

ТЕКТОНИКА ОЧАГОВОЙ ЗОНЫ НЕФТЕГОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 27(28) МАЯ 1995 Г. НА САХАЛИНЕ

© 1996 г. Е. А. Рогожин

Объединенный институт физики Земли РАН, Москва

Поступила в редакцию 10.11.95 г.

При землетрясении в северо-восточной части о-ва Сахалин, имевшем магнитуду 7.1 и балльность в эпицентре 9, на поверхности возник сейсморазрыв северо-северо-восточной ориентировки общей протяженностью до 35 км. Сейсмогенная подвижка представляет собой правосторонний сдвиг-взброс с амплитудой горизонтальной сдвиговой компоненты до 8 м, а вертикальной взбросовой – до 2 м. Разрыв возник в зоне хорошо известного Верхнепильтунского разлома и унаследовал многие черты морфологии и кинематики этого крупного нарушения земной коры, проявлявшиеся на протяжении всей истории его четвертичного развития. Разлом представляет собой сегмент меридиональной Срединно-Сахалинской шовной зоны. Результаты изучения приповерхностного строения зоны сейсморазрыва в траншеях показывают, что и ранее в этом же очаге периодически возникали такие же или даже более сильные землетрясения.

ВВЕДЕНИЕ

Землетрясение произошло в северо-восточной части о-ва Сахалин (рис. 1), характеризовалось магнитудой 7.1 и интенсивностью в эпицентре – 9 баллов. В результате главного толчка имелись многочисленные разрушения и человеческие жертвы (в Нефтегорске погибло около двух тысяч человек), были повреждены также здания в г. Оха и других поселках. Очаг землетрясения вышел на поверхность в виде сейсморазрыва длиной около 35 км, протянувшегося в северо-северо-восточном направлении от северных склонов горы Осой до района г. Нефтегорска. Эта часть о-ва Сахалин характеризуется редкой дорожной сетью, залесенностью, слабохолмистым рельефом, наличием нескольких текущих к востоку небольших рек и заболоченностью равнинных мест: долин рек, ручьев и прочих понижений. В связи с этим прослеживание сейсмодислокаций на всей площади эпицентральной зоны сталкивается с некоторыми трудностями. Тем не менее сейсморазрыв был картирован практически на всем его протяжении (в картировании участвовали Б.А. Борисов, А.И. Кожурин, М.И. Стрельцов и автор) в пеших и вертолетных маршрутах, выделены и задокументированы в детальном масштабе его морфокинематические разновидности, приповерхностное строение изучено в траншеях (рис. 2 - 4).

Кроме данных геологического обследования в эпицентральной зоне землетрясения, собраны материалы о распределении повторных толчков за более чем месячный период времени (июнь - первая декада июля 1995 г.). Наблюдения проводились сотрудниками Эпицентральной сейсмологической экспедиции ОИФЗ РАН под руководством К.Г. Плетнева с помощью телеметрической

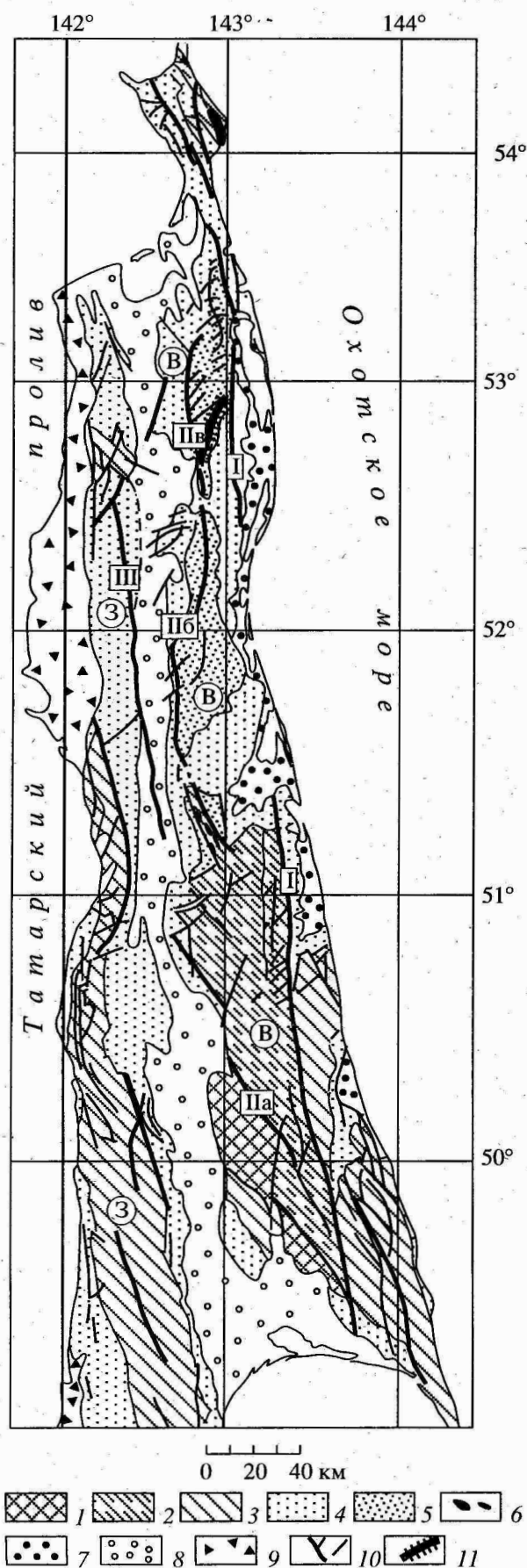
сети сейсмических станций с большой точностью определения координат и глубин гипоцентров афтершоков. Эти материалы позволяют представить строение сейсмического очага на глубине.

