

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.462

НОВЕЙШИЕ ДЕФОРМАЦИИ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА В ПАССИВНЫХ ЧАСТЯХ РАЗЛОМОВ АРХАНГЕЛЬСКОГО, ДОЛДРАМС И ВЕРНАДСКОГО (АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН)

© 1997 г. А. О. Мазарович, С. Ю. Соколов

Представлено академиком Ю.М. Пущаровским 24.09.97 г.

Поступило 25.09.97 г.

Разломы Архангельского ($8^{\circ}50'$ с.ш.), Долдрамс ($8^{\circ}10'$ с.ш.) и Вернадского ($7^{\circ}40'$ с.ш.) исследованы [1, 2] в 6-м и 9-м рейсах нис "Академик Николай Гур'янов" (Геологический институт РАН; начальник*^{**} рейсов Ю.Н. Разницин). Работы проводились в рамках национального проекта "Литое" (научный руководитель академик Ю.М. Пущаровский). В пределах изученной акватории ($7^{\circ}30'$ - $9^{\circ}00'$ с.ш.; $29^{\circ}55'$ - $45^{\circ}45'$ з.д.) выполнена съемка многолучевым эхолотом ECHOS-625 (нач. отряда геоморфологии Н.Н. Турко), которая сопровождалась непрерывным сейсмическим профилированием (нач. отряда НСП В.М. Побережин). Предварительная качественная обработка этих материалов, проведенная ранее [3], показала, что во многих местах района проявлены тектонические деформации осадочного чехла.

Настоящее исследование имеет целью показать наличие новейших деформаций океанической коры за пределами зоны спрединга и основано на анализе аналоговых сейсмических записей, по которым были измерены основные параметры тех или иных структур. Полученная информация занеслась в электронную таблицу, поддерживаемую iViewSoft Access 2.0. Данные были дополнены значениями координат из навигационных файлов, промерами глубины по центральному лучу эхолота и расчетными поправками высот структур за полное или частичное их покрытие осадками. Плановое размещение объектов осуществлялось в программе Surfer, а их статистическая обработка - в Statistica.

Район исследований располагается в Атлантическом океане между 7° и 10° с.ш. вблизи границы двух сегментов (рис. 1а). Северный сегмент отличает большое количество крупных разломных зон, наиболее южная из которых известна как разлом Сьерра-Леоне. Вдоль его западного фланга зафиксировано несколько мелкофокусных (0-12 км) землетрясений с магнитудами до 5

(информация о землетрясениях получена из каталога National Earthquake Information Center (USA) по интернету) (рис. 1б). На восточном фланге землетрясения не установлены. Рифтовые долины располагаются на $40^{\circ}20'$ з.д., $39^{\circ}30'$ з.д. и $38^{\circ}05'$ з.д. Они разделены соответственно разломами Архангельского, Долдрамс и Вернадского [1], которые образуют в плане, по данным спутниковой альтиметрии [4], сложный рисунок (рис. 1а). Интересной особенностью региона представляется резкое изменение простираций разломов к востоку и западу от Срединно-Атлантического хребта в пределах широких и протяженных зон с азимутом 320° (см. рис. 1а). В дальнейшем эти зоны будут именоваться океаническими зонами смятия.

Анализ данных НСП показал, что в указанных координатах существует (основные типы структур показаны на рис. 2) 81 диапироподобная структура (рис. 1в, рис. 2а, в), 9 разломов, смещающих осадочный чехол (рис. 2г), 34 района с пликативными деформациями осадочного чехла, из которых 11 представляют собой зоны протяженностью в первые десятки километров (рис. 1г, рис. 2б, г). Помимо перечисленного, обнаружено 6 мест с интенсивной эрозионной деятельностью придонными течениями (рис. 2а).

