

УДК 551.242.11+550.6(576.645)

## ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ И ГЕНЕРАЦИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В НЕДРАХ СЕВЕРНОГО САХАЛИНА

© 2002 г. С. М. Сапрыгин, В. Э. Кононов, В. С. Рождественский

Представлено академиком В.Н. Страховым 25.02.2002 г.

Поступило 15.03.2002 г.

В мае 1995 г. произошло катастрофическое Нефтегорское землетрясение магнитуды –  $M_s = 7.2$ . Его очагом являлся Верхне-Пильтунский правый сдвиг, вскрытый при землетрясении до глубины 15–20 км. В правительственном бюллетене, посвященном этому событию, показана повторяемость сильной сейсмичности [1, 2], которая определена в интервале 400–1000 лет, если привлекать разные оценки – возраст палеопочв в траншеях или скорости современных движений земной коры. Там же рассмотрены геодезические и геолого-геофизические данные, раскрывающие механизм повторения такой сейсмичности.

Границей Евразийской и Охотоморской плит на Северном Сахалине является Верхне-Пильтунский разлом. В настоящей работе впервые показано, что стационарное движение Охотоморской плиты со скоростью 2 см/год тормозится на этом разломе, что формирует со временем складчатость нагнетания и аномалию в поле напряжений. Эта аномалия снимается при очередном (через 400–1000 лет) сильном землетрясении путем сейсмического скольжения бортов Верхне-Пильтунского разлома.

На рис. 1 приведена схема горизонтальных движений геодезических пунктов за период 1941–1970 гг. [3], где также приведены ошибки измерений относительно фиксированного пункта (п. 46), имеющие порядок 10–15 см и указывающие, что большинство векторов вполне значимы.

Выделяются три района по характеру горизонтальных движений. Севернее и восточнее Верхне-Пильтунского сдвига (рис. 1) векторами горизонтальных движений фиксируется плавный поворот от юго-восточных и южных румбов до юго-западных и западных со скоростью до 2 см/год. Вблизи этого разлома скорость движения резко падает (п. 75, 87, М01, рис. 1), становится сопоставимой с точностью наблюдений, а это позволя-

ет утверждать, что разлом был заперт в период 1941–1970 гг.

Западнее и северо-западнее Верхне-Пильтунского сдвига (рис. 1) ориентация горизонтальных движений хаотична, а их величина сравнима с точностью наблюдений.

Самые южные пункты (31, 54–56, рис. 1) смещаются в южном направлении со скоростью до 2–3 см/год.

Эти перемещения можно связать с конкретными разломами: Эхабинско-Пильтунский правый

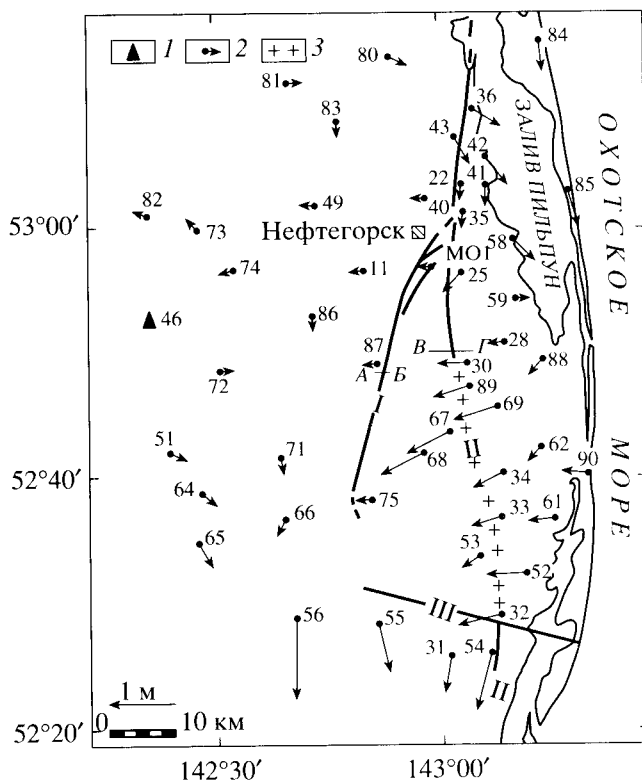


Рис. 1. Схема горизонтальных движений геодезических пунктов в 1941–1970 гг. 1 – фиксированный и 2 – подвижный пункты; 3 – зона диапиров; 4 – разломы: I – Верхне-Пильтунский, II – Эхабинско-Пильтунский, III – Гаромайский. Разрезы: АБ – площади Верхний Пильтун, ВГ – площади Паромай.