Наконец, северо-восточная часть о-ва Сахалин – хорошо изученный геолого-геофизическими методами район [1 - 4, 8 - 12, 15 - 17, 19 и др.]. Здесь в разные годы проводились геологическая съемка, структурное бурение, сейсморазведка и другие работы, на основании результатов которых можно составить представление о строении геологической среды на поверхности и в глубине.

Все эти данные позволяют предложить пространственную модель очага землетрясения и выявить сейсмогенерирующую структуру, ответственную за его возникновение. С другой стороны, характер подвижки в очаге каждого сильного сейсмического события отражает основные тенденции современного геологического развития региона, в котором оно возникает. Это может послужить основой для выяснения главных черт геодинамики в огромной зоне подготовки такого сильного землетрясения, как Нефтегорское.

СЕЙСМОРАЗРЫВ НЕФТЕГОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Согласно собранным в поле в эпицентральной зоне материалам, сейсморазрыв представляет собой правосторонний сдвиг, на большей части протяжения которого отмечается также и взбросовая составляющая. Четко выявляются, таким образом, участки взбросо-сдвигового и чисто сдвигового типов. Амплитуда сдвига оценивается по смещению троп, дорог, старых следов тракторов и вездеходов и составляет от 8 м в центральной части этой



первичной сейсмодислокации до нескольких сантиметров на её окончаниях. Большая часть разрыва имеет амплитуду этой горизонтальной подвижки 3 - 4 м. Вертикальная амплитуда взбросовой составляющей достигает в некоторых местах 2 м, однако в основном она не превышает 1 - 1.5 м. На юго-юго-западном и северо-северо-восточном окончаниях сейсморазрыва она составляет обычно первые сантиметры. Различается строение участков взбросо-сдвигового и чисто сдвигового типов. На первых разрыв выражен резким уступом, у которого приподнято западное (запад-северо-западное) крыло. Уступ нарушается системой зияющих кулисных трещин и поперечных к ним валов и антиклиналей сжатия (см. рис. 3, А, Б). Трещины местами сопровождаются внедрениями желтого песка из подпочвенных горизонтов разреза в виде негунических даек. Ширина зоны, пораженной этими нарушениями, составляет от 3 - 5 м вблизи окончаний сейсморазрыва до 10 - 15 м в его центральной части. Относительное поднятие и опускание поверхности в крыльях разрыва прослеживаются и на удалении от него настолько, насколько можно охватить глазом.

На участках чисто сдвигового смещения по разрыву отмечается непрерывный антиклинальный вал, на котором почва приподнята и нарушена диагональными трещинами (см. рис. 3, В). В двух траншеях, пройденных вкострости простираения этого вала, выяснено, что они образованы подъемом или диапировым внедрением сухого твердого (см. рис. 4, Б) или разжиженного (см. рис. 4, А) желтого песка окобыкайской свиты миоцена, очевидно, в обстановке поперечного сжатия. При этом в дерновом слое часто образуются разрывы и складки, опрокинутые в направлении на запад, а иногда лежащие и ныряющие. Кроме того, этот сейсмогенный приразрывный вал с обеих сторон сопровождается компенсационными понижениями поверхности на несколько сантиметров. В траншеях видно, что современная почва, вообще очень скудная и маломощная на северо-восточном Сахалине (за исключением болот, где развиты

Рис. 1. Обзорная тектоническая схема Центрального и Северного Сахалина.

1 - 6 - сводово-блоковые поднятия (В - Восточно-Сахалинское, З - Западно-Сахалинское); 1 - 5 - структурные комплексы: 1, 2 - нижние (1 - палеозойский (?), 2 - мезозойские), 3 - средний (мел-палеогеновый), 4 - верхний (неогеновый), 5 - он же в ядре поднятия Восточного Сахалина; 6 - офиолиты; 7 - 9 - депрессии: 7 - Восточно-Сахалинская, 8 - Тымь-Поронайская (Центральная), 9 - Углегорская (Западно-Сахалинская); 10 - разломы; 11 - сейсморазрыв Нейфтегорского землетрясения. Названия разломов (римские цифры в квадратах): I - Хоккайдо-Сахалинский, II - Срединно-Сахалинский (а - Невско-Первомайский, б - Давыкский, в - Верхнепильтунский сегменты), III - Центрально-Сахалинский.

