

УДК 551.242.11:571.64+524

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ И ГРАНИЦА ПЛИТ НА САХАЛИНЕ И ХОККАЙДО

© 2004 г. С. М. Сапрыгин, В. Э. Кононов, В. Н. Сеначин

Представлено академиком В.Н. Страховым 15.03.2004 г.

Поступило 22.03.2004 г.

Горизонтальные движения в недрах реализуются двумя способами – упругая отдача при землетрясении и крип (ползучесть) разломов. В первом случае в движение вовлекаются оба крыла разлома со скоростью, близкой к скорости поперечных волн (2–3 км/с). При крипе подвижным является одно крыло разлома, а его скорость – несколько сантиметров в год. В пластичных глинистых толщах возможна послойная ползучесть [1].

Горизонтальные движения в недрах Сахалина изучали геологи, геодезисты и сейсмологи. Но эти наблюдения были локальными. Важно установить региональную схему таких движений.

В сообщении обсуждаются геологические и инструментальные данные о горизонтальных движениях в недрах Сахалина и Хоккайдо. Впервые установлены два направления таких движений на Сахалине (северо-восток–север и юго-восток–юг), позволивших обосновать границу Евразийской и Охотоморской плит. Можно полагать (с привлечением японских исследований по Хоккайдо), что Охотоморская плита вращается против часовой стрелки с линейной скоростью до 2 см/год.

Движение тектонического блока в земной коре происходит под влиянием определенных сил. Из рис. 1 следует, что основной силой в недрах Сахалина является почти широтное близгоризонтальное сжатие, которое способствует растяжению каркаса острова в меридиональном направлении. Именно в этом направлении наиболее вероятны горизонтальные перемещения тектонических блоков.

Далее последовательно с севера на юг Сахалина приведены данные о горизонтальных движениях и смещениях (рис. 2).

Лонгрыйский и Хейтонский правые сдвиги п-ова Шмидта, дающие смещения 7 и 5.5 км соответственно, охарактеризованы в [3]. Они отчет-

ливо выражены в рельефе сопряженными хребтиком высотой до 4 м и ложбиной глубиной 2–3 м.

Горельский правый сдвиг смещает плиоценовые отложения на 3 км [4]. В его зоне в 1957 г. произошло землетрясение магнитуды $M = 5.5$ [2].

Верхне-Пильтунский разлом запер не только движения 1941–1970 гг. (их скорость была до 2 см/год), но и складчатость нагнетания в плиоценовых отложениях [1]. Этот разлом был очагом Нефтегорского землетрясения в 1995 г. с $M = 7.2$, и по нему произошел правый сдвиг величиной около 4 м [5]. Вместе с продолжающимися его на север Эхабинско-Пильтунским и Лонгрыйским правыми сдвигами он разграничивает горизонтальные движения различной ориентации: восточнее этих разломов движения происходят на юго-восток и юг, западнее – на северо-восток и север. Это позволяет считать названные сдвиги границей Охотоморской и Евразийской плит на Северном Сахалине, ибо они продолжают эту границу из Магаданской области [6].

Зона Дывыкского разлома протяженностью 100 км является субмеридиональным продолжением к югу Верхне-Пильтунского сдвига. Для нее характерны взбросы с амплитудой от 750 до 1500 м, которые иногда отмечаются в рельефе тектоническими уступами.

Диагональный разлом, половина длины которого приходится на долину р. Тымь, назван Тымским [7]. Наблюдения показали [8], что сейсмическое скольжение при землетрясении 1964 г. ($M = 5.8$) началось на меридиональном разломе, а затем перешло в зону Тымского. Очаг следующего Ногликского землетрясения (1977 г., $M = 5.0$) находился в зоне Тымского разлома [9]. В.С. Рождественский [10] считает этот сдвиг трансформным, смещающим офиолитовый комплекс Набильского хребта в направлении охотоморского шельфа. Однако макросейсмические наблюдения [8, 9] показали, что горизонтальные движения по Тымскому разлому имели западную ориентацию. В этом случае смещение границы плит составит ~45 км.

Последовательность сильных землетрясений и извержений грязевых вулканов, происходивших

на Среднем и Южном Сахалине в XX веке, моделировалась в [11] деформационным фронтом, распространявшимся с севера на юг со скоростью 10 км/год вдоль Западно- и Центральном-Сахалинского глубинных разломов. На последнем геодезические наблюдения подтвердили [12] указанную ориентацию деформационного фронта, но реальные движения тектонических блоков в 1983–1984 гг. происходили со средней скоростью 3–3.5 см/год.