Наиболее примечательными образованиями в изученном районе являются диапирсы различного размера или их группы (см. рис. 2в), которые сходны со структурами прорыкания ("piercement structures"), выделенными ранее [5] к северу от островов Зеленого Мыса по данным исследований в 9-м и 14-м рейсах нис "Кейн" и "Гломар Челленджер" соответственно. Сходные диапирсы [5] обнаружены также в 350 км к востоку от скв. 140 DSDP и к западу от скв. 139 DSDP. Они прорывают горизонтально залегающие осадки и представляют собой изолированные образования с диаметром от 2 до 4 км, высотой до 100 м и углами наклона "склонов" до 30° . По сейсмическим данным они имеют "корни" в акустическом фундаменте. Вблизи этих тел осадки приподняты и нарушены.

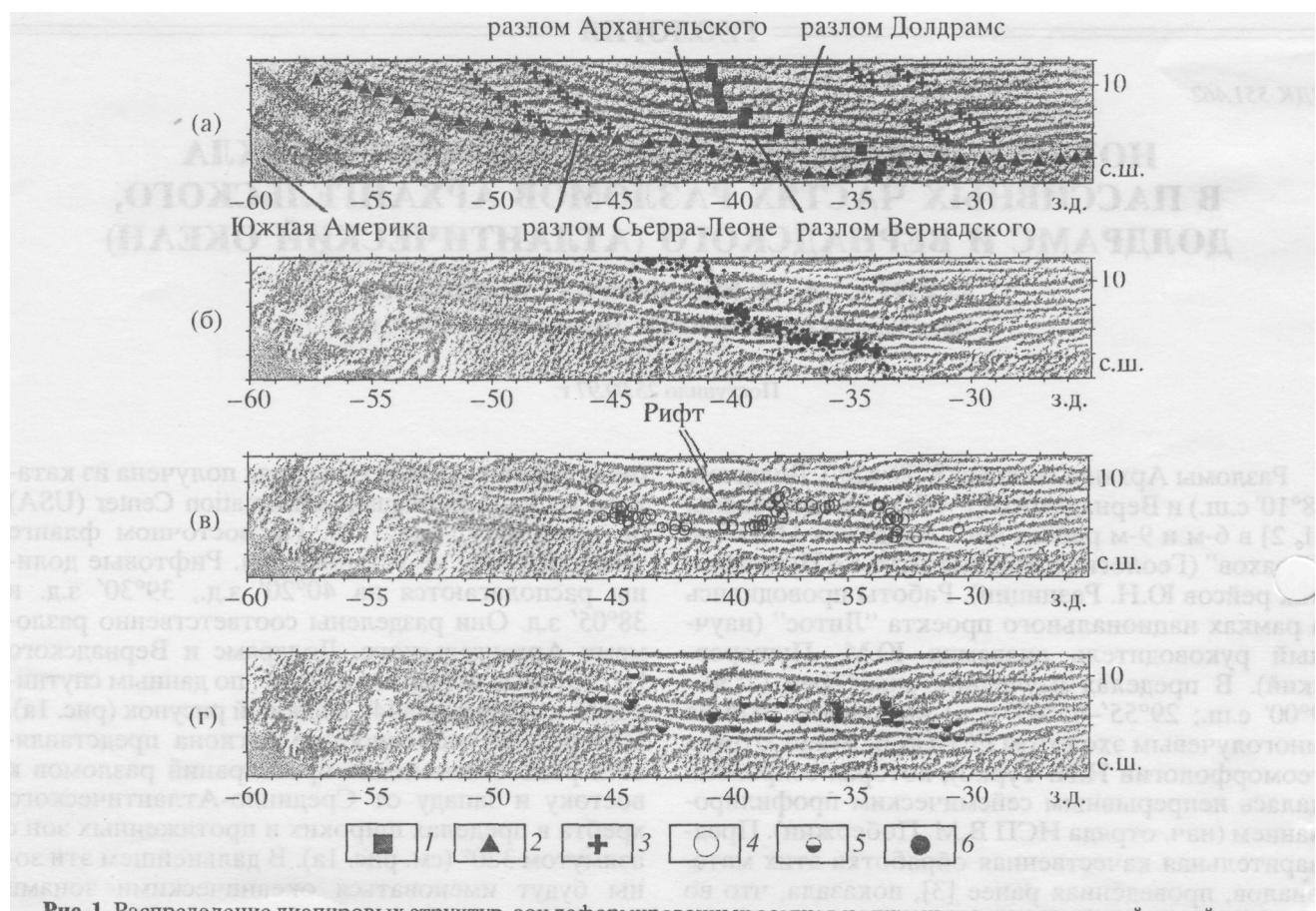


Рис. 1. Распределение диапироидных структур, зон деформированных осадков и эпицентров землетрясений на район разломов Архангельского, Долдрамс и Вернадского. Положение разломов показано по данным альтиметрии [4]. а – расположение основных структур; б – положение эпицентров землетрясений; в – диапироидные структуры или их группы; г – зоны деформированных осадков. 1 – рифтовая зона; 2 – граница сегментов; 3 – зоны изменения простираций разломов; 4 – диапиры; 5 – деформации осадочного чехла, не связанные с диапирами; 6 – эпицентры землетрясений.

Структуры протыкания практически не отражены в рельефе и лишь иногда образуют невысокие (80–100 м) холмы. На одном из них (высота 40 м, диаметр 3 км) была пробурена скв. 141 DSDP [5], которая на глубине 295 м вскрыла сильно измененные базальты щелочного типа с жилками серпентина. Предполагается, что в районе скважины с начала плиоцена происходило поднятие дна на 400 м со скоростью 8 см/год.