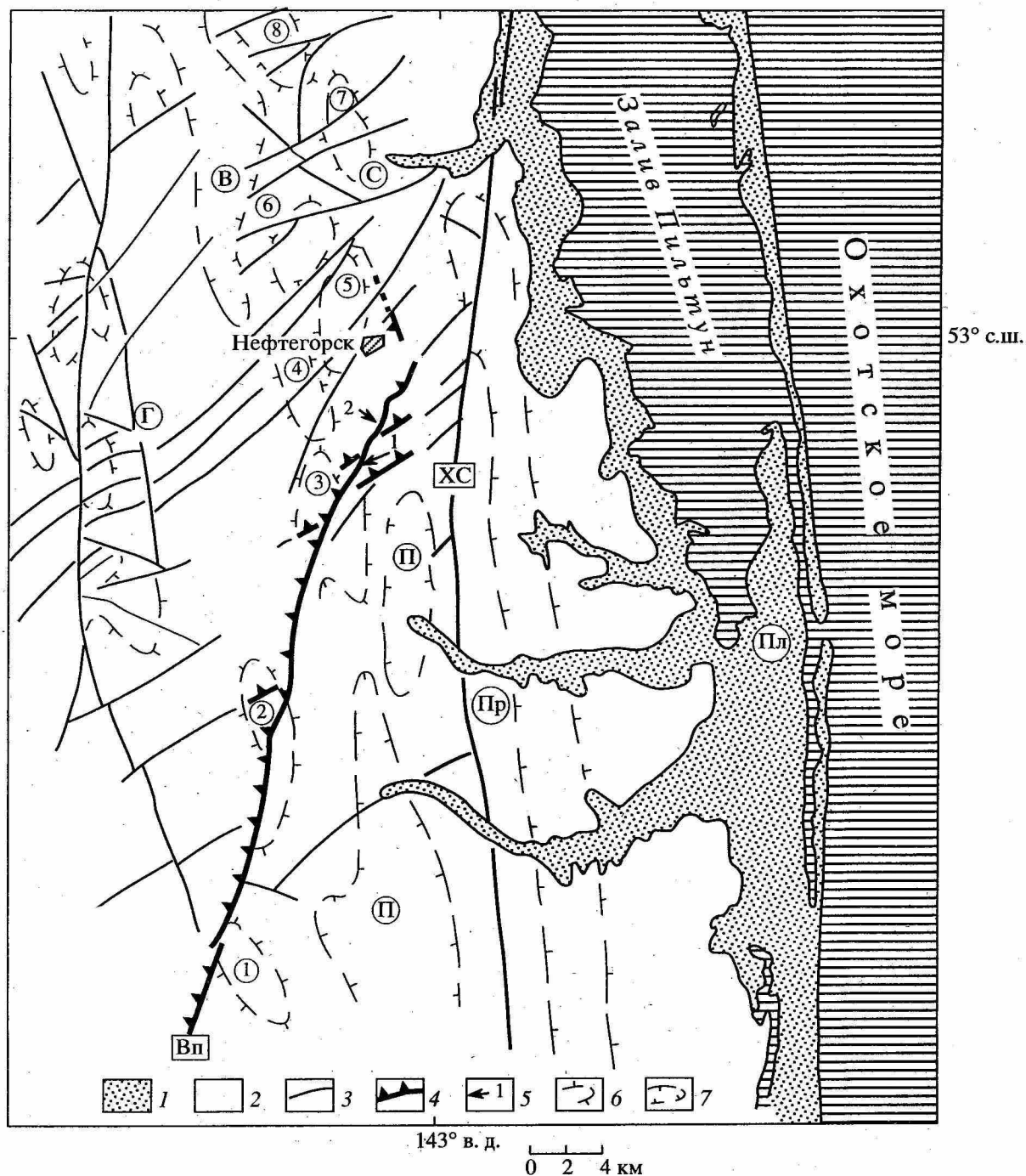


Рис. 2. Схематическая геологическая карта очаговой области Нefтегорского землетрясения.

1, 2 - отложения: 1 - четвертичные, 2 - неогеновые; 3 - разломы; 4 - сейсморазрыв землетрясения (зубчиками показано направление падения поверхности сместителя); 5 - положение и номера траншей; 6, 7 - складки: 6 - антиклинальные (цифры в кружках: 1 - Таксонская, 2 - Верхнепильтунская, 3 - Среднепаромайская, 4 - Южно-Кенигская, 5 - Кенигская, 6 - Малосабинская, 7 - Сабинская, 8 - Западно-Сабинская), 7 - синклинали. Крупные складчатые структуры (буквы в кружках): группы антиклиналей: Г - Гыргыланьинская, С - Сабинская, Пр - Паромайская; синклинали: В - Волчинская, П - Среднепильтунская; Пл - Пильтунская впадина. Крупные разломы (буквы в квадратах): Вп - Верхнепильтунский, ХС - Хоккайдо-Сахалинский.

торфяники), испытывает в этих понижениях значительное увеличение мощности. Этот факт, а также наличие на глубинах от 50 см до 1.5 м остатков древних погребенных палеопочв (см. рис. 4, Б) сви-

детельствуют в пользу проявлений более ранней активности вдоль этого разрыва с образованием аналогичного вала и компенсационных желобков. В то же время наличие в районе траншеи № 1