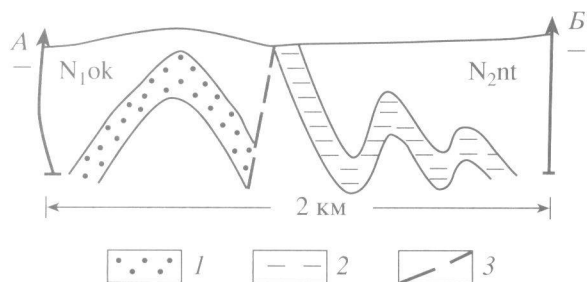


Рис. 2. Геологический разрез площади Верхний Пильтун по данным бурения. 1 – песчаники, 2 – глины, 3 – разлом.

сдвиг (пп. 22, 35, рис. 1) и Гаромайский разлом, разделяющий районы субширотных и южных движений. Однако плавный поворот векторов в прогибе зал. Пильтун, где разломов не закартировано, и субширотные горизонтальные движения требуют иного объяснения.

Далее выяснилось, что Верхне-Пильтунский разлом запирает не только движения в период 1941–1970 гг., но и складчатость (рис. 2): в лежащем крыле разлома закартированы характерные складки нагнетания. Они образуются в том случае, если горизонтальное сжатие ортогонально природному упору (разлому), что аналогично векторам пп. 30, 89 (рис. 1).

Укажем на особенности бурения скважин на площади Верхний Пильтун в 1957–1960 гг. Если

проходка скважины в лежащем крыле разлома (рис. 2) затягивалась, то ее диаметр уменьшался из-за бокового сжатия с последующим прихватом и даже потерей бурильного инструмента. Наоборот, висячее крыло разлома находилось в условиях растяжения, ибо катастрофическое поглощение глинистого раствора при бурении ряда скважин вызывалось, скорее всего, открытыми трещинами.

Тектоническая аномалия иного рода обнаружена на площади Паромай (рис. 3), где глинистая толща  $N_{1ok_1}$  залегает в форме диапира. Подобное залегание глинистой толщи установлено и на других площадях, расположенных южнее вдоль Эхабинско-Пильтунского разлома, где вектора горизонтальных движений ортогональны его простиранию (пп. 69, 67, 34, 52, 33, 32, рис. 1). Интересно отметить, что этот разлом не запирает субширотное перемещение упомянутых геодезических пунктов, ибо это движение происходит глубже, в толще  $N_{1ok_1}$  (рис. 3).

Образование диапиров связывают с таким свойством горных пород, как пластичность, но за отсутствием здесь подобных измерений обратимся к литологической карте верхнемиоценовых отложений Северного Сахалина [4]. Карта характеризует изменение состава этой толщи по широте: преимущественно песчаные отложения (на западе острова) замещаются на глинистые, составляющие более 80% объема толщи в районе зал. Пильтун. Западной границей глинистого типа от-