Главным критерием выделения диапироподобных структур в исследованном нами районе являлось наличие либо несогласий в осадках, выделяемых по конфигурации фаз отраженных волн и примыкающих к центру зоны деформаций над предполагаемым диапиром, либо деформаций, не объяснимых постепенным уплотнением осадков в пространстве вокруг выступов акустического фундамента. Диапироподобные структуры выделялись только там, где покрывающие акустический фундамент осадки давали возможность выделить следы их роста. Области с мощностью осадочного чехла на пределе обнаружения НСП не рассматривались. Анализ сейсмичес-

ких данных показал, что в осадочном чехле существует несколько типов структур, с которыми пространственно связаны деформации: диапироидные структуры, их группы, диапироидные BI^- , общирные поднятия акустического фундамента и разрывные нарушения.

Статистическая обработка данных показала, что большинство диапироидных структур располагаются на глубинах от 4500 до 4800 м (рис. 3а). Из 81 структуры 68 выражены в рельефе поднятиями высотой от первых десятков до 1500 м. Наиболее часто встречающаяся высота сформированного рельефа, как правило, менее 300–400 м (рис. 3б). Криптодиапиры, т.е. образования, не формирующие рельеф, установлены только на отдаленных флангах Срединно-Атлантического хребта или в прилегающих частях глубоководных котловин (западнее 44° з.д. и восточнее 32° з.д.). Их апикальные части могут находиться на глубинах от 140 до 550 м от поверхности дна. Все диапиры имеют высоты над акустическим фундаментом от 90 до 2600 м, при этом статистический анализ показал, что чаще всего встречаются образования