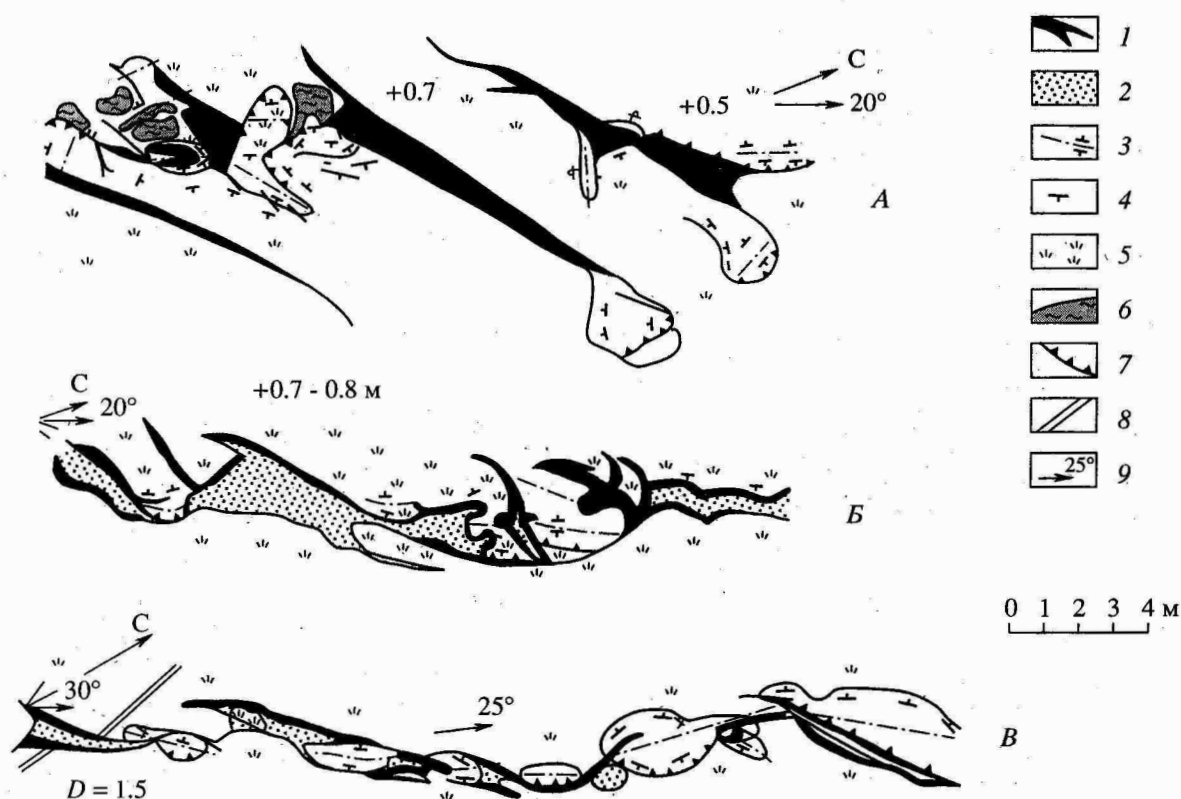


Рис. 3. Детальный план сейсморазрыва на отдельных участках: А, Б – со взбросо-сдвиговой, В – с правосдвиговой морфокинематикой.

1 – зияющие трещины в почвенном (и торфяном) слое; 2 – проглядывание песков окобыкайской свиты миоцена; 3 – оси валов сжатия; 4 – направление простираия и падения деформированной дневной поверхности; 5 – дерн; 6 – пласти дерна в опрокинутом залегании; 7 – взбрасывание или надвигание почвенного слоя; 8 – тропы, смещенная сейсморазрывом на участке В; 9 – простираие сейсморазрыва. Цифры со знаком плюс на А и Б – амплитуда вертикального смещения взброшенного крыла в метрах. D на В – амплитуда правосдвигового смещения в метрах.

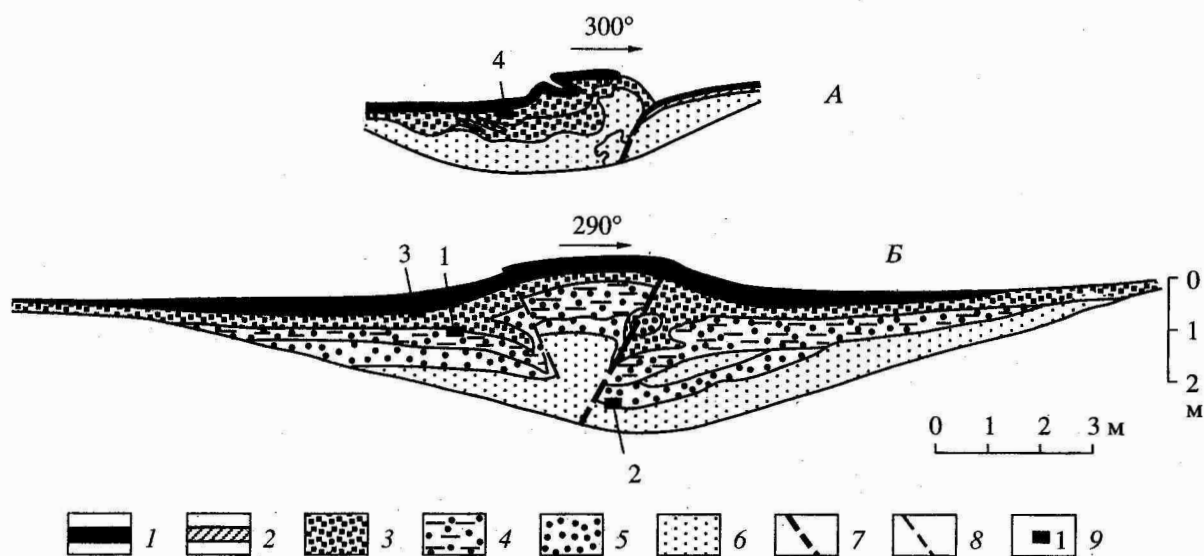


Рис. 4. Приповерхностное строение сейсморазрыва в траншеях (А – траншея № 2, Б – траншея № 1, см. рис. 2). Зарисовки в одном масштабе.

1 – современная почва; 2 – суглинок; 3 – белый кварцевый песок; 4, 5 – погребенные палеопочвы: 4 – твердый и 5 – рыхлый горизонты; 6 – желтый песок окобыкайской свиты миоцена; 7, 8 – плоскость сместителя сейсморазрыва: 7 – основная, 8 – дополнительная; 9 – места отбора образцов для определения абсолютного возраста (1 – ГИН 8445, 2 – ГИН 8446, 3 – ГИН 8447, 4 – ГИН 8448).

(см. рис. 4, Б) остатков опрокинутой к западу син-клинальной складки в слое погребенной палеопочвы позволяет утверждать, что такая активность имела импульсный характер, т.е. была связана с древними землетрясениями, поскольку такие же в точности складки образовались при Нефтегорском толчке в современной почве (см. рис. 4, А).

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ ОЧАГА

Данные о геологическом устройстве и тектонике района Нефтегорского землетрясения позволяют связать возникший на поверхности сейсморазрыв с известным Верхнепильтунским разломом [23]. Этот разлом выявлен в 50 - 60-х годах путем геологической съемки и структурного бурения, а позже прослежен на профилях сейсморазведки в виде взброса, поверхность сместителя которого погружается к запад-северо-западу под углами 50 - 70° [3, 7]. В приповерхностных слоях в стенках траншей наблюдается погружение поверхности сместителя сейсморазрыва в том же направлении под углами около 60° (см. рис. 4). Верхнепильтунский разлом четко выделяется на космических и аэрофотоснимках по резкому изменению фототонов, в региональных магнитном и гравитационном полях [7, 20, 21]. Показательно, что он, имея в целом северо-северо-восточное простирание, в районе Нефтегорска причленяется к крупнейшей тектонической линии Восточно-го Сахалина – меридиональному Хоккайдо-Сахалинскому взбросо-надвику [3], при этом морфология последнего принципиально изменяется. Если к югу от места сочленения плоскость этого разлома характеризуется пологим падением на восток, то севернее он, так же, как и Верхнепильтунский взброс, по данным сейсморазведки приобретает западное падение сместителя [7, 20].