На Центральном разломе Восточно-Сахалинских гор горизонтальные смещения составили 25 км [3], а их направленность – с севера на юг. На соседнем Прибрежном разломе ориентация смещений аналогична.

Принятая в [1, 3, 4, 12] локальная схема наблюдений за горизонтальными движениями – фиксированный и подвижные пункты или тектонические блоки – получила механическое объяснение в региональной, где движения (рис. 2) являются следствием приложенных сил (рис. 1). Есть два исключения. Первое относится к плитовой границе на Верхне-Пильтунском разломе, в лежачем крыле которого наблюдается тектоническое скупивание отложений из-за послонной ползучести вдоль субширотного сброса [1]. Второе относится к Тымскому трансформному разлому, который картируется на западном и восточном шельфе острова подводными ложбинами несмотря на сильную абразию [7]. Его активность способствовала смене направления горизонтальных движений.

Из изложенного также следует, что термин “смещение” относится к геологическим (накопленным) данным, тогда как геодезические и сейсмологические наблюдения дают скорость движения или величину единичной подвижки. Эпоху накопления проиллюстрируем примерами, оценивающими тектонический режим по обе стороны плитовой границы. Если сейсмическое скольжение бортов Верхне-Пильтунского разлома 28 мая 1995 г. было 3.8 м, а средняя повторяемость таких событий 700 лет и накопленное смещение на Лонгрийском сдвиге 7 км, то генерация сильной сейсмичности началась здесь еще в плейстоцене (1.3 млн. лет назад). Если скорость крипа вблизи зал. Пильтун 2 см/год [1], а накопленное смещение на Центральном разломе 25 км [3], то начало горизонтальных движений в Восточно-Сахалинских горах также датируется плейстоценом (1.25 млн. лет назад).

Обе датировки практически совпадают, позволяя утверждать, что прерывистая сейсмичность и равномерная ползучесть стартовали почти одновременно несмотря на разделяющую их плитовую границу.

Горизонтальные движения на Хоккайдо изучались в течение 1909–1984 гг. [13]. Структурно-деформационные зоны Сахалина продолжают на Хоккайдо в тех же меридиональных простираниях [10]. Но если на Южном Сахалине структуры и

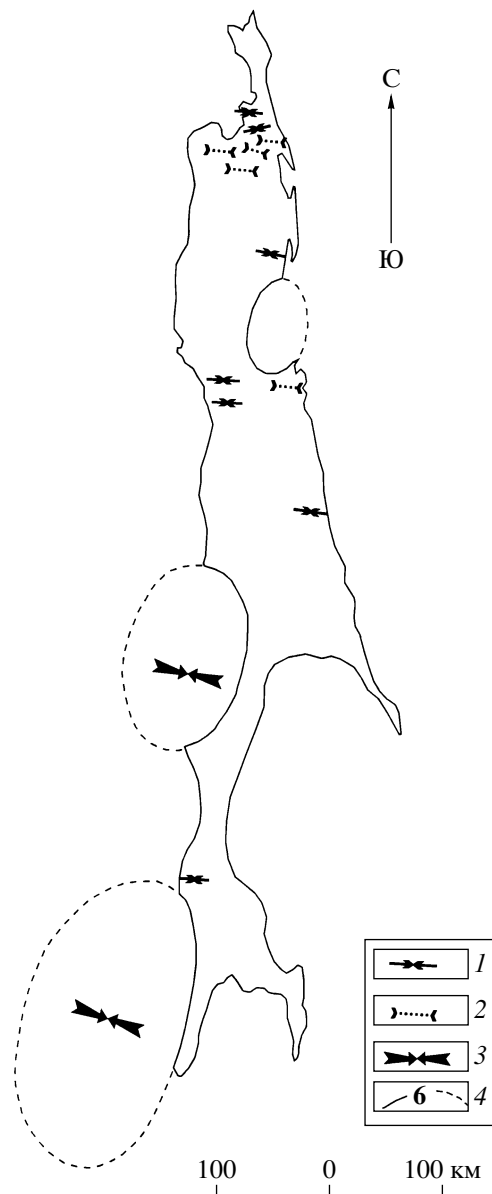


Рис. 1. Ориентация сжатия в недрах Сахалина по: 1 – плотностным картам, 2 – максимальным значениям скорости сейсмических волн, 3 – механизму очага Монеронского (1971 г.) и Углегорского (2000 г.) землетрясений, 4 – наблюдаемая изосейста 6 баллов от землетрясений (с юга на север) Монеронского, Лесогорско-Углегорского и Ногликского по [2].

