

УДК 551.242.23(261.264)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ ГРЕБНЕВОЙ ЗОНЫ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА ВБЛИЗИ РАЗЛОМА МАРТИН ВАС (19°–20° Ю.Ш.) В ЮЖНОЙ АТЛАНТИКЕ

© 2003 г. С. Г. Сколотнев, А. А. Пейве, Н. С. Бортников, Н. Н. Турко, Д. И. Кринов,
А. Г. Мочалов, Г. Н. Савельева, В. А. Симонов, Н. В. Цуканов, Е. В. Шарков

Представлено академиком Ю. М. Пушаровским 31.03.2003 г.

Поступило 04.04.2003 г.

Геологическое строение океанского дна, а также его металлогения во многом контролируются характером и интенсивностью геодинамических процессов, происходящих в осевых частях срединно-океанических хребтов. В последние годы накопилось много данных о том, что большое влияние на эти процессы оказывают плюмы горячей глубинной мантии. Разномасштабная, главным образом внутриплитная, плюмовая активность, с которой сопряжен целый ряд магматических и тектонических процессов, широко проявлена на океанском дне. В пределах Южной Атлантики крупнейшие плюмы связаны с поднятиями о. Св. Елены и острова Тристан-да-Кунья. Поднятие о. Св. Елены, отстоящее на 400 км от оси Срединно-Атлантического хребта (САХ), сформировалось в результате современной плюмовой магматической активности [1]. Это поднятие входит в систему структур (поднятий различной морфологии и размеров), образующих ряд протяженных цепочек северо-восточного простирания (приблизительно 45°), доходящих до западного побережья Африки в районе вулкана Камерун. С точки зрения представлений современной геодинамики данные цепочки являются следом горячей точки, связанной с плюмом глубинной мантии и локализованной под о. Св. Елены [2]. Однако в пределах этих цепочек имеется несколько вулканических островов (Фернандо По, Принсипи, Сан-Томе и Анно-

бон), сформировавшихся в результате вулканической деятельности, завершившейся в миоцене [1, 3], на много позже времени образования окружающего дна. Это свидетельствует о том, что в пределах цепочек магматическая активность сосредоточена не только в районе горячей точки, но может проявляться и на других участках. Для такого рода тектоно-магматических структур А.А. Пейве предложено понятие “горячая линия” [4]. Цепочка указанных выше и других вулканических островов названа в работе [3] Камерунской линией. Поскольку эта цепочка вулканических островов находится в единой системе со структурами, протягивающимися в виде цепочек от поднятия о. Св. Елены, как это хорошо видно на карте предсказанной топографии, построенной по данным спутниковой альтиметрии [5], то в данной работе вся эта цепь структур фигурирует под именем Камерунской линии.

Щелочной магматизм, как продукт плюмовой активности, оказывает прямое влияние на вулканизм осевой части САХ на тех его участках, которые связаны с горячей точкой линиями спрединга [6]. По данным Дж. Шиллинга и др. [6] в осевой части САХ непосредственно к западу от о. Св. Елены изливаются обогащенные базальты, по изотопным характеристикам близкие к базальтам о. Св. Елены [7]. Это влияние с юга ограничено разломом Св. Елены (приблизительно 18° ю.ш.). В то же время на карте предсказанной топографии, построенной по данным спутниковой альтиметрии [5] (рис. 1), можно видеть, что цепочки структур, являющиеся прямым продолжением Камерунской линии, отходят от поднятия Св. Елены в сторону осевой части САХ и даже пересекают ее. Это пересечение происходит заметно южнее тех районов, где на составе рифтовых базальтов сказывается влияние горячей точки, локализованной под о. Св. Елены.

С целью изучения особенностей геологического строения гребневой части САХ в районе его

*Геологический институт
Российской Академии наук, Москва
Институте геологии рудных месторождений,
минералогии, петрографии и геохимии
Российской Академии наук, Москва
Объединенный институт геологии, геофизики
и минералогии Сибирского отделения
Российской Академии наук, Новосибирск
Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской Академии наук, Москва*