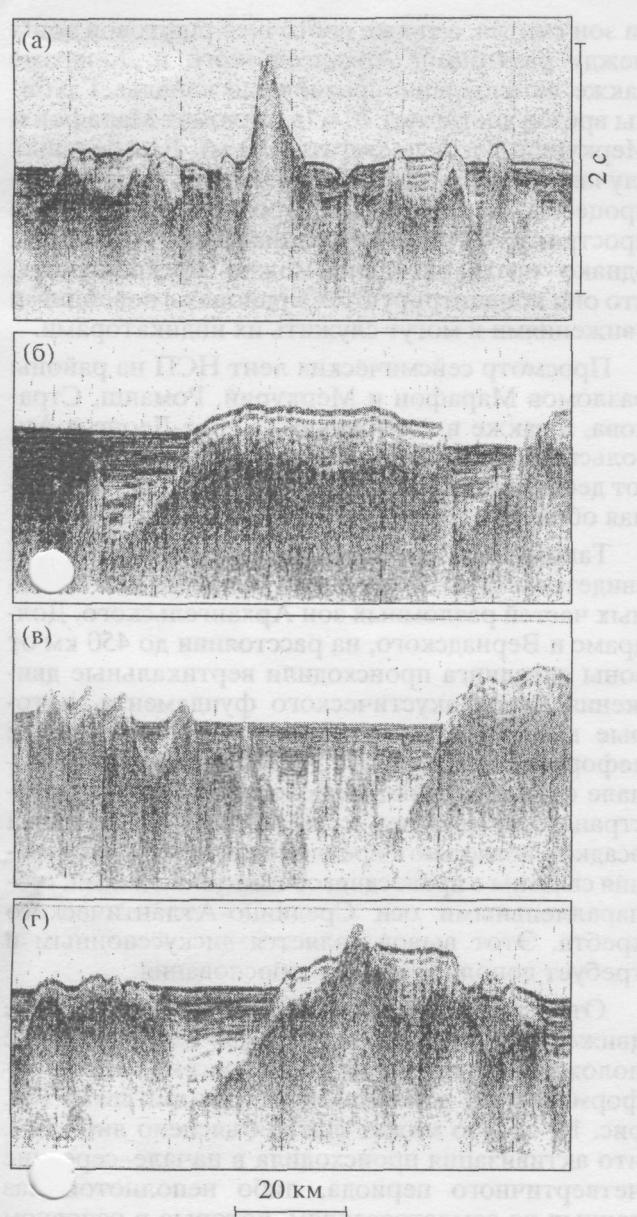


Рис. 2. Примеры деформаций осадочного чехла в тропической Атлантике между 13° и 7° с.ш. (пояснения в тексте).

с высотами от 250 до 400 м и от 500 до 600 м (рис. 3в). Их ширина изменяется от 1500 до 24 000 м с преобладанием от 1500 до 5500 м и от 6500 до 10 000 м. В целом между шириной структур и их высотой имеется прямо пропорциональная зависимость с отдельными незначительными отклонениями.

Относительно оси спрединга диапирсы образуют три группы (рис. 4а), которые разделены участками дна протяженностью по широте порядка 200 км, где они не установлены. Первая группа располагается западнее 42° з.д., т.е. вблизи западной зоны смятия. Статистика зависимости высо-

