



***RESULTS OF RESEARCHES  
ON THE INTERNATIONAL GEOPHYSICAL PROJECTS***

**RESEARCH  
OF SEISMICITY  
IN SEISMIC ZONES  
OF LESS ACTIVITY**

**(CENTRAL CUBA)**



**PUBLISHING HOUSE «NAUKA»  
MOSCOW 1983**

**ОБЩАЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ РАЙОНА КУБЫ**

Сейсмическая деятельность на Кубе, как и происходящие на ее территории тектонические процессы, могут быть поняты, только если рассматривать Кубу как элемент крупного Карибского региона. Поэтому рассмотрим сейсмические условия этого района в целом.

Пояс высокой сейсмической активности кольцом опоясывает Карибское море. На западе это кольцо проходит по Центральной Америке, на юге — по северной части континента Южной Америки. Восточный сегмент совпадает с дугой Малых Антильских островов, северный идет вдоль Больших Антильских островов и далее к западу вдоль желоба Кайман-Бартлетт до Гондураса. Само Карибское море практически асейсмично.

В северной половине восточной части кольца ситуация типична для океанических островных дуг. Здесь происходят землетрясения с глубинами очага до 200 км, активен современный вулканизм.

В пределах островной дуги отмечаются положительные гравитационные аномалии Фая (+150—+200 мГл), в пределах желоба — минимум до 200—250 мГл, что указывает на подвиг Атлантической литосферы [Ушаков и др., 1979]. Восточная часть Карибской плиты, прилегающая изнутри к Малым Антильским островам, размеры которой оцениваются в 1000 км с севера на юг и 300 км с запада на восток, характеризуется повышенным поглощением волн  $S_n$ : для них здесь добротность  $Q = 80$  [Rial, 1976], тогда как в остальной части Карибского моря  $Q = 2500$  [Molnar, Oliver, 1969]. Здесь же выявляется аномалия групповых скоростей рэлеевских волн: 2,6—3,1 км/с вместо типичных для океанических трасс значений 3,5—4,0 км/с. Аномалия прослеживается для периодов 20—30 с, а при  $T = 40$  с — исчезает. Это указывает на то, что аномальная зона не проникает на глубины больше 140 км [Rial, 1976].

Механизм очагов землетрясений в районе Малых Антильских островов соответствует надвигам и взбросам с подвижкой в направлении поперек оси островной дуги [Molnar, Sykes, 1969; Murphy, McCann, 1977]. В северной части Антильской дуги

направление подвижек имеет азимут  $70-250^\circ$ . Глубины очагов в Малых Антильских островах возрастают с востока на запад, образуя зону Беньофа, но не превышают 200 км.

Северная часть Карибского кольца протягивается широтно вдоль глубоководного желоба Кайман-Бартлетт. Северный борт восточной части желоба Кайман образует широтно вытянутое поднятие о-вов Кайман до Сьерра-Маэстра. В западной части впадины (к западу от  $82^\circ$  з.д.) подводный хребет находится южнее впадины. Ширина желоба составляет 100–150 км, глубина – в среднем около 5 км. В пределах желоба земная кора значительно тоньше, чем в окружающих его частях морского дна: между Ямайкой и Большим Кайманом она составляет всего 4,8 (местами 2,6 км); между Ямайкой и Ориенте – от 5,5 до 11, но далее к востоку возрастает до 17 км [Bowin, 1968].

По методу отраженных волн установлено [Holcombe et al., 1973], что рельеф центральной части желоба Кайман представлен долинами и хребтами, вытянутыми поперек желоба с севера на юг. Структура и рельеф долин симметричны относительно центральной V-образной долины, находящейся около  $82^\circ$  з.д., примерно на равном расстоянии от концов желоба. Центральная долина свободна от осадков, по мере удаления от нее мощность осадков возрастает. В центральной части желоба обнаружены повышенные значения теплового потока ( $2,3 \cdot 10^{-6}$  кал/см<sup>2</sup> с), что в 1,75 раза больше, чем в окружающих частях океанического дна Карибского моря и Атлантики. Эти данные указывают на существование поперечного рифта и на спрединг морского дна в его пределах. Данные о магнитудных аномалиях в пределах желоба Кайман показывают, что спрединг происходил почти симметрично [Macdonald, Holcombe, 1978]. В результате дно желоба возраста 60 млн. лет ( $PG_1$ ) к настоящему моменту переместилось к западу до  $87^\circ$  з.д. и к востоку – до  $74^\circ$  з.д. [Heesen, Fornari, 1977].