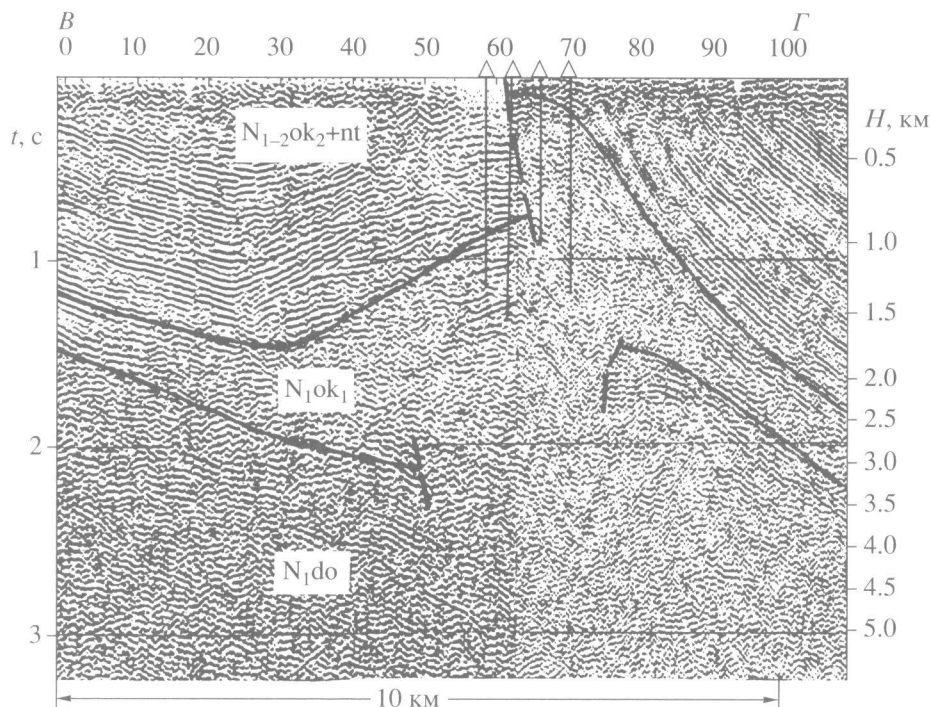
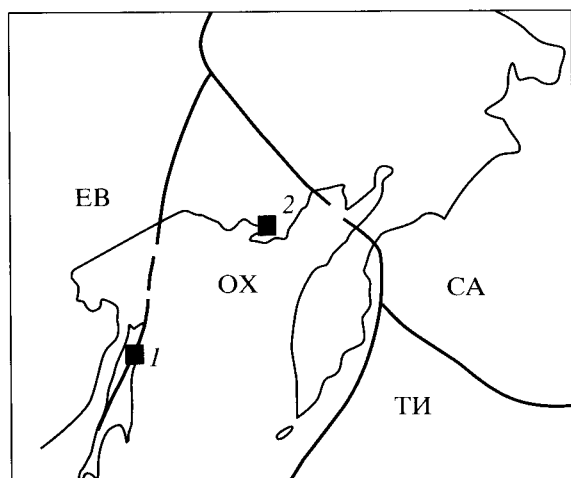


Рис. 3. Сейсмический разрез площади Паромай.



**Рис. 4.** Схема литосферных плит по [6]: ЕВ – Евразийская, СА – Северо-Американская, ОХ – Охотоморская, ТИ – Тихоокеанская. Геодезические полигоны: 1 – северо-сахалинский, 2 – магаданский.

ложений служит Эхабинско-Пильтунский разлом (рис. 1). Следующая фациальная граница проходит по Верхне-Пильтунскому разлому – на расстоянии 15–20 км объем глин в разрезе толщи уменьшается с 80 до 45%.

Обсуждаемая карта указывает на возможный механизм плавного поворота векторов горизонтальных движений – это послынное скольжение горных масс в толще  $N_1ok_1$ . Такое скольжение реально, если глины в объеме толщи преобладают над песками.

Далее, вектора горизонтальных движений по берегам зал. Пильтун ориентированы на юг и юго-восток и указывают, что источник такого движения находится севернее. Поэтому уточним, какие структуры продолжают Верхне-Пильтунский разлом в северном направлении. Если обратиться к [5], то задача упрощается: к северу его продолжают Эхабинско-Пильтунский и Охинский разломы, а на п-ове Шмидта – Хейтонский и Лонгрийский правые сдвиги. Последний из них отчетливо выражен в рельефе сопряженными хребтиком высотой до 4 м и ложбиной глубиной 2–3 м и характеризуется горизонтальным смещением до 7 км. Таким образом, зона правых сдвигов прослеживается в пределах северной части острова на расстоянии 170–180 км.