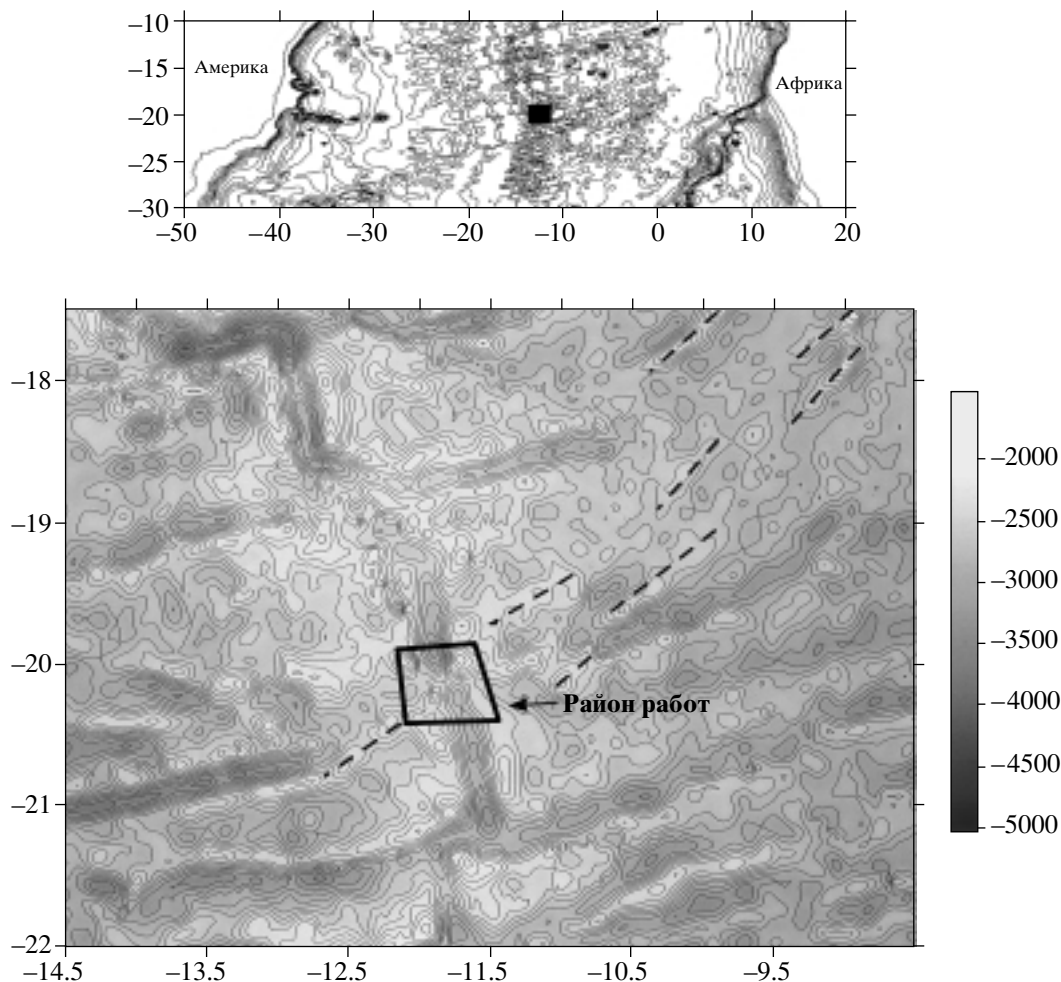


Рис. 1. Карта предсказанной топографии для района работ и его окрестностей. Построена по данным [6]. Оконтурен полигон Мартин-Вас. Штриховыми линиями показаны предполагаемые структуры Камерунской линии. На врезке – местоположение района в Атлантическом океане.

пересечения Камерунской линией во второй половине 10-го рейса нис “Академик Иоффе”, состоявшегося весной 2002 г., были проведены детальные полигонные работы вблизи разлома Мартин Вас (19° – 20° ю.ш.) (рис. 1).

Этот рейс выполнялся в соответствии с Программой фундаментальных исследований Президиума РАН на 2002 год по секции Наук о Земле по двум проектам “Геология, гидротермы, геодинамика Приэкваториальной Атлантики” (ГИН РАН, научный руководитель академик Ю.М. Пушаровский) и “Океанические рудно-магматические системы: условия минералообразования, источники металлов и флюида, перспективы освоения” (ИМ-ГРЕ РАН, научный руководитель Н.С. Бортников).

