

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ КОМАНДОРСКОЙ МИКРОПЛИТЫ ПО СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИМ И GPS ДАННЫМ

А.В.Ландер,¹ В.Е.Левин,² Н.Н.Титков²

¹Международный Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, г. Москва, Россия, e-mail: land@mitp.ru

²Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: lev@emsd.ru

Командорская микроплита (Командорский блок) составляет крайний западный сегмент Алеутской островной дуги, примыкающий к перпендикулярным активным структурам (границам плит), протянувшимся вдоль Камчатки. В глобальном масштабе рассматриваемый регион располагается в области конвергентного сочленения трех крупнейших плит: двух "медленных" преимущественно континентальных - Евразийской и Северо-Американской, и одной "быстрой" Тихоокеанской. В окрестности "точки" их тройного сочленения от Евразии и Северной Америки обособились две плиты среднего размера: Охотия и Берингия, а также ряд более мелких блоков. Большинство из них перемещается с низкими, но достаточными для возникновения заметной сейсмической активности, относительными скоростями, сохраняя общие кинематические черты движения крупных материнских плит. К числу таких мелких блоков относится и Командорская микроплита. Однако, в отличие от большинства остальных, предполагается, что ее неогеновая история связана с Тихоокеанской плитой [Lander, Shapiro, 2007]. По-видимому, несмотря на то, что в наше время Командорский блок встроен в Алеутскую дугу, его кинематические характеристики продолжают определяться в первую очередь тихоокеанскими движениями.

Структуры Алеутской дуги на протяжении 3400 км разделяют Северо-Американскую плиту (точнее на основном протяжении Берингию) от Тихоокеанской. Вследствие изгиба дуги, характер взаимодействия между плитами вдоль нее постепенно меняется от ортогональной субдукции на востоке до практически чистого правого сдвига на западе. Соответственно закономерно меняется вдоль дуги и степень проявленности зоны субдукции. Надежная наклонная, падающая на север, сейсмофокальная зона наблюдается на западе только до 172°Е, причем на последних 500 км, между 180° и 172°Е, происходит постепенное уменьшение максимальной глубины землетрясений от 250 до 100 км [USGS National Earthquake Information Centre, <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/mchedr/>]. Отдельные редкие (и не всегда надежно определенные) события с глубинами до ~100 км зарегистрированы под дугой и дальше на северо-запад вплоть до Камчатки, причем эти промежуточные землетрясения, как и в районах субдукции, остаются значительно смещенными в сторону дуги относительно желоба. Эти данные, наряду с общей кинематикой относительных движений крупнейших плит, позволяют предположить, что участки тихоокеанского слэба, погруженные в центральной части Алеутской дуги могут в дальнейшем продвигаться в северо-западном направлении, оставаясь на постоянной глубине под осевой линией дуги.

Описанная картина взаимодействия Тихоокеанской плиты с Алеутской дугой во всех главных чертах повторяет известную активную тектоническую структуру, развивающуюся на северо-западе Зондской дуги (район Суматры и Андаманского моря), где океаническая Индо-Австралийская плита взаимодействует с континентальной Зондской (Сунда) плитой (рис. 1). Вдоль Зондской дуги, также как и вдоль Алеутской, происходит обусловленная изгибом границы постепенная смена условий субдукции на сдвиг. При этом в Андаманском море на трансформном участке границы плит четко фиксируется наклонная сейсмофокальная зона, падающая под островную дугу. По-видимому, повышенное сцепление с дугой наклонного, но движущегося в горизонтальном направлении слэба, привело в Зондской дуге к отделению от нависающей Зондской плиты тонкой "щепки" (sliver) - узкой Бирманской микроплиты, перемещающейся вдоль глубоководного желоба и островной дуги, в основном в направлении движения океанической плиты, но с меньшей, чем последняя, скоростью. Однако в ее движении возможны и флуктуации. Именно с таким мгновенным отскоком "щепки" в сторону желоба (наряду с продолжением продольного проскальзывания) были связаны катастрофические Суматранское землетрясение $M=9$ и цунами 26 декабря 2004 г. Поэтому сходство тектонических процессов в Зондской и Алеутской дугах заставляет очень серьезно

отнестись к изучению движений последней, где также, по-видимому, существует аналогичная, хотя и меньшего размера, "щепка" - Командорская микроплита.