По материалам геологической съемки и структурного бурения зона Верхнепильтунского разлома сопровождается серией приразломных брахиантиклиналей, относящихся к Гыргыланьинской и Сабинской группам складок [3]. Крупнейшими из них, сопровождающими разлом на активизировавшейся при землетрясении части, являются Таксонская, Верхнепильтунская, Среднепаромайская, Южно-Кенигская и Кенигская антиклинали (см. рис. 2). Складки выражены в рельефе дневной поверхности пологими поднятиями, а междускладчатые участки представлены заболоченными понижениями [1, 18]. Бурением установлено, что на глубине разлом разрезает Верхнепильтунскую и Среднепаромайскую брахиантиклинали, несколько смещает их оси, а слои пород, образующие восточные части складок, существенно опущены относительно разновозрастных слоев, слагающих западные их части (см. рис. 2). Таким образом, позднеплиоцен-четвертичная активность

Верхнепильтунского разлома сказалась и на деформации приразломных антиклиналей.

Вообще морфокинематика сейсморазрыва различается именно в соответствии с положением его отрезков в складчатой структуре. В ядрах и на крыльях антиклиналей разрыв приобретает вид взбросо-сдвига, а в междускладчатых пространствах – чистого сдвига. Несколько изменяется также и простирание сейсморазрыва в антиклиналях и вне их. В связи с этим при генеральной ориентировке сейсморазрыва с юго-юго-запада на северо-северо-восток зона его как бы “рыскает” на отдельных участках.

Таксонская и Кенигская антиклинали располагаются на дистальных окончаниях сейсморазрыва, олицетворяя собой структуры присдвигового сжатия. В этом смысле важно, что с последней складкой связана опоясывающая ее по восточному крылу самостоятельная система сейсмодислокаций – малоамплитудных правых взбросо-сдвигов, цепочек грифонов, валов сжатия, полей растрескивания и мелкого гофрирования поверхности (см. рис. 2). По-видимому, эти нарушения отражают сейсмогенную деформацию крупной складки на окончании всего поля сейсмодислокаций, ее сжатие и некоторое вращение против часовой стрелки.

Из сказанного следует, что сейсморазрыв Нефтегорского землетрясения наследует многие черты Верхнепильтунского активного разлома, а подвижка при землетрясении представляет собой факт дальнейшего его развития, поскольку отражает тенденции его эволюции на протяжении долгого геологического времени.

ДРЕВНЯЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОЧАГА

Для восстановления истории возможной древней сейсмической активности очага Нефтегорского землетрясения из пройденных вкост сейсморазрыва траншей (см. рис. 4) были отобраны образцы палеопочв на определение абсолютного возраста радиоуглеродным методом. Выяснилось, что в траншее № 1 (см. рис. 4, Б) погребенная палеопочва, расположенная в западном крыле сейсморазрыва, образовалась 1800 ± 40 лет назад (ГИН 8445). В восточном крыле аналогичная палеопочва имеет возраст 1850 ± 180 лет (ГИН 8446), а расположена на один метр ниже горизонта, вскрытого в западном крыле. В основании современной почвы, имеющей в западном крыле сейсморазрыва мощность до 35 см, отобран образец, возраст которого составляет 1410 ± 40 лет (ГИН 8447). Поскольку линзы палеопочвы имеют максимальную мощность в компенсационных впадинах, сопровождающих с обеих сторон приразломный вал (где аналогичная почва тоньше), и представляют собой карманы, заполненные материалом

особой приразрывной фации, то можно сказать, что их возраст близок к возрасту палеоземлетрясений, возникавших в этом же очаге и проявившихся в виде выхода его на поверхность по этой же системе сейсморазрывов.

Во второй, более северной, траншее (см. рис. 4, А) не обнаружено горизонтов захороненных палеопочв на глубине 0.5 - 1 м. Здесь наблюдаются лишь линзы осветленного миоцен-плиоценового песка. А современная почва резко различается по мощности в крыльях разрыва. Юго-восточное крыло с поверхности сложено мало-мощной почвой (2 - 3 см), подстилающейся десятисантиметровым слоем серого суглинка, а северо-западное — перекрывается торфяной почвой мощностью до 30 см. По-видимому, такое строение определяется существованием в древности уступа, приуроченного к разлому, когда северо-западное крыло было опущено относительно юго-восточного на 20 - 30 см и заболачивалось. Время возникновения этого небольшого уступа определяется возрастом самого нижнего горизонта торфяной почвы. По данным радиоуглеродного анализа это — 1060 ± 40 лет (ГИН 8448). Образование выраженного в рельефе поверхности уступа, очевидно, было связано с импульсной подвижкой по разлому, т.е. с сильным доисторическим землетрясением.

Таким образом, возникает ряд из трех сильных землетрясений, происшедших в древности в этом сейсмическом очаге и проявившихся в виде сейсморазрывов по той же системе сейсмодислокаций. Промежуток времени от одного толчка до другого составляет около 400 лет. Более молодые, чем 1000 лет назад, палеоземлетрясения (или одно землетрясение) также могли иметь место, однако безусловных следов такой сейсмогенной подвижки установить не удастся.