Район исследования (в дальнейшем полигон Мартин Вас) изучен слабо. Для этого участка дна отсутствует батиметрическая съемка. В 7-м рейсе нис “Профессор Штокман” в этом районе был сделан один батиметрический профиль дна и вы-

полнен профиль МОВ ОГТ, пересекающие рифтовую долину в районе 20° ю.ш. [8, 9]. Дж. Шиллингом и др. [6] при драгировании рифтовой долины были получены базальты.

Полигон Мартин-Вас располагается несколько южнее разлома Мартин-Вас и охватывает участок осевой зоны САХ между $19^{\circ}50'$ и $21^{\circ}10'$ ю.ш., куда подходит одна из ветвей Камерунской линии. Во время 10-го рейса нис “Академик Иоффе” на этом полигоне проводилась геофизическая съемка с помощью многолучевого эхолота ECHOS XD, профилографа PARASOUND, магнитометра GEM-19MD. Также было проведено драгирование океанского дна и зондирование морской воды STD-зондом.

Батиметрическая съемка проведена по системе из 16 галсов, дополненных съемками на переходах между драгировками и секущим галсом при уходе с полигона. Основные галсы были ориентированы широтно, с расстоянием 6 миль между ни-

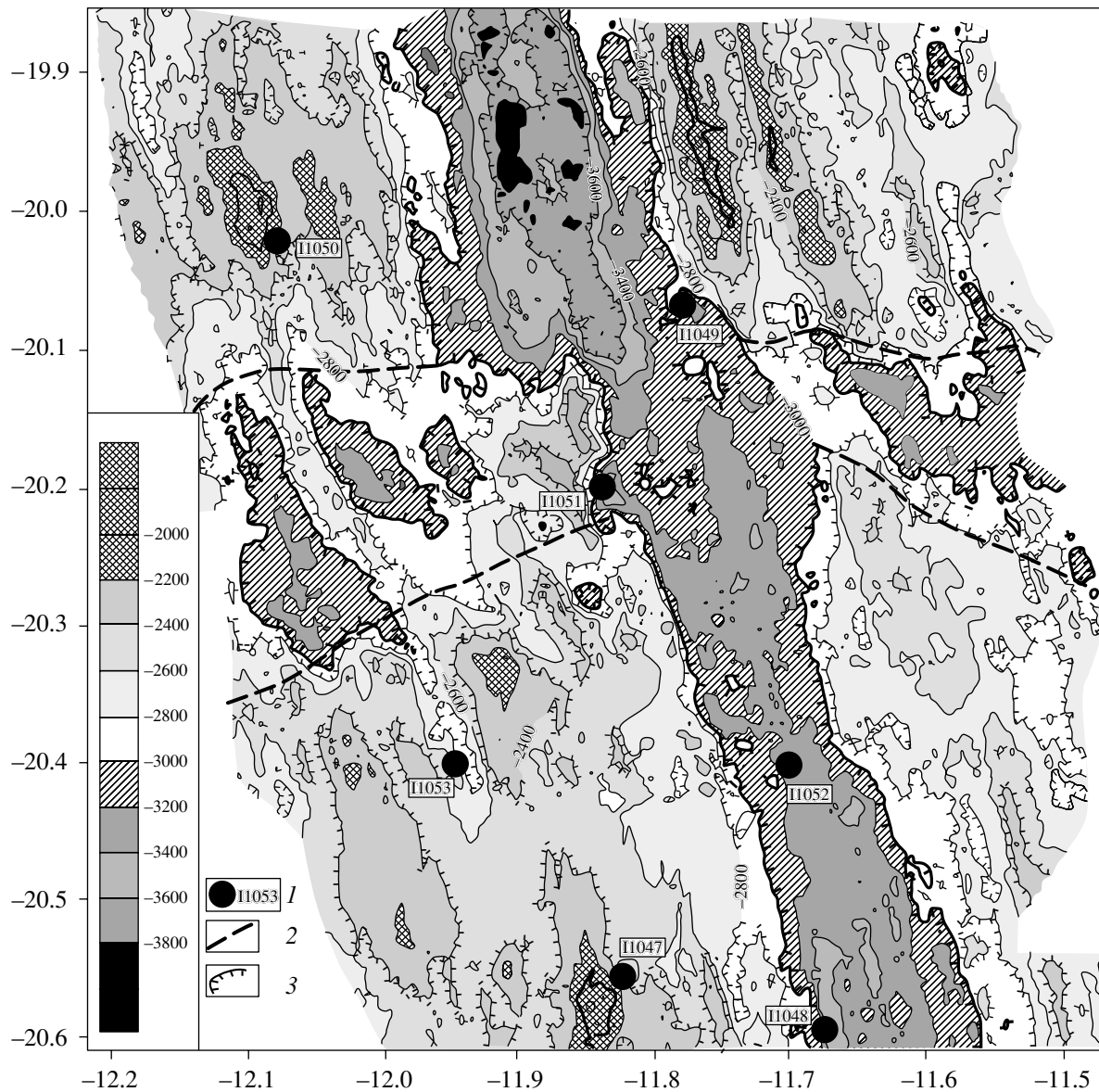


Рис. 2. Батиметрическая карта полигона Мартин-Вас. Построена С.А. Дремучевым, В.Н. Кузнецовым, А.В. Носовым и Н.Н. Турко по данным батиметрической съемки в 10-м рейсе нис “Академик Иоффе”. 1 – положение станций драгирования и их номера; 2 – поперечная зона понижения рельефа; 3 – рифтовая зона. Цифры на схеме: 1 – овальное поднятие, 2 – поднятие сложной морфологии. Слева приведена шкала глубин (м).

ми. Только первый, входной галс полигона был отнесен к югу на 15 миль. По итогам съемки построена батиметрическая карта масштаба около 1 : 200000 на участок площадью около 15000 км² (рис. 2).

В осевой части полигона прослеживается рифтовая долина, в целом имеющая V-образный профиль и простирающаяся с север-северо-запада на юг-юго-восток (рис. 2). В ее строении можно выделить три сегмента. Северный сегмент с глубинами до 3900 м, с крутыми уступами бортов на глубинах 2500–3400 и 3400–3600 м, разделенными ступенью шириной до трех миль, ограничен ши-