В западном своем окончании разлом, связанный с желобом, пересекает Центральную Америку в пределах Гватемалы. По этому разлому 4.II 1976 произошло землетрясение с магнитудой  $M = 7,5$  [Dewey, Julian, 1976; Plafker et al., 1976; Плафкер, 1976; Fiedler, 1977] с выходом на поверхность Земли разрыва протяженностью 230 км. Подвижки при этом имели характер левого сдвига. Смещения были горизонтальными с амплитудой до 340 см (в среднем 100 см). Немногочисленные сейсмологические данные для других участков желоба показывают, что и здесь движение имеет характер левого сдвига [Molnar, Sykes, 1969, 1971].

Проявления сейсмичности вдоль желоба Кайман вблизи Эспаньолы, Ямайки и Ориенте приурочены к северному и южному его бортам. Западнее  $77^\circ$  з.д. они сконцентрированы вдоль северного борта впадины, около  $82^\circ$  з.д. отмечаются на южном борту вдоль центральной рифтовой долины и далее вдоль южного борта по разрыву, переходящему на западе в разрывы Мотагуа. Совокупность этих данных заставляет считать, что сейсмичность Карибского кольца вызвана перемещением Карибской плиты к востоку относительно плиты обеих Америк (к плите относится и западная половина Атлантики). Следовательно, северная часть сейсмоактивного Карибского кольца связана с левосдвиговым движением по трансформному разлому, который сам вблизи  $82^\circ$  з.д. осложнен поперечной спрединговой зоной (вторичный рифтогенез). Это общее направление движения оказывается осложненным и в других частях Карибского кольца [Molnar, Sykes, 1969; Silver, 1975; Jordan, 1975]. Так, П. Молнар и Л. Сайкс [1971] отмечают наличие поддвиговой зоны вдоль северо-восточного побережья о-ва Эспаньола с очагами на глубинах до 150 км.

Механизмы очагов этой зоны не согласуются с общим направлением движения по трансформному разлому на  $10-20^\circ$ . Цунамигенное землетрясение 4.VIII 1946 ( $M = 8,1$ ), афтершоковая зона которого вытянута в направлении северо-восточного побережья Эспаньолы, а не вдоль трансформного разлома, также указывает на поддвиговый характер движения. Это заставляет [Silver, 1975; Jordan, 1975] предполагать существование микроплиты, включающей Эспаньолу. С.А. Ушаков и др. [1979] тоже выделяют микроплиту, объединяющую Эспаньолу и Пуэрто-Рико и, кроме того, предположитель-

но Кубинскую микроплиту. Основываясь на данных по гравитационным аномалиям, они полагают, что имеет место двусторонний поддвиг под о. Пуэрто-Рико: с севера под него поддвигается океаническая литосфера Атлантики в направлении с северо-востока на юго-запад, а с юга, вдоль желоба Муэртос, поддвигается литосфера Карибского моря под острова Эспаньола и Пуэрто-Рико в направлении с юго-запада на северо-восток.

Кроме того, западнее  $83^{\circ}$  з.д., т.е. в западной части впадины Кайман, изостатические аномалии указывают на частичный поддвиг южного крыла океанической литосферы Атлантики под северный борт поднятия Никарагуа, относящегося к Карибской плите [Ушаков и др., 1979]. По мнению этих же авторов, в восточной части впадины Кайман, восточнее  $81^{\circ}$  з.д., отмечается поддвиг карибской литосферы под о. Куба и под островную гряду Кайман. Заметим, что вблизи о-вов Кайман, а также в пределах желоба Кайман около восточной оконечности провинции Ориенте отмечаются очаги с глубинами 70–80 км. Однако, по нашим наблюдениям, очаги землетрясений, локализованные вдоль северо-западного побережья и в пределах Ориенте, судя по форме записи и по углам выхода сейсмической радиации, являются коровыми.

Очевидно, интенсивность тектонического и сейсмического процессов в межплитовой полосе определяется относительной скоростью движения контактирующих плит. П. Молнар и Л. Сайкс [Molnar, Sykes, 1969] дают значение скорости 2,2 см/год. Оно получено из условия непротиворечивости относительных скоростей Северной Америки, плиты Кокос и Карибской плиты. Такая скорость согласуется с глубиной погружения зоны Бенюфа в Малых Антильских островах, если принять, согласно работе [Isacs et al., 1968], что время существования в мантии погруженного холодного блока океанической литосферы ограничено 10 млн. лет. Т. Холком и др. [Holcombe et al., 1973] дают такое же значение скорости, используя корреляционное соотношение между опусканием океанического дна и возрастом пород, образовавшихся в данном центре спрединга [Sclater et al., 1971].