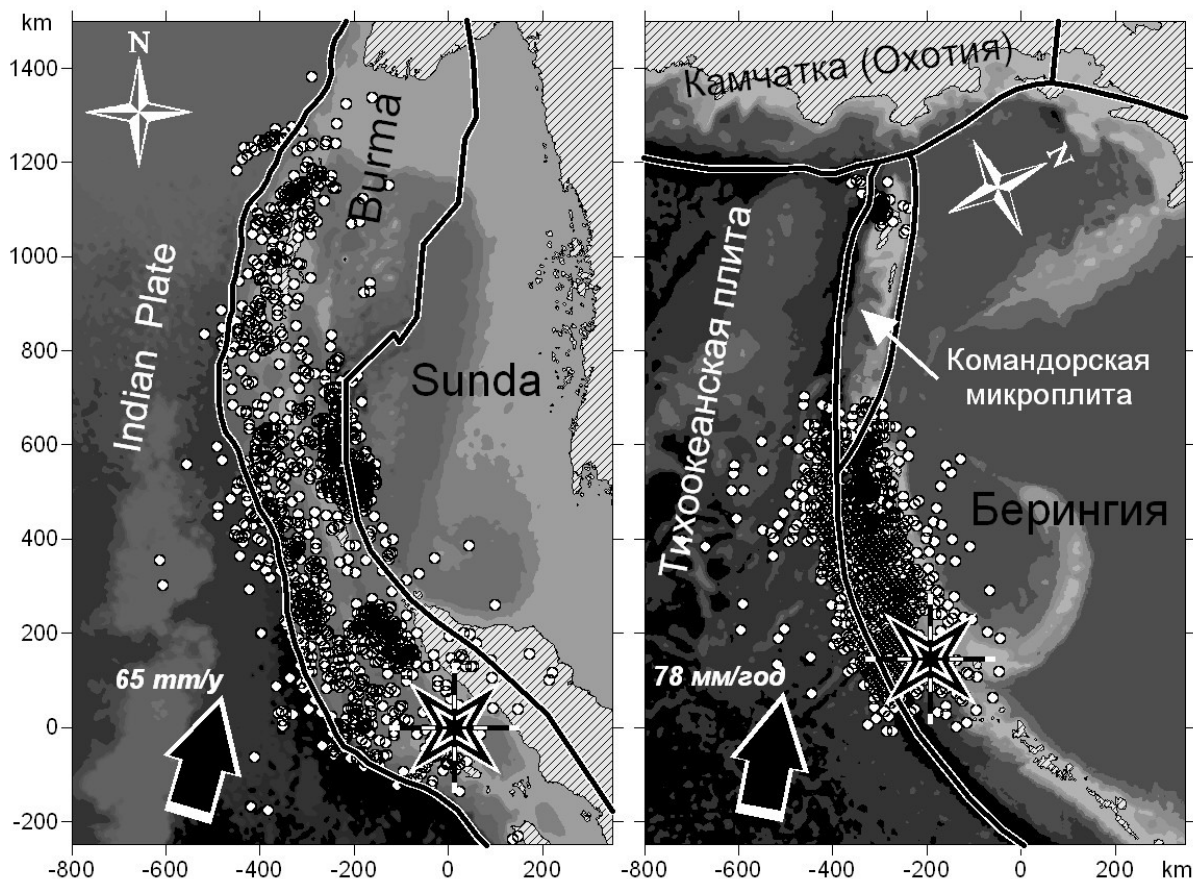


Рис. 1. Структурная и кинематическая аналогия между Зондской и Алеутской дугами. Слева - северо-западная часть Зондской дуги, справа западная часть Алеутской (карты построены в одном масштабе, но в разных проекциях). Жирные линии - границы плит. Крупные стрелки указывают направления относительных движений океанических плит (Индийской и Тихоокеанской). На карты нанесены эпицентры (звезды) и облака афтершоков сильнейших землетрясений: Суматранского 2004 г. $M=9$ в Зондской дуге, и 1965 г. $M=7.75$ в Алеутской.

Морфологически Командорский блок (рис. 2) встроен в Алеутскую островную дугу, являясь ее северо-западным окончанием. Однако в районе 169° - 170° восточной долготы полоса сейсмичности, проходящая по юго-западному склону дуги, раздваивается, частично переходя на северо-восточный берингийский борт Командорского блока, и отделяя его в современной структуре от остальной Алеутской дуги. В результате Командорская микроплита ограничена с северо-востока и юго-запада двумя узкими параллельными сейсмическими поясами [USGS National Earthquake Information Centre, <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/mchedr/>, Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962-2006 КФ ГС РАН]. Сейсмичность северо-восточной границы микроплиты концентрируется вдоль разлома Беринга, протянувшегося на океаническом основании непосредственно у подножья склона Командорского шельфа. Землетрясения на юго-западной границе происходят вдоль Алеутского желоба и параллельного ему разлома Стеллера (на западе микроплиты). За столетний интервал инструментальных наблюдений сейсмическая активность северо-восточной границы Командорской микроплиты в целом несколько превосходит активность юго-западной границы. Однако, возможно, это связано с неполнотой накопленной статистики и, в частности, с длительным затишьем, наблюдаемым на склоне желоба юго-восточнее Командорских о-в. На обеих параллельных границах Командорской микроплиты в очагах землетрясений преобладают правые сдвиги [Global CMT catalog, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>]. Это указывает на то, что узкая, вытянутая микроплита скользит на северо-запад параллельно движению Тихоокеанской плиты, отставая от последней. На северо-западе Командорская микроплита сталкивается с Камчаткой. Это подтверждается тем, что на небольшом "торцовом" участке в районе мыса Африка наблюдаются взбросовые механизмы землетрясений. Относительно

глубокие (до 100-120 км) землетрясения, зафиксированные в Командорском блоке, на сегодня плохо изучены и не позволяют оценить форму его возможной нижней границы.