ротами 19°53'–20°07' ю.ш. По краю ступени местами протягиваются узкие гребни. Ширина дна рифтовой долины составляет 2–3 мили; дно сильно расчленено. В центре рифтовой долины отмечается неовулканическое поднятие, достигающее относительной высоты 150–250 м.

В центральном сегменте между 20°07' и 20°27' ю.ш. простираение рифтовой долины изменяется, несколько отклоняясь к юго-востоку. Глубина ее уменьшается до 3200–3400 м, нижняя ступень склона отсутствует. Дно рифтовой долины расчленено множеством холмов. Западный борт сохраняет свою крутизну, в то время как восточный

выполаживается. Ширина дна остается равной 2–3 милям, увеличиваясь до 6 миль на широте 20°12' ю.ш. Ступени на бортах на глубине 3100–3150 м сохраняются, но ширина их уменьшается до 1–1.5 миль. У западного борта гребень с относительной высотой около 400 м отчленяет глубокую впадину (3520 м).

В южном сегменте (южнее 20°27' ю.ш.) простирается рифтовой долины снова изменяется на юг-юго-восточное, как и в северном сегменте. Западный борт рифтовой долины более крутой и образован двумя уступами с разделяющим их гребнем, а восточный борт представляет собой область расчлененного рельефа, постепенно погружающуюся ко дну рифтовой долины. Холмы, расчленяющие дно рифтовой долины, образуют две параллельные цепочки. Глубина рифтовой долины достигает 3955 м.

Рифтовые горы, обрамляющие рифтовую долину, достигают максимальной высоты у северного ее сегмента, где рельеф имеет максимальную амплитуду, до 2000 м. Рельеф рифтовых гор образован системой параллельных гребней. К востоку от рифтовой долины их относительная высота достигает 700–800 м, а ширина – 3–4 миль; средние глубины основания – 2600–2700 м. К западу от рифтовой долины гребни осложняют поверхность массивных блоков шириной до 10–12 миль, лежащую на глубинах 2300–2400 м. Относительная высота гребней над этой поверхностью составляет 400–600 м.

