другие легкие элементы определяются со значительной ошибкой, валовый химический состав можно использовать лишь в качестве относительного сравнения химического состава образцов между собой и их разделения на петрогохимические группы. По соотношению Mg/Si и Mg/Ti все исследованные образцы относятся к разным по глубинности образования группам и демонстрируют некую последовательность по увеличению содержания Mg от афировых базальтов к долеритам.

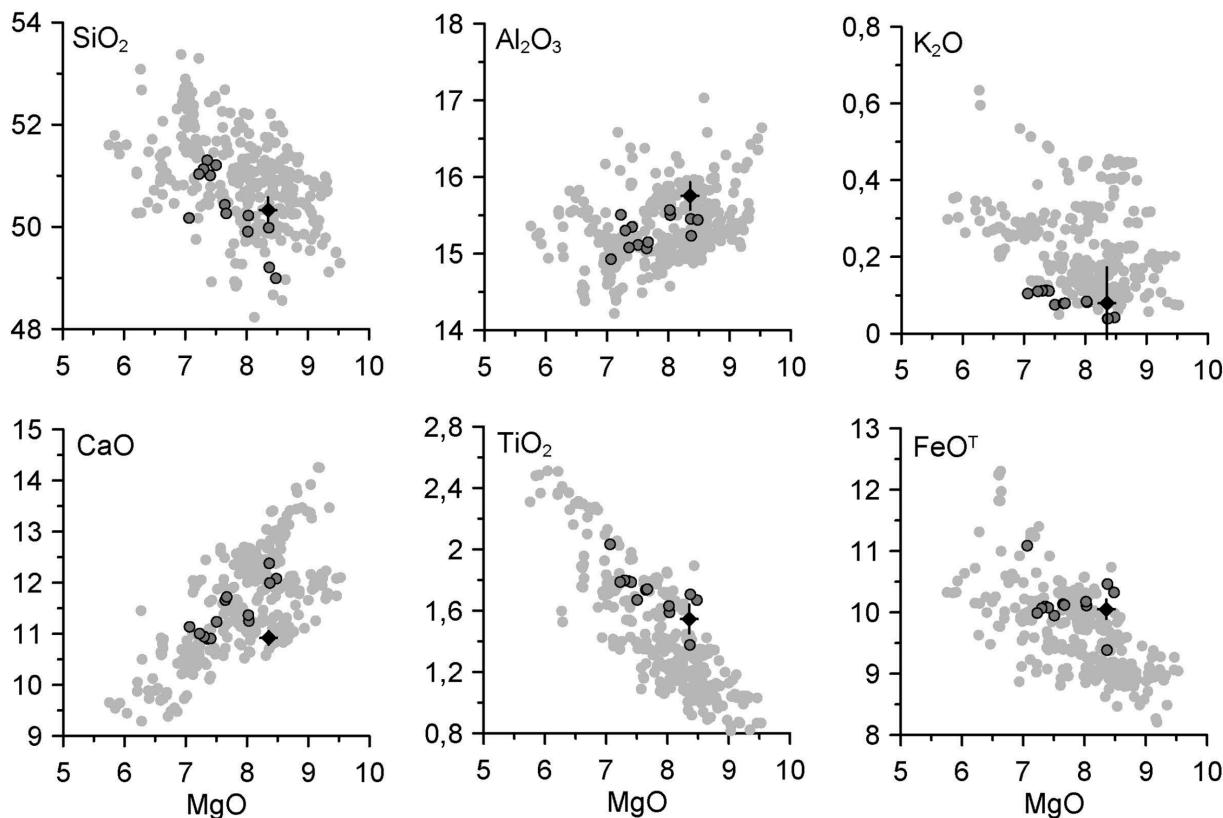


Рис. 3. Химический состав базальтовых стекол. Серое без обводки — по данным [Yang et al., 2018], темно-серые кружки — результаты исследования образцов, собранных АИ-53, черные кружки — 2σ

Один образец, в котором обнаружены неизмененные оливины и хромиты, оценивался с точки зрения температуры кристаллизации. Приблизительная оценка начальной температуры кристаллизации магмы по оливин-шпинелевому равновесию Балхауса [Ballhaus, 1991] составляла около 1100 °C при задаваемом давлении в 100 МПа. В научной литературе есть работы, посвященные таким оценкам. Согласно данным Т. Фалуна и Д. Грина [Falloon et al., 2007] температура кристаллизации габброидов из зоны Вима составляет 1267 °C. Таким образом, температура начала кристаллизации изверженных пород с северного склона, по нашей оценке, согласуется с общей оценкой кристаллизации глубинных пород.