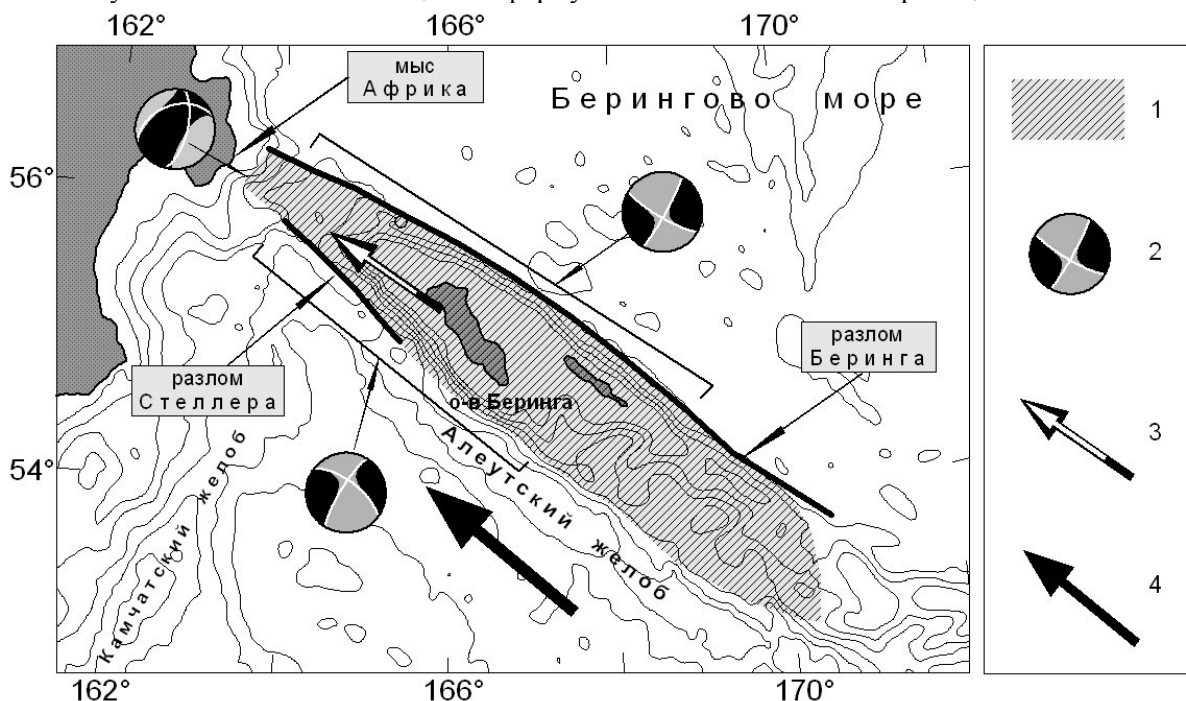


Рис. 2. 1 - Командорская микроплита, 2 - Средние тензоры сейсмического момента на границах Командорской микроплиты, рассчитаны на основе [Global CMT catalog, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>], 3 - Вектор скорости Командорской микроплиты относительно Камчатки по данным GPS, 4 - Вектор скорости Тихоокеанской плиты относительно Камчатки, модель GRSM 1.2 [Plate Motion Calculator, http://sps.unavco.org/crustal_motion/dxdt/model/]

В отличие от сейсмологической информации, позволяющей судить о форме Командорской микроплиты и приблизительном направлении движения, данные GPS позволяют построить значительно более надежную количественную оценку вектора ее скорости. Впрочем, здесь имеются определенные трудности, связанные с отсутствием на сегодня надежных моделей движения прилегающих плит: Охотии и Берингии. Главные оценки движения Командорской микроплиты могут быть получены путем комбинации двух групп данных. Во-первых - по непосредственным измерениям, полученных Камчатской региональной сетью GPS (KAMNET), одна из станций которой располагается в центральной части Командорского блока, во-вторых, используя модели движения крупных плит: Евразийской, Северо-Американской, Тихоокеанской, построенных по GPS-измерениям на станциях, удаленных от рассматриваемого региона. Ниже приведены основные результаты этих оценок в системе координат неподвижной Евразийской плиты в рамках модели GRSM v1.2 [Kreemer, Holt., Haines, 2003, Plate Motion Calculator, http://sps.unavco.org/crustal_motion/dxdt/model/].