В системе рифтовых гор на широте 20°05'–20°20' ю.ш. в рельефе полигона отмечается широкое поперечное понижение дна. Это понижение образовано отдельными изолированными впадинами, которые разделяются очень узкими гребнями. Эти узкие гребни структурно связаны с рифтовыми горами Северного и Южного участков, они протягиваются через все поперечное понижение, при этом не смещаются по разрыву, а изгибаются. Этот изгиб более явно выражен в рельефе к западу от рифтовой долины, здесь же относительная высота гребней больше и достигает 500–600 м. На участке пересечения зоны поперечного понижения дна с рифтом (центральный сегмент) происходит смещение более южного участка рифтовой зоны к востоку на расстояние около 6 миль. Западная (простирается около 60°) и восточная (простирается около 100°) ветви зоны поперечного понижения образуют угол с вершиной в центральном сегменте рифтовой долины, острием направленный на север.

В районе поперечного понижения рельефа на западном борту рифтовой долины на участке ее смещения находится поднятие сложной морфологии с минимальной глубиной около 2200 м, относительной высотой 800–1100 м над дном рифтовой долины. От поднятия отходят два гребня и отрог северо-восточного простирается, близкого к

таковому Камерунской линии. Западный гребень ориентирован косо к простираению рифтовой долины. Продолжение его прослеживается к северо-западу через зону понижения рельефа и переходит в гребень рифтовых гор на западном борту рифтовой долины. Восточный гребень переходит по простираению в неовулканическое поднятие на дне северного сегмента рифтовой долины.

Непосредственно к северу от поперечной зоны понижения рельефа на западном фланге рифтовых гор расположено овальное в плане поднятие размером 30 × 20 км – наиболее высокая морфоструктура на изученном полигоне с глубиной вершины менее чем 1900 м.

Изучение рельефа гребневой зоны САХ в районе полигона Мартин Вас показало, что в целом он типичен для гребневой зоны медленно-спрединговых хребтов, для тех его участков, где спрединг дна сопровождается активной вулканической деятельностью. В то же время очевидна асимметричность восточного и западного флангов гребневой зоны хребта. Необычной морфоструктурной зоной изученного района является поперечная зона понижения рельефа. Общая морфология этой зоны в плане и характер ее сочленения с рифтом указывают на то, что ее западная и восточная ветви представляют собой псевдофолты рифта, проградирующего к северу. Сочетание впадин и узких гребней в западной ветви, вероятно, есть следствие того, что в ходе проградации к северу этапы оверлаппинга смежных (северного и южного) отрезков рифта сменялись этапами непосредственного перехода одного отрезка рифта в другой (косой спрединг). При этом на этапе оверлаппинга формировались узкие гребни, а на этапе косого спрединга – впадины. На карте предсказанной топографии зона поперечного понижения рельефа имеет неотчетливое выражение, однако на обоих флангах САХ она находит продолжение в виде протяженных трогов, сходных с пассивными участками трансформных разломов (рис. 1). Вероятно, на данном участке САХ геодинамический режим трансформного разлома несколько миллионов лет назад сменился проградацией рифта к северу.

Как правило, вблизи зоны сочленения рифта и трансформного разлома происходит резкое углубление рифтовой долины, а непосредственно в зоне сочленения образуется нодальная впадина, что является отражением увеличения роли тектонических процессов, сопровождающих спрединг дна. В зоне сочленения рифта и поперечной зоны понижения рельефа, напротив, наблюдается заметное уменьшение глубины рифтовой долины. Этот факт указывает на возрастание роли вулканических процессов, конструирующих океаническую кору. На это же указывает и образование поднятия внутри поперечной зоны понижения ре-

Таблица 1. Станции драгирования 10-го рейса нис “Академик Иоффе”

№ станции	Интервал драгирования				Глубина, м		Породы	Масса, кг
	начальные		конечные		макс.	мин.		
	широта	долгота	широта	долгота				
П1047	-20°33.1'	-11°49.3'	-20°33.8'	-11°49.6'	2560	2200	Базальты, гиалокластитовая брекчия, 100%	25.0
П1048	-2035.6	-1140.3	-2035.7	-1140.9	3600	3100	Базальты, 100%	70.0
П1049	-2000.0	-1147.4	-2000.0	-1146.2	2840	2250	Базальты, гиалокластитовая брекчия, 100%	80.0
П1050	-2000.0	-1204.1	-2000.0	-1205.0	2390	2090	То же	50.0
П1051	-2011.9	-1150.3	-2012.1	-1150.7	3520	3200	Базальты, 100%	60.0
П1052	-2024.0	-1141.2	-2024.0	-1143.0	3220	3100	То же	120.0
П1053	-2024.0	-1156.3	-2024.0	-1157.5	3020	2540	Известняки с обломками базальтов, 100%	1.5

льефа, а также высокого овального поднятия в системе рифтовых гор непосредственно к северо-западу от поперечной зоны понижения рельефа.