движения ориентированы в одном направлении, то меридиональные структуры Хоккайдо секутся субширотными движениями (рис. 2). На восточном Хоккайдо происходит западное скольжение внешней Курильской дуги и тектоническое скупивание в центре острова [13]. На северном Хоккайдо наблюдаются ориентированные на восток движения со скоростью до 2 см/год.

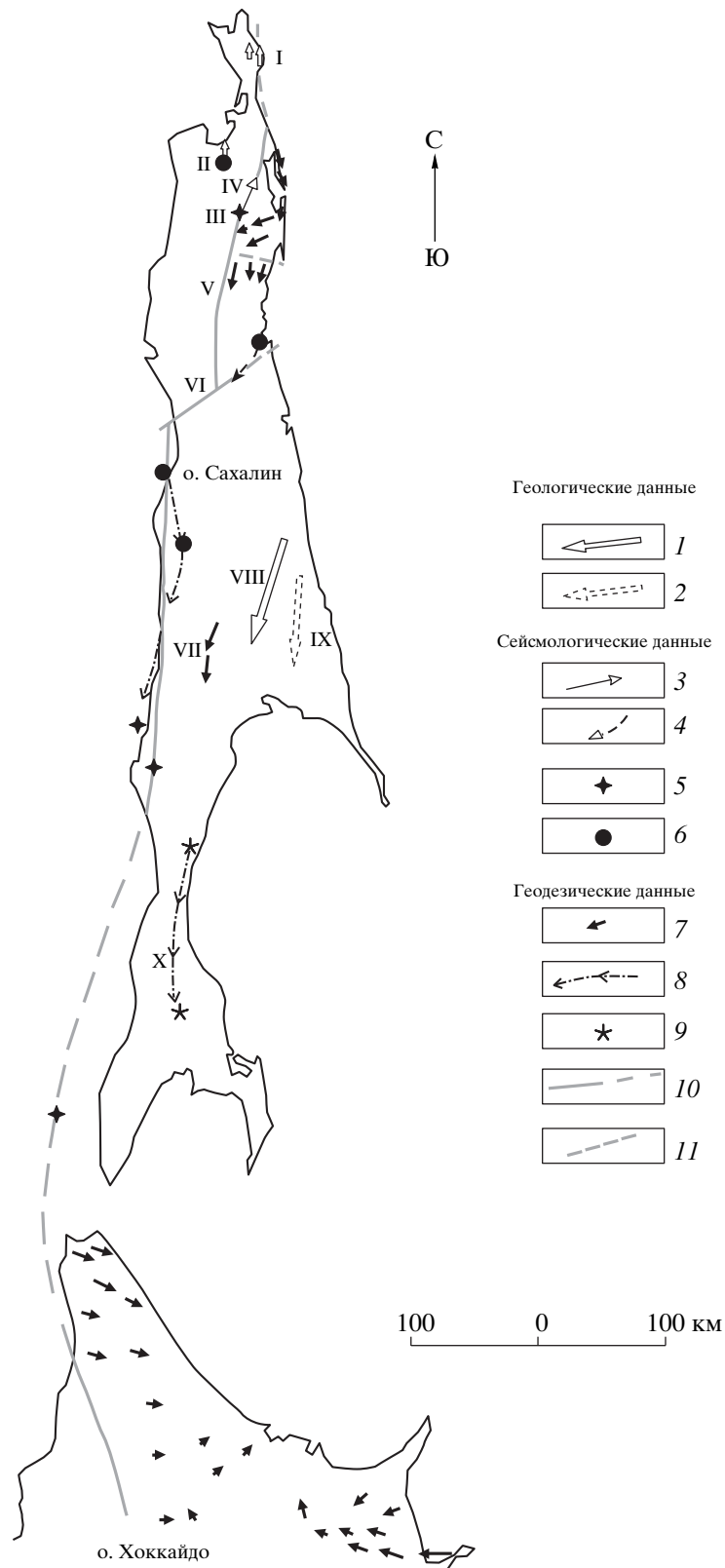


Рис. 2. Схема горизонтальных движений на Сахалине и Хоккайдо. Геологические данные: 1 – амплитуда смещения 25 км, 2 – смещение не установлено. Сейсмологические данные: 3 – амплитуда подвижки 4 м, 4 – амплитуда неизвестна. Землетрясения: 5 – $M = 6.8-7.2$, 6 – $M = 5.3-6.1$. Геодезические данные: 7 – скорость подвижки 2 см/год, 8 – деформационный фронт, 9 – грязевые вулканы, 10 – граница плит, 11 – разломы. Сдвиги: 1 – Лонгрийский, 2 – Горельский, 3 – Верхне-Пильтунский, 4 – Эхабинско-Пильтунский, 5 – Дывьковский, 6 – Тымский, 7 – Западно-Сахалинский, 8 – Центральный, 9 – Прибрежный, 10 – Центрально-Сахалинский.