РОЛЬ ВЕРХНЕПИЛЬТУНСКОГО РАЗЛОМА В СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКЕ САХАЛИНО-ОХОТОМОРСКОГО РЕГИОНА

Верхнепильтунский разлом является сегментом протяженной зоны разломов, которую следует выделить в качестве особого Срединно-Сахалинского шва. В плане эта структура имеет полугую дугообразную форму. Дуга обращена выпуклостью на запад. В южной части восточной половины острова у залива Терпения зона выражена Невским и Первомайским разломами, имеющими северо-западную ориентировку [23]. Здесь она причленяется к меридионально ориентированному Хоккайдо-Сахалинскому шву, широкая зона разломов которого трассируется по территории Сахалина вдоль берега Охотского моря от залива Терпения до п-ова Шмидта [23]. Невско-Первомайский и Хоккайдо-Сахалинский

разломы обрамляют с запада и востока соответственно блок Восточно-Сахалинских гор, сложенный палеозойскими (?) и мезозойскими образованиями, составляющими цоколь всего Восточно-Сахалинского поднятия. Вдоль Срединно-Сахалинской разломной зоны трассируются выходы меловых офиолитов и метаофиолитов [3]. В то же время с Первомайской шовной зоной связаны мощные толщи меловых олистостром (мощностью более 3000 м), относимые к древней Аниво-Гомонской тектонической зоне [13].

Таким образом, можно полагать, что Невско-Первомайский разлом является не только межзональным, разделяя в палеозойско-мезозойском этаже структурно-формационные зоны с разным составом пород [13], но также имеет глубинное, возможно, мантийное заложение и древнюю историю становления. В современной структуре зона разлома представляет собой серию чешуй, разделенных правосторонними сдвиго-взбросами. Взброшено обычно восточное крыло. Целая серия молодых диагональных разломов северо-восточного простирания осложняет эту чешуйчато-разрывную зону, перерезая и смещая ее. Так что фронтальная часть шва имеет в плане фестончатые очертания (см. рис. 1). Эти осложняющие разрывы — молодые плиоцен-четвертичные нарушения. То, что они секут Невско-Первомайскую шовную зону, также подтверждает относительную древность последней.

На участке Срединно-Сахалинской зоны разломов от р. Ныш до р. Вал для нее характерна в основном меридиональная ориентировка. Этот отрезок зоны называется Давыкским разломом [23]. Разлом (иногда выделяется два близпараллельных разлома) в целом разграничивает осевую зону Восточно-Сахалинского сводово-блокового поднятия, сложенного слабо литифицированными терригенными толщами нижнего-среднего миоцена, и его западный склон, образованный сходными по составу породами верхнего миоцена-плиоцена. Отмечается несколько кулисных подставлений в этой единой зоне разлома, а также ряд брахиантиклинальных складок, крупнейшие из которых — Нуумпальская и Давыкская. Так же, как на южном Невско-Первомайском сегменте Срединно-Сахалинской шовной зоны, Давыкский отрезок характеризуется правосдвиговой кинематикой. Он часто нарушается и смещается молодыми непротяженными разрывами северо-восточного простирания, по-видимому, являющимися оперяющими структурами, осложняющими эту протяженную зону правосдвиговой морфокинематики.

Наконец, северный отрезок Срединно-Сахалинской шовной зоны имеет название Верхнепильтунского разлома. Его строение уже освещалось выше. Следует только повторить, что на этом участке шовная зона, приобретая северо-северо-восточное простирание, вновь соединяется

с другой крупнейшей зоной разломов – меридиональной Хоккайдо-Сахалинской. Структурный рисунок в области сочленения этих дизъюнктивных зон очень сложный. Собственно Верхнепильтунский разлом представляет лишь одну из ветвей, самую южную, виргирующего пучка разломов, образующих структуру типа конского хвоста (см. рис. 1). Причем каждый из этих разломов причленяется к Хоккайдо-Сахалинскому в разных местах на протяжении 30 км простираения последнего. В области сочленения пучок разломов сопровождается многочисленными антиклиналями Гырғыланьинской и Сабинской групп складок, в совокупности составляющих северную периклиналь так называемой Восточной антиклинальной зоны. Таким образом, как и на южном отрезке, в северной части Хоккайдо-Сахалинская и Срединно-Сахалинская зоны разломов обрамляют осевую зону Восточно-Сахалинского сводово-блокового поднятия вблизи его северного окончания.

Срединно-Сахалинская шовная зона далее Гырғыланьинской группы складок на север не прослеживается. Поэтому можно считать, что здесь она полностью сливается с Хоккайдо-Сахалинской через серию сравнительно небольших разломов.

Приуроченность сейсмического очага Нефтегорского землетрясения к одной из ветвей зоны Срединно-Сахалинского разлома в области его сочленения с Хоккайдо-Сахалинским швом становится с этих позиций объяснимой. Обычно столь сильные сейсмические события связаны с сейсмогенерирующими структурами очень крупного ранга. Как видно из предыдущего описания, две указанные зоны разломов являются крупнейшими нарушениями Восточного Сахалина. Причем Срединно-Сахалинская представляется более долгоживущей. Более того, к югу Хоккайдо-Сахалинский разлом по дну залива Терпения и Охотского моря трассируется на о-в Хоккайдо, соединяясь со структурами Японского архипелага [25], а на севере Сахалина он же проходит через офиолитовый пояс п-ова Шмидта и далее в акватории Охотского моря объединяется с Западно-Охотским близмеридиональным разломом [23]. Этот разлом наряду с другим крупнейшим разломом – Центральным-Сахалинским – прослеживается под северной ванной Охотского моря до побережья Колымы. Они оба выходят на сушу под названиями Ульбейского и Кетадинского активных правосторонних сдвигов соответственно [6, 10]. Здесь эти два разлома обрамляют с запада Охотоморскую литосферную плиту. Т.е. эти разломы занимают ту же геодинамическую позицию, что и Хоккайдо-Сахалинский и Срединно-Сахалинский на о-ве Сахалин.