Все перечисленные особенности структурного строения океанского дна, выявленные при анализе его рельефа, концентрируются в одном узле – районе сочленения рифта и поперечной зоны понижения рельефа, который располагается на том месте, где одна из ветвей Камерунской линии должна подходить к осевой части САХ. Возможно, уменьшение глубины рифтовой долины, ее изгиб, образование ряда поднятий, не вписывающихся в систему рифтовых гор, есть отражение влияния Камерунской линии на структурообразующие процессы, происходящие в осевой зоне САХ. В ходе батиметрической съемки не обнаружено крупных структур, совпадающих по простиранию с Камерунской линией. Судя по карте предсказанной топографии, они должны располагаться северо-восточнее изученного полигона.

Осадочный чехол на большей части полигона отсутствует. Нестратифицированные осадки мощностью до 10 м обнаружены лишь на флангах гребневой зоны, где они заполняют депрессии между гребнями рифтовых гор.

Для опробования океанского дна в районе полигона Мартин-Вас было выполнено семь драгировок, их местоположение показано на рис. 2, а координаты и краткая характеристика пород приведены в табл. 1.

В ходе драгирования были опробованы рифтовая долина (ст. П1048, П1052), рифтовые горы (ст. П1047, П1049, П1053), поднятие сложной морфологии, находящееся в пределах поперечной зоны понижения рельефа (ст. П1051) и наиболее высокое овальное поднятие, расположенное непосред-

ственно к северо-западу от сочленения рифта и поперечной зоны понижения рельефа (ст. П1050).

Все опробованные структуры в основном сложены базальтами, поскольку в поднятом каменном материале резко доминируют именно эти породы.

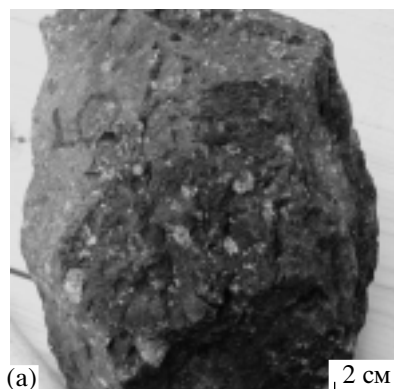


Рис. 3. Фотографии оливин-плагиоклаз-порфирового базальта (а) (ст. П1049) и базальта с крупными газовыми пустотами (б) (ст. П1052).

Наряду с базальтами подняты гиалокластитовые брекчии и, как правило, слабо литифицированные известняки, содержащие обломки гиалокластитов и базальтов. Известняки образуют нашлапки на фрагментах базальтов, поднятых со склонов рифтовых гор.

Среди базальтов преобладают оливин-плагиоклаз порфиновые разности (рис. 3а). Со склонов высокого овального поднятия получены афировые базальты. Необычные базальты подняты с днища рифтовой долины на ст. П1052. Обилие в них газовых пустот и каналов (рис. 3б) может свидетельствовать о том, что расплавы, из которых они сформировались либо были обогащены газовой составляющей, либо были сильно перегреты.

Базальты, поднятые из рифтовой долины, свежие с неизменным закалочным стеклом. Базальты со структур, удаленных от рифта, имеют в разной степени палагонитизированное закалочное стекло и покрыты корочками железо-марганцевых оксидов, изученных специально (Е.С. Базилевская, С.Г. Сколотнев, в печати). Описанные изменения являются поверхностными изменениями базальтов, что указывает на то, что с момента своего излияния они экспонировались на морском дне, отодвигаясь от рифта в результате спрединга.

При опробовании рифтовой долины не было обнаружено признаков гидротермальной активности. Однако со склонов хребта, находящегося на западном фланге гребневой зоны (ст. П1047), получены базальты, подверженные низкотемпературным гидротермальным изменениям, на поверхности которых развиты прожилки и пленки ярко-зеленых криптозернистых минералов, вероятно, гидроксидов меди.

Изучение химического состава драгированных базальтов, результаты которого будут опубликованы в специальной работе, показало, что подавляющее число базальтов относится к деплетированным толеитам N-типа MORB, но базальты со склона высокого овального поднятия (ст. П1050) обогащены литофильными элементами и представляют собой обогащенные толеиты.