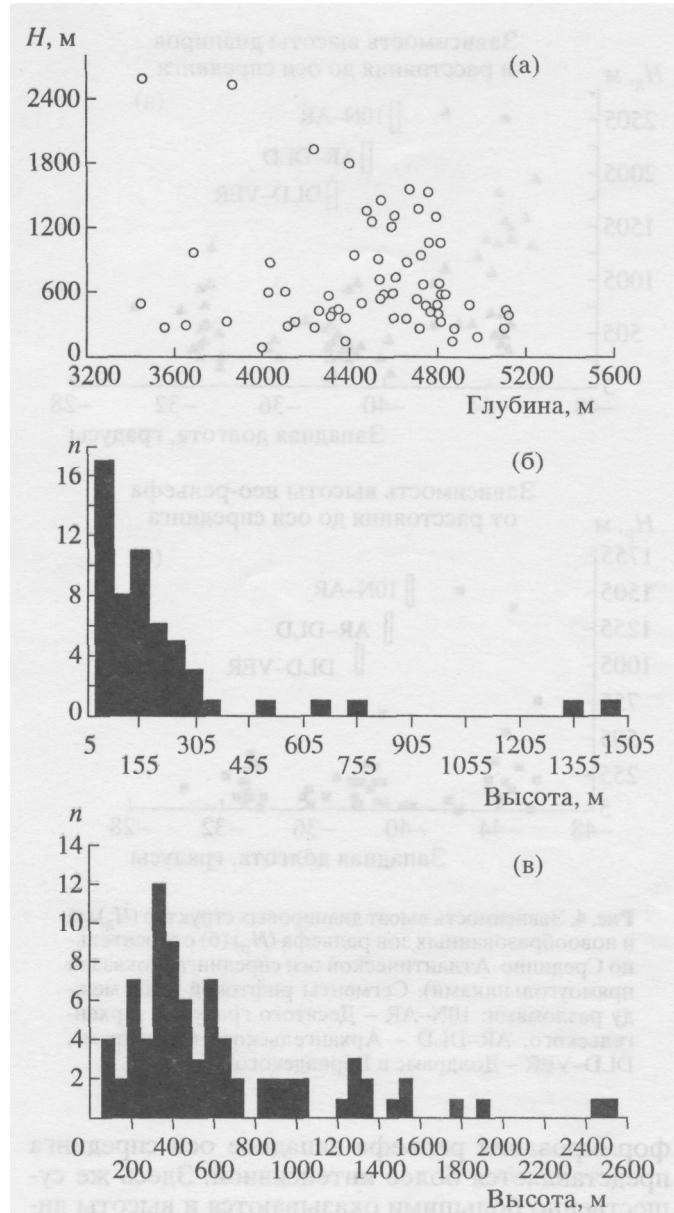


Рис. 3. Результаты статистической обработки диапировых структур. а – зависимость высоты (H) диапиров от глубины дна океана; б – частота встречаемости (n) высот рельефа, сформированного диапиром; в – наиболее часто встречающиеся высоты диапиров между 7° и 10° с.ш.

ты диапиров от долготы показывает, что здесь развиты наиболее высокие диапирсы (см. рис. 4а), которые формируют, соответственно, и наиболее дифференцированные по высоте формы рельефа (от 250 до 2500 м) (рис. 4б). Вторая группа установлена между 34° и $40^{\circ}30'$ з.д. вблизи рифтовой долины между разломами Долдрэмс и Вернадского. Здесь высоты структур протыкания в основном ниже 700 м, а высота сформированного рельефа менее 400 м. Третья группа выявлена восточнее 33° з.д. и ее расположение совпадает с восточной зоной смятия. Таким образом, интенсивность