По данным В.В. Харахинова и др. [23], Хоккайдо-Сахалинский разлом почти на всем своем протяжении разделяет районы Сахалина с различными типами литосферы. По-видимому, он

наряду с более западными и восточными разломами Сахалина представляет собой элемент сложной зоны сочленения Охотоморской области и Евразии. В этом смысле важно, что тектонические зоны Восточно-Сахалинского сводово-блокового поднятия и в позднемеловое время отражают палеогеодинамическую обстановку границы между океаном и островной дугой [13]. Сам этот древний шов совпадает с зоной Срединно-Сахалинского разлома.

Таким образом, Нефтегорский сейсмический очаг действительно возник в одной из структур, играющих важнейшую роль в современной геодинамике переходной зоны от Евразийского континента к Тихому океану через Хоккайдо-Сахалинскую островную дугу и Охотское море.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ. ТЕКТОНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧАГА

О поверхностной структуре очага можно составить представление по его выходу на дневную поверхность в виде сейсморазрыва. А о строении на глубине позволяют судить сейсмологические данные о пространственном распределении афтершоков. В ближней к землетрясению зоне в июне – первой декаде июля 1995 г. работала Эпицентрально-сейсмологическая экспедиция ОИФЗ РАН. Расставленная ее сотрудниками полевая сеть телеметрических сейсмических станций позволила зарегистрировать около 700 повторных толчков силой от 8 до 13 энергетических классов.

Согласно этим данным, облако эпицентров афтершоков вытянуто в направлении с юго-юго-запада на северо-северо-восток на 70 км при ширине 10 – 15 км. Эпицентры в большей степени тяготеют к западному взброшенному крылу сейсморазрыва и к его дистальным окончаниям. На восточном крыле сконцентрировано намного меньше повторных толчков. Фокальные глубины гипоцентров попадают в интервал от 0 до 17 – 18 км, хотя имеются отдельные толчки на больших глубинах (до 25 км). Отмечается некоторое заглубление гипоцентров к западу от линии сейсморазрыва, что может интерпретироваться как свидетельство погружения плоскости очага в этом направлении.

Скопление эпицентров на севере и юге очаговой зоны хорошо согласуется с положением крупных брахиантиклиналей – Кенигской и Осойской соответственно. А наличие по восточной периферии Кенигской складки системы малоамплитудных правосторонних взбросо-сдвигов говорит в пользу вращения этой структуры против часовой стрелки в момент землетрясения.

Кроме основного поля афтершоков, выделяется отдельная поперечная линейная ветвь эпицентров, ориентированная в запад-северо-западном направлении. Фокальные глубины здесь – от 0 до 12 - 13 км. По геологическим материалам в этом месте нет какой-либо зоны разломов соответствующей ориентировки. Однако на космическом фотоплане [22] устанавливается линеамент запад-северо-западного простирания, протягивающийся от Верхнепильтунского разлома на 25 - 30 км в глубь острова. По-видимому, эпицентры выстраиваются вдоль этого линеамента.

В целом сейсмический очаг Нефтегорского землетрясения представляет собой одну главную плоскость протяженностью около 70 км, ориентированную с юго-юго-запада на северо-северо-восток и погружающуюся под углом 60 - 70° к запад-северо-западу до глубины 15 - 17 км. На центральном отрезке верхняя часть этой плоскости вышла на поверхность в виде сейсморазрыва. Эта плоскость осложнена несколькими дополнительными поверхностями смещения. Крупнейшая – близвертикальная поперечная плоскость запад-северо-западной ориентировки протяженностью 25 - 30 км. На окончаниях главной очаговой плоскости выявляются участки структурного осложнения очага, связанные с вращением блоков и антиклинальных складок в зонах краевого сжатия, сопровождающих правый сдвиг. Так что очаг Нефтегорского землетрясения представляет собой сложную, объемную геологическую структуру, которую можно представить себе в виде фрагмента дизъюнктивного узла пересечения Верхнепильтунского разлома и поперечного к нему активного разрыва, выраженного на поверхности в виде космофотолинеамента. Сейсмогенерирующая подвижка по главной плоскости представляет собой участками правосторонний сдвиг или сдвига-взброс, у которого обычно взброшено западное крыло. Такая реконструкция хорошо согласуется с решением фокального механизма очага [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нефтегорское катастрофическое землетрясение может считаться наиболее изученным сейсмическим событием на территории России. Комплексное геолого-сейсмологическое обследование эпицентральной зоны позволило собрать многочисленные данные об его основных проявлениях. Геологические и сейсмологические эффекты, выявленные при этом, создают ясное представление о строении очага и характере подвижки в нем в момент главного толчка. А детальные сведения о геолого-геофизическом устройстве очаговой области позволяют выявить и закартировать тектоническую структуру, ответственную за возникновение столь сильного землетрясения.

Эта структура, как выяснилось, является одним из элементов глобальной зоны перехода между Евразийским континентом и Охотоморской областью. Правостороннее сдвиговое смещение в очаге может означать моментальную импульсную реализацию тенденции геодинамики региона, которая заключается в правосдвиговых смещениях по близмеридиональным разломам Восточного Сахалина и западной части Охотского моря на протяжении долгого геологического времени. Система кулисообразных разломов Северного Сахалина и многочисленные приразломные складки, по-видимому, обязаны своим возникновением именно процессу крупномасштабных правосдвиговых смещений. Этим объясняется высокая геологическая и заметная сейсмическая активность региона при вялом рельефе и слабой его расчлененности [1, 18]. Таким образом, находят подтверждение предположения о значительных горизонтальных перемещениях на границе Евразийского континента и Охотоморской области [5].