Особенности вещественного состава дна в районе полигона полностью соответствуют характеру рельефа, выявленному при батиметрической съемке, что позволяет отнести район к тем участкам медленно-спрединговых хребтов, где в ходе спрединга магматические процессы преобладают над тектоническими процессами. Полученные результаты свидетельствуют, что в данном районе спрединг дна повсеместно сопровождался и сопровождается интенсивными излияниями базальтов. Базальты, слагающие верхи разреза, доступные для драгирования, претерпевают лишь поверхностные изменения, объем которых нарастает со временем, т.е. по мере отодвигания от оси спрединга. В районе сочленения рифта и поперечной зоны

понижения рельефа, находящегося на продолжении Камерунской линии, обнаружены обогащенные базальты, что может являться указанием на имеющееся влияние Камерунской линии на магматические процессы, происходящие в осевой части САХ.

Таким образом, и структурные, и вещественные особенности геологического строения полигона Мартин-Вас обнаруживают признаки проявления Камерунской линии на изученном участке осевой зоны САХ. С нашей точки зрения Камерунская линия проявляет себя и в глубинном строении литосферы, что нашло отражение на сейсмическом разрезе коры по профилю МОВ ОГТ, охватывающему фланги и осевую часть САХ [9]. На флангах хребта обнаружены вулканические структуры, не связанные с рифтом, особенно их много на восточном фланге. Только в 3-м сейсмическом слое (полосчатый комплекс ?) имеются, в том числе и под осевой зоной, полого наклоненные на восток протяженные зоны твердопластических деформаций, дискордантно расположенные по отношению к более верхним слоям коры. Эти зоны деформаций, интерпретируемые как надвиги, могут отражать нагнетание вещества, идущего с восточной стороны под давлением подлитосферных мантийных потоков, растекающихся от центральной части плюма вдоль Камерунской линии, простирающие которой близко к одной из систем разломов планетарной регматической сети.

Результаты наших работ дают основание для дальнейшего продолжения исследований в этом районе. Будущие работы должны быть приурочены, во-первых, к флангам САХ, где должно быть произведено картирование и опробование структур собственно Камерунской линии, удаленных от центра плюмовой активности, и, во-вторых, к более северным сегментам САХ, где с рифтовыми структурами в районе разлома Мартин-Вас пересекаются структуры более северной ветви Камерунской линии.

Авторы благодарны членам научно-технического персонала экспедиции В.В. Велинскому, А.В. Носову, В.Н. Кузнецову, С.А. Дремучеву, В.П. Расторгуеву, Т.А. Демидовой, А.Г. Цыцарину, В.С. Запотько, О.И. Окиной за обеспечение геофизических и гидрологических работ и признательны команде нис "Академик Иоффе" во главе с капитаном Г.А. Посконным за содействие в проведении экспедиции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН (Комплексная программа научных исследований "Мировой океан: геология дна, геодинамика, биология моря и экология"), РФФИ (проект 03-05-64159) и Минпромнауки РФ (ФЦП "Мировой океан": подпрограмма "Исследование природы Мирового океана" и проект "Меридиан").

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Baker P.E.* // The Ocean Basins and Margins. V. 1. The South Atlantic. N. Y.: Elsevier, 1973. 555 p.
2. *Martin A.K.* // Tectonophysics. 1987. № 142. P. 309–316.
3. *Burke K.* // J. Geology. 2001. V. 109. P. 349–362.
4. *Пейве А.А.* Структурно-вещественные неоднородности, магматизм и геодинамические особенности Атлантического океана. М.: Науч. мир, 2002. 277 с.
5. *Sandwell D. T., Smith W.H.F.* // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. № B5. P. 10039–10054
6. *Schilling J.G., Thompson G., Kingsley R., Humphris S.* // Nature. 1985. V. 313. № 5999. P. 187–191.
7. *Hanan B.B., Kingsley R.H., Shilling J.G.* // Nature 1986. V. 322. P. 137–141
8. *Емельянов Е.М., Дмитриев Л.В., Ельников И.Н. и др.* // Океанология. Т. 23. В. 5. 1983. С. 900–903.
9. *Пуцаровский Ю.М., Ельников И.Н., Перфильев А.С.* // Геотектоника. 1985. № 5. С. 5–13.