Описанные в обломках вулканические породы могли сноситься в точку отбора из разных естественных выходов, но относятся они к одной магматической системе аналогично тому, как это показано для структур, описанных в более южном районе разломной зоны Сьерра-Леоне [Пейве и др., 2003].

Данные изучения железомарганцевых корок всех поднятых образцов показали, что они имеют типичные колломорфные сферолитоподобные структуры, размер которых 0,1–0,8 мм. А.В. Дубинин с соавторами [2008] показал, что соотношение Mn/Fe, близкое к единице, демонстрирует гидрогенную природу железомарганцевых корок. Согласно нашим исследованиям химического состава, отношение Mn/Fe в них варьирует от 0,75 до 1, что

свидетельствует именно о гидрогенной природе их образования. Такие корки формируются вследствие воздействия придонных течений, обтекающих обломки пород. В пользу этого также говорит и то, что в дночерпателье отмытые обломки лежали на поверхности глинистого осадка. Следовательно, описанные выше образцы могли перемещаться не только гравитационным путем, но и вовлекаться в придонные течения.

Заключение. Грубобломочный вулканогенно-эдафогенный материал был, по-видимому, частично образован при тектоническом дроблении вулканических пород северного хребта, в разной степени измененных в результате гидротермальной деятельности и гальмиroliza, в активном отрезке трансформного разлома. Возможна и первичная дезинтеграция лавы в момент излияния. Гравитационно неустойчивые скопления обломочного материала, смешанные с глинисто-известковыми пелагическими осадками, устремлялись вниз по склону северного хребта по подводному каньону в виде обломочного потока, формируя конус выноса на подножии склона в голоценовое время, откуда и была получена описанная в статье дночерпательная проба.

Обнаруженные в дночерпателье обломки пород на поверхности осадка в отмытом от вмещающего осадка виде свидетельствуют о прохождении над гравититом сильного придонного течения, что подтверждено прямыми измерениями скорости

течения [Демидов и др., 2007]. Омывание обломков придонным течением объясняет обратстание их тонкой гидрогенной железомарганцевой коркой. Сохранные неизмененные обломки базальтов со свежим вулканическим стеклом позволяют в буду-

щем характеризовать их геохимическую специфику и условия образования.

Финансирование. Исследования выполнены по проекту РНФ (№ 18-17-00227).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Викентьев И.В., Бонатти Э., Пейве А.А. Рудная минерализация в нормальном разрезе океанической коры (разломная зона Вима, $10^{\circ}45'$ с. ш. САХ) // Докл. РАН. 2000. Т. 375, № 4. С. 500–503.

Демидов А.Н., Добролюбов С.А., Морозов Е.Г. и др. Перенос придонных вод через разлом Вима Срединно-Атлантического хребта // Докл. РАН. 2007. Т. 416, № 3. С. 395–399.

Дубинин А.В., Успенская Т.Ю., Гавриленко Г.М. и др. Геохимия и проблемы генезиса железомарганцевых образований островных дуг западной части Тихого океана // Геохимия. 2008. №. 12. С. 1280–1303.

Иванова Е.В., Мурдмаа И.О., Борисов Д.Г. и др. Изучение латеральной седиментации в Западной Атлантике в 53-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Иоффе» // Океанология. 2018. Т. 58, № 6. С. 1001–1003. DOI: 10.1134/S0030157418060072.

Пущаровский Ю.М. Тектоническая расслоенность литосферы молодых океанов и древних бассейнов. М.: Наука, 2004. С. 38–41 (Тр. ГИН РАН; вып. 560).

Ballhaus C., Berry R.F., Green D.H. High pressure experimental calibration of the olivine-orthopyroxene-spinel oxygen geobarometer: implications for the oxidation state of the upper mantle // Contrib. Mineral. Petrol. 1991. Vol. 107, N 1. P. 27–40.

Falloon T., Green D., Danyushevsky L. Crystallization temperatures of tholeiite parental liquids: implications for the existence of thermally driven mantle plumes // Plates, Plumes, and Planetary Processes. 2007. Vol. 430. 1000 p.

Yang S., Humayun M., Salter M. Elemental systematics in MORB glasses from the Mid-Atlantic Ridge // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2018. Vol. 19. P. 4236–4259.

Статья поступила в редакцию 23.10.2019,
одобрена после рецензирования 02.11.2022,
принята к публикации 26.01.2023