Сложная структура сейсмического очага обусловлена неоднородным устройством геологической среды. В зоне интенсивных долговременных сдвиговых смещений вещество коры настолько нарушено, что подвижка по главной плоскости в зоне разлома на участке протяженностью 70 км и с амплитудой в несколько метров вызывает также смещения по некоторым из многочисленных пересекающих и оперяющих дизъюнктивов. Такие смещения происходят во время главного толчка и порождают дополнительные сейсмические колебания, а, следовательно, активизировавшиеся части их сместитель также относятся к очагу землетрясения. Ранее было показано, что всякое землетрясение с магнитудой более 6, как правило, характеризуется сложным строением очага [14].

Наличие на северо-восточном Сахалине нескольких сходных с Верхнепильтунским по морфокинематике разломов дает основание предположить существование здесь целого ряда высокомагнитудных сейсмогенерирующих зон. А доказанная частая повторяемость сильных сейсмических событий в том же самом Нефтегорском очаге делает этот регион одним из самых сейсмоопасных на территории России.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (Грант 94-05-16207).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров С.М. Остров Сахалин. М.: Наука, 1973. 183 с.
2. Алексейчик С.Н. Геологическое строение и газонефтеносность северной части Сахалина. Л.: Гостоптехиздат, 1959. 233 с. (Тр. ВНИГРИ; вып. 135).
3. Геологическая карта Дальнего Востока СССР. Масштаб 1 : 1 500 000. С.-П.: ВСЕГЕИ, 1992. 8 листов. Объяснительная записка. 100 с.

4. Геология СССР. XXXIII. Остров Сахалин. Геологическое описание. М.: Недра, 1970. 431 с.
5. *Зоненцийн Л.П., Савостин В.Г.* Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311 с.
6. *Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.* Активные разломы и сейсмотектоника Северо-Восточной Якутии. Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. 139 с.
7. *Кононов В.Д., Альперович И.М., Слуднев Ю.Г., Харахинов В.В.* Геологическое строение Северо-Сахалинской нефтегазоносной области по данным комплексных геофизических исследований. М.: ВИЭМС, 1979. 42 с.
8. *Кропоткин П.Н., Шахварстова К.А.* Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1965. 366 с. (Тр. ГИН; Вып. 134).
9. *Мельников О.А.* К вопросу геотектонического районирования о. Сахалин. Южно-Сахалинск, 1962. С. 3 - 18. (Тр. СахКНИИ. Вып. 12. Геология и геофизика).
10. *Парфенов Л.М.* Континентальные окраины и островные дуги мезозойд Северо-Востока Азии. Новосибирск: Наука, 1984. 191 с.
11. *Пуцаровский Ю.М.* О тектонике Сахалина // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1964. № 12. С. 42 - 61.
12. *Пуцаровский Ю.М.* Введение в тектонику Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Наука, 1972. 221 с.
13. *Рихтер А.В.* Сахалин // Тектоническая расслоенность литосферы и региональные геологические исследования. М.: Наука, 1990. С. 250 - 259.
14. *Рогожин Е.А.* Тектоника очаговых зон сильных внутриконтинентальных землетрясений // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. М.: ОИФЗ РАН, 1993. С. 217 - 227.
15. *Рождественский В.С.* Сдвиги северо-восточного Сахалина // Геотектоника. 1975. № 2. С. 85 - 97.
16. *Рождественский В.С.* Роль сдвигов в структуре Сахалина // Геотектоника. 1982. № 4. 99 - 111.
17. *Рудич Е.М.* Основные закономерности тектонического развития Приморья, Сахалина и Японии. М.: Изд-ние АН СССР, 1962. 272 с.
18. *Соловьев В.В., Ганешин Г.С.* Развитие рельефа и формирование четвертичных отложений Сахалина. М.: Недра, 1971. 157 с.
19. Строение дна Охотского моря. М.: Наука, 1981. 176 с.
20. *Сычев П.М.* Особенности строения и развития земной коры Сахалина и прилегающих к нему акваторий. М.: Наука, 1966. 123 с.
21. *Тихомиров В.М.* Плотность горных пород и геологическое картирование в условиях Сахалина. М.: Наука, 1970. 111 с.
22. Фотоплан. Николаевск-на-Амуре. Лист N-54. Масштаб 1 : 1 000 000. М.: Госцентр Природа, 1982.
23. *Харахинов В.В., Гальцев-Безюк С.Д., Терещенков А.А.* Разломы Сахалина // Тихоокеанская геология. 1984. № 2. С. 77 - 86.
24. Centroid, moment tensor solution Harvard event - file name CO52795A. May 27, 1995; Sakhalin island, M-7.1.
25. Geological Map of Japan and Adjoining Areas. Scale 1 : 4 000 000. Geol. Surv. of Japan: Aichi Publishing Company Ltd. 1992.

Focal Mechanism of the Neftegorsk, (Sakhalin), Earthquake of May 27(28), 1995

E. A. Rogozhin

During the earthquake on northeastern Sakhalin with a magnitude of 7.1 and an intensity of 9 at the epicenter, a rupture trending north-northeast with a total length of up to 35 km appeared on the surface. The earthquake was related to a dextral reversed strike-slip movement with a strike-slip component of up to 7 m and an upthrow of up to 2 m. The rupture appeared within the well-known Verkhnepil'tunskii fault zone and inherited many morphological and kinematic features of that large crustal fault, repeatedly reactivated throughout its Quaternary history. The fault is a segment of the meridional mid-Sakhalin suture. Trench investigations of the shallow structure of the rupture zone suggest that earthquakes of similar or even higher intensities have repeatedly occurred at this source before.