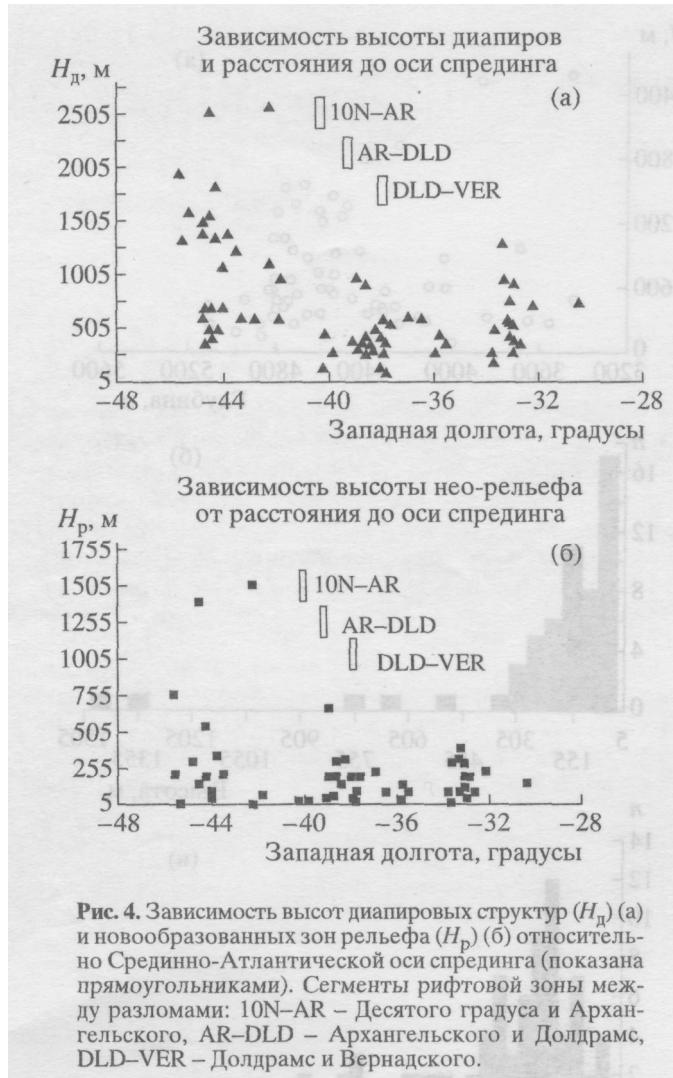


Рис. 4. Зависимость высот диапирных структур (H_d) (а) и новообразованных зон рельефа (H_p) (б) относительно Срединно-Атлантической оси спрединга (показана прямоугольниками). Сегменты рифтовой зоны между разломами: 10N-AR – Десятого градуса и Архангельского, AR-DLD – Архангельского и Долдрамс, DLD-VER – Долдрамс и Вернадского.

формирования рельефа западнее оси спрединга представляется более интенсивной. Здесь же существенно большими оказываются и высоты диапирных образований.

Деформации осадков (см. рис. 1в) могут и не иметь видимой связи с диапирными структурами (см. рис. 1б). Обращает на себя внимание тот факт, что восточнее оси спрединга они концентрируются в пределах океанической зоны смятия. В пределах осевой зоны хребта в четырех районах они располагаются на простирации рифтовых структур, а также на межразломных хребтах.

Разломы в осадочном чехле представляют собой взбросы (преобладают) и сбросы с амплитудами от 10 до 40 м. Они могут образовывать такие формы рельефа, как уступы, опущенные или приподнятые блоки. Отмечен один случай, когда горст деформирует только нижнюю часть осадочного чехла.

В заключение нашего краткого обзора отметим, что в районе работ, на флангах хребта вбли-

зи зон смятия, а также восточнее рифтовой зоны между разломами Архангельского и Долдрамс также установлены эрозионные каналы. Глубины врезов достигают 70 м (в разломах Марафон и Меркурий могут достигать 150 м). В отдельных случаях вблизи каналов отмечаются оползневые процессы. Распределение эрозионных врезов в пространстве требует специальной обработки, однако предварительно можно предположить, что они концентрируются в районах с новейшими движениями и могут служить их индикаторами.

Просмотр сейсмических лент НСП на районы разломов Марафон и Меркурий, Романш, Стражова, а также в котловинах Сьерра-Леоне и Ангольской показывает, что там также присутствуют деформации осадочного чехла. Более подробная обработка данных будет проведена позже.

Таким образом, приведенные данные J-T*-TI свидетельствуют о том, что за пределами аквальных частей разломных зон Архангельского, Долдрамс и Вернадского, на расстоянии до 450 км от зоны спрединга происходили вертикальные движения пород акустического фундамента, которые вызывали дизъюнктивные и пликативные деформации осадочного чехла. Упомянутые в начале статьи океанические зоны смятия и их пространственная связь с областями деформаций осадков позволяют предположить, что эти явления связаны с правосдвиговыми движениями, субпараллельными осями Срединно-Атлантического хребта. Этот вывод является дискуссионным и требует дополнительного обоснования.

Открытым остается вопрос о точном возрасте движений в четвертичное время. Сопоставление положения эпицентров землетрясений и зон деформаций не показывает их прямой связи (см. рис. 1б-г). Это может быть объяснено либо тем, что активизация происходила в начале-середине четвертичного периода, либо неполнотою баз данных по землетрясениям, которые в основном содержат данные о событиях с магнитудами более 4.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 9705-65359).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Строение зоны разлома Долдрамс. Центральная Атлантика / Под ред. Ю.М. Пущаровского. М.: Наука, 1991. 224 с.
- Пущаровский Ю.М., Разницин Ю.Н., Мазарович А.О. и др. // Геотектоника. 1992. № 6. С. 63–79.
- Мазарович А.О. // ДАН. 1993. Т. 332. № 1. С. 62–65.
- Smith W.H.F., Sandwell D.T. // EOS. 1995. V. 76. № 46. • Fall. Meet. Suppl. P. F156.
- Hayes D.E., Pimm A.C. et al. In: Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj. 1972. V. 14. P. 217–247.