Анализ магнитных аномалий показал, что полускорость спрединга 2,4–8 млн. лет назад составляла 2 см/год, а за время 0–2,4 млн. лет – 1 см/год [Macdonald, Holcombe, 1978]. Это существенно меньше, чем скорость относительного движения на Тихоокеанском кольце, достигающая 6–9 см/год.

Что касается "абсолютных" скоростей (т.е. скорости движения литосферы относительно мантии), то имеются основания считать Карибскую плиту почти неподвижной, а Северо-Американскую – движущейся к западу. Этот вывод получается из предположения [Minster et al., 1974], что зоны субдукции играют роль "якорей", которые препятствуют смещению осей этих зон относительно мантии. Карибская плита имеет две зоны субдукции – в западной и восточной ее оконечностях, с противоположными направлениями поддвига.

Проделанные Т. Джорданом [Jordan, 1975] расчеты дали значение абсолютной скорости 0,6 см/год (что с учетом погрешностей несущественно отличается от нуля), а относительной скорости – 2,1 см/год. Более поздняя модель С.А. Ушакова и др. [1979] дала значение абсолютной скорости 1 см/год; при этом относительная скорость движения Карибской и Северо-Американской плит получается 1,4 см/год в широтном направлении и 0,3–0,4 см/год – в меридиональном.

Из описанных выше особенностей общей обстановки в северной части Карибского сейсмоактивного кольца можно сделать следующие общие выводы.

Скорость относительного движения Карибской плиты и плиты обеих Америк невелика по сравнению со скоростью в Тихоокеанском поясе, где она достигает 6–9 см/год. Это согласуется с тем фактом, что уровень активности Карибского пояса в области Малых Антильских островов оказывается заметно ниже, чем в Центрально-Американской зоне субдукции Тихоокеанского пояса. Соответственно и в северной части Карибского кольца периоды повторяемости сильнейших землетрясений должны быть больше, чем в тихоокеанских трансформных зонах, например на разломе Сан-Андреас (Калифорния). В то же время глобальный характер движений, вызывающих сейсмичность

Карибского кольца, заставляет считать, что здесь могут возникать очень сильные землетрясения, вплоть до  $M = 8$ .

Известно, что при землетрясениях с магнитудой  $M \approx 8$  смещение достигает примерно 500–600 см. Если принять, что основная часть смещений реализуется именно сильными землетрясениями, то период повторяемости таких землетрясений на трансформном разломе получается равным 250–300 лет. Эта оценка дает минимальный период и может увеличиться, если заметная доля смещений происходит за счет крипа.

Как известно, для сейсмического процесса, связанного со сдвигами по трансформным разломам, характерен циклический сейсмический режим: периоды высокой активности и сильных землетрясений могут перемежаться сравнительно продолжительными периодами затишья, когда активность концентрируется на участках нарушения линейности трансформного разлома, а в линейных участках наступает затишье. Поэтому при оценке параметров сейсмического режима желоба Кайман не следует чрезмерно детализировать в пространстве получаемые оценки, опираясь на сравнительно краткосрочные наблюдения.

Южное побережье провинции Ориенте является северным бортом глубоководной впадины Кайман, и сейсмичность провинции связана в основном с очагами землетрясений, возникающими в этой межплитовой зоне. Остальная территория острова лежит вне Карибского кольца, и возникающие здесь землетрясения лишь косвенно связаны с относительными движениями по трансформному разлому. Эта сейсмичность должна рассматриваться как внутриплитовая, связанная с деформацией Северо-Американской плиты в зоне, прилегающей к границе плит. Существующая в пределах Кубы сеть разломов определяется всей историей развития этого района. Возникновения землетрясений здесь следует ожидать в тех узлах, в которых генеральное движение создает зоны концентрации напряжений.

#### ABSTRACT

A general scheme of geodynamical situation in the northern part of the Caribbean Ring and in Cuba is given, established on the basis of geophysical information available in the literature. We conclude that earthquakes occurring within the Kaiman–Bartlett trench near Oriente represent interplate seismicity, associated with the main movement of left-lateral strike-slip experienced by the Caribbean plate with respect to the North American plate. Scattered seismicity of Central Cuba is intraplate in character and is associated with deformation of the North American plate where it is adjacent to the main fault.