Итак, горизонтальные движения на Хоккайдо имели курильское направление, поэтому их плейстоценовая датировка справедлива. Это утверждение можно адресовать и Сахалину, где скорости движений такие же, а их направление плавно меняется от сахалинского юго-восточного к восточному на Хоккайдо. Встречный характер таких движений на Хоккайдо напоминает механизм сдвига (рис. 2). Обратимся к поясняющим фактам.

Спутниковая съемка эпицентра Нефтегорского землетрясения 1995 г. с помощью радиointерферометра показала [14], что Верхне-Пильтунский разлом был вскрыт на протяжении ~40 км, а полоса косейсмических деформаций имела ширину 25 км. Очагом Шикотанского землетрясения 1994 г. ($M = 8.1$) являлся правый сдвиг длиной около 200 км [15], а полоса косейсмических деформаций была порядка 120 км, что объясняет ширину полосы встречных горизонтальных движений на Хоккайдо.

В заключение отметим следующее.

1. Несмотря на разнородные исходные данные, устанавливается однозначная кинематика горизонтальных движений в недрах Сахалина: на севере острова движения ориентированы на северо-восток и север, на остальной его территории – на юго-восток и юг. Сахалинские наблюдения дополнили исследования в Магаданской области, где по смене характера движений проведена граница Евразийской и Охотоморской плит [6, 1]. Эта граница на Сахалине маркируется самыми сильными землетрясениями (рис. 2).

2. Наше исследование раскрывает механизм образования островной суши Сахалина – это конвергенция названных выше плит.

3. Если привлечь японские исследования по Хоккайдо, то очевидна гипотеза, что Охотоморская плита вращается против часовой стрелки с

линейной скоростью до 2 см/год. И этот процесс начался в плейстоцене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапрыгин С.М., Кононов В.Э., Рождественский В.С. // ДАН. 2002. Т. 386. № 4. С. 544–547.
2. Оскорбин Л.С. // В сб.: Сейсмическое районирование Сахалина. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 3–22.
3. Рождественский В.С. // Геотектоника. 1982. № 4. С. 99–111.
4. Гололобов Е.Н., Харахинов В.В. В сб.: Геология и разработка нефтяных месторождений Сахалина. М.: Недра, 1973. С. 67–74.
5. Рогожин Е.А. Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 г. Спец. вып. М.: 1995. С. 80–93.
6. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др. // Геотектоника. 2000. № 4. С. 44–51.
7. Гальцев-Безюк С.Д., Соловьев В.В. // Геология и геофизика. 1965. № 5. С. 131–136.
8. Оскорбин Л.С., Поплавский А.А., Занюков В.Н. Ногликское землетрясение 2 октября 1964 г. Южно-Сахалинск: Дальневост. кн. изд-во, 1967. 84 с.
9. Оскорбин Л.С., Сапрыгин С.М., Волкова Л.Ф. В сб.: Землетрясения в СССР в 1977 г. М.: Наука, 1981. С. 99–103.
10. Тектоническая карта Охотоморского региона 1 : 2 500 000. Объясн. записка. / ред. Н.А. Богданова, М.: ИЛОВМ РАН, 2000. 193 с.
11. Сапрыгин С.М. // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22. № 2. С. 73–80.
12. Василенко Н.Ф., Богданова Е.Д. // Вулканология и сейсмология. 1988. № 2. С. 72–80.
13. Hashimoto M., Tada T. // J. Seismol. Soc. Jap. 1988. V. 41. № 1. P. 29–39.
14. Tobita M., Fujiwara S., Ozawa S. et al. // Earth and Planets Space. 1998. V. 50. P. 313–325.
15. Шикотанское землетрясение 4(5).10.1994. Бюллетень МЧС России и РАН / Под ред. В.Н. Страхова. М., 1994, 79 с.