Зону сахалинских сдвигов продолжает Нют-Ульбейский субмеридиональный разлом в Магаданской области, который рассматривается [6] как граница Евразийской и Охотоморской плит (рис. 4): к западу от него наблюдают правосторонние движения тектонических блоков, а восточнее – левосторонние. Северной границей Охотоморской плиты является сейсмическая зона хребта Черского, где происходит субширотное

сближение крупных Евразийской и Северо-Американской плит, создающее обстановку сжатия, под влиянием которого меньшая по размерам Охотоморская плита выталкивается на юго-юго-восток. В этом же направлении ориентированы растягивающие усилия в очагах магаданских землетрясений 1976–1996 гг. Вдоль северного побережья Охотского моря закартировано несколько впадин с плиоцен-четвертичными отложениями. Полагают [6], что они образовались как зоны растяжения при движении Охотоморской плиты на юг-юго-восток. Наконец, геодезические реперы, установленные в г. Магадан и наблюдаемые со спутников, смещаются в этом же направлении со скоростью до 2 см/год относительно Евразийской плиты.

На рис. 1 можно видеть, что скорости и азимуты смещений геодезических пунктов по берегам зал. Пильтун аналогичны магаданским. На широте площади Паромай фиксируется резкий поворот движения пунктов в западном направлении. Этот поворот происходит благодаря послынному скольжению горных масс (в толще отложений  $N_1ok_1$ ) вдоль Гаромайского разлома. Последний является, скорее всего, сбросом – сейсморазведка картирует здесь поперечную флексуру, сложенную песчаными породами. Тектоническая ситуация в окрестности этого разлома напоминает северное побережье Охотского моря, где плиоцен-четвертичные впадины маркируют зону растяжения.

Итак, геодезические наблюдения в период 1941–1970 гг. можно распространить на более широкий временной интервал, ибо горизонтальные движения восточнее Верхне-Пильтунского разлома (рис. 1) соответствуют характеру постплиоценовой складчатости (рис. 2, 3). Динамический процесс в этой ячейке, замкнутой Гаромайским и Верхне-Пильтунским разломами, поддерживается стационарным движением Охотоморской плиты со скоростью крипа. Когда тектонические усилия в лежачем крыле Верхне-Пильтунского разлома (рис. 2) превысят в очередной раз прочность пород на сдвиг, то произойдет сейсмическое проскальзывание бортов этого разлома. Следующее сильное землетрясение будет, скорее всего, также иметь предвестник, как и Нефтегорское 1995 г., которому предшествовало 10-летнее сейсмическое затишье [7, 8].

В заключение дадим некоторые оценки. Если ограничиться средней величиной сейсмического скольжения бортов Верхне-Пильтунского разлома 28 мая 1995 г. (3, 8 м), средней повторяемостью таких событий через 700 лет и накопленным смещением на Лонгрийском сдвиге (7 км), то продолжительность генерации сильных землетрясений в рассмотренной тектонической ячейке имеет порядок 1.3 млн. лет. Выше показано, что эта ячейка “заряжается” со скоростью крипа (2 см/год). Его

деформация за 700 лет составит 14 м. Большая часть этой величины расходуется на образование диапиров и складок нагнетания и лишь менее 1/3 – на сейсмическое скольжение бортов Верхне-Пильтунского разлома.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рогожин Е.А.* Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 г. Спец. вып. М., 1995. С. 80–93.
2. *Сапрыгин С.М.* Нефтегорское землетрясение 27(28) мая 1995 г. Спец. вып. М., 1995. С. 215–217.
3. *Василенко Н.Ф., Иващенко А.И., Ким Чун Ун и др.* В сб.: Динамика очаговых зон и прогнозирование сильных землетрясений северо-запада Тихого океана. Южно-Сахалинск, 2001. С. 39–57.
4. *Кононов В.Э., Тронов Ю.А., Арешев Е.Г., Черныш Н.И.* / Нефтегазов. геология и геофизика. 1970. № 1. С. 9–13.
5. *Рождественский В.С.* // Геотектоника. 1982. № 4. С. 99–111.
6. *Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др.* // Геотектоника. 2000. № 4. С. 44–51.
7. *Ким Чун Ун.* Бюлл. Курило-Сахалинского сейсмо-прогностического полигона, 1988. Южно-Сахалинск, 1989. № 4. С. 46–51.
8. *Тихонов И.Н.* В сб.: Память и уроки Нефтегорского землетрясения. М.: Полтекс, 2000. С. 72–74.