Согласно модели, Тихоокеанская плита в районе Командорского блока движется относительно Евразии примерно на северо-запад со скоростью 79 мм/год. Скорость Командорской микроплиты (станция BRNG) относительно Евразии, составляет 55 мм/год (период 2006-2008 гг., а также более ранний [Левин и др. 2002]), причем направления Тихоокеанского и Командорского векторов отличаются всего на 1°. Соответственно скорость "отставания" Командорской плиты от Тихоокеанской составляет 24 мм/год. Сравнение двух последних величин показывает, что Тихоокеанская плита оказывает большее влияние на движение Командорской, чем расположенная севернее Берингия.

5 декабря 2003 г. на северной границе Командорского блока вблизи о-ва Беринга произошло достаточно сильное землетрясение $M_w=6.7$. При этом на станции BRNG, расположенной в 70 км юго-восточнее эпицентра зарегистрировано косейсмическое смещение на 17 мм в направлении 300° (повернуто на 26° по часовой стрелки относительно среднего вектора за 2006-2008 гг). Таким образом дополнительное мгновенное перемещение центральной части Командорской микроплиты в результате этого события составило примерно 30% от характерного годового, происходящего в отсутствие сильных землетрясений.

Камчатка, в направлении которой движется Командорский блок, располагается на

Охотской плите. Однако Восточная Камчатка подвержена значительному влиянию Тихоокеанской плиты, по-видимому, возникающему в результате их сцепления в зоне субдукции. В промежутках между сильными землетрясениями станции, расположенные на Восточной Камчатке, смещаются также приблизительно на северо-запад со скоростями 10-20 мм/год, а в момент сильного землетрясения практически мгновенно перемещаются в обратную сторону. Амплитуда этих перемещений закономерно убывает при удалении к западу от зоны субдукции. В результате большую часть времени скорость Командорской микроплиты относительно ближайших районов Камчатки оказывается ниже, приведенного выше значения. Для ближайшей станции KBG, расположенной на полуострове Камчатского мыса эта относительная скорость составляет 36 мм/год.

Возвращаясь к структурному и кинематическому сходству Алеутской и Зондской дуг, обратим внимание на сильное землетрясение 4 февраля 1965 г. $M=7.75$, произошедшее в центральной части Алеутской дуги и занимающее в последней примерно то же структурное положение, что и катастрофическое Суматранское событие 26 декабря 2004 г. в Зондской дуге - в области перехода от субдукционного сегмента к трансформному (рис.1). Оба землетрясения имели очень большие афтершоковые области, протянувшиеся в одну сторону от эпицентра - в сторону трансформного сегмента. Если формально учитывать только максимальные размеры, то обе области сравнимы по размеру. Однако облако афтершоков Алеутского землетрясения имеет необычную форму: резко обрываясь у "начала" Командорского блока, оно вновь отчетливо проявляется роем событий у его северо-западного окончания. 400-километровый промежуток не содержал афтершоков. Выше отмечено, что этот же сегмент Алеутского желоба относительно мало активен в течение всего интервала инструментальных наблюдений. Возможно, мы имеем здесь "запертую" область длительного затишья, предшествующего сильному землетрясению (область афтершоков Суматранского землетрясения в предыдущей истории инструментальных наблюдений была также мало активна).

Таким образом, как сейсмологические данные, так и GPS-измерения подтверждают для Командорской микроплиты изложенную выше модель "щепки", движущейся на северо-запад вдоль трансформной границы под преимущественным влиянием Тихоокеанской плиты и упирающейся во фронтальном торцовом сочленении в полуостров Камчатского мыса. Возможность возникновения на южной границе микроплиты сильного землетрясения заставляет внимательнее отнестись к дополнительным в первую очередь GPS измерениям на Командорских островах.

Список литературы

- Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов 1962-2006** КФ ГС РАН.
Левин В.Е., Гордеев Е.И., Бахтиаров В.Ф., Касахара М. Предварительные результаты GPS мониторинга на Камчатке и Командорских островах // Вулканология и сейсмология, 2002. № 1. С.3-11.
Global CMT catalog, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
Kreemer C., Holt W.E., Haines A.J. An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation // Geophys. J. Int., 2003. 154. P. 8-34.
Lander A.V., Shapiro M.N. The Origing of the Modern Kamchatka Subduction Zone. Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region Geophysical Monograph. Series 172. Copyright 2007 by the American Geophysical Union. 10.1029/172GM09, p. 56-64.
Plate Motion Calculator, http://sps.unavco.org/crustal_motion/dxdt/model/2.
USGS National Earthquake Information Centre, <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/mchedr/>