

**ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЯВЛЕНИЯ ЗОНЫ ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 20 апреля 2006 г.**

с $M_w=7.6$, $I_0=9-10$ (Корякия)

Е.А. Рогожин, С.С. Новиков, А.Н. Овсяченко, А.В. Мараханов

Институт физики Земли РАН, г. Москва, eurog@ifz.ru

20 апреля 2006 г. в 23^h25^m по Гринвичу или 21 апреля в 12^h25^m по местному времени на территории Олюторского района Корякского автономного округа Камчатской области произошло сильнейшее за всю историю наблюдений землетрясение с магнитудой $M_s=7.6$, $M_w=7.6$ [1]. Эпицентральная область располагалась в зоне хребтов Корякского нагорья: Пылгинского и Ветвейского. В ходе произведенного сейсмотектонического обследования очаговой зоны был обнаружен и закартирован выход сейсмического очага на поверхность в виде системы сейсморазрывов общей протяженностью около 140 км. Была изучена кинематика и амплитуды вертикальных и горизонтальных сейсмогенных смещений в разных частях системы первичных сейсмодислокаций. При детальном изучении строения сейсморазрывов в пройденных траншеях и на стенках расчищенных обнажений, на разных отрезках системы первичных сейсмодислокаций выявлены следы древних, ранее не известных, сильных землетрясений, оценена их магнитуда и установлено время сейсмических активизаций прошлого.

При сейсмотектоническом обследовании эпицентральной области обнаружен выход сейсмического очага на поверхность в виде системы сейсморазрывов, в основном северо-восточного простирания, общей протяженностью около 140 км [2]. Детальное картирование системы сейсморазрывов на поверхности выявило три основных ее сегмента с различной внутренней структурой, морфотектонической позицией и кинематикой смещений: юго-западный, центральный и северо-восточный (рис. 1).

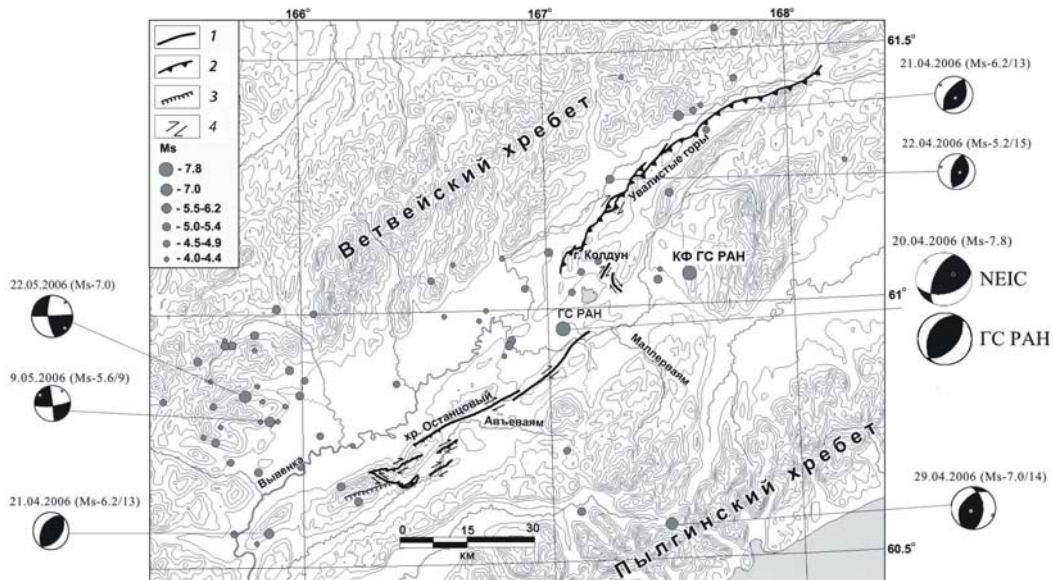


Рис. 1. Положение сейсморазрыва и механизмы очагов главного толчка (по данным КФ ГС РАН и ГС РАН) и сильнейших ($M_S \geq 4.0$) афтершоков Олюторского землетрясения (до августа 2007 г.) с дополнениями по [3]

1 – разрывные нарушения, в основном сдвиги; 2 – взбросо-надвиги, бергштрихи направлены в сторону поднятого крыла; 3 – сейсмогравитационные дислокации (в виде уступа, прослеживающегося в подножии гряды), бергштрихи направлены в сторону опущенного крыла; 4 – направление сдвигового перемещения; горизонталь рельефа проведены через 100 м; стереограммы механизмов очагов афтершоков по NEIC, главного толчка – ГС РАН и NEIC.

Юго-западный сегмент зоны сеймотектонических нарушений представляет собой сложную систему разрывов длиной около 10 км, вспоровшую земную поверхность в правом борту долины р. Авъеваям (рис. 2). При полевых работах и в результате дешифрирования космодатаснимка QuickBird обнаружены две ветви сейсморазрыва, располагающиеся под острым углом одна к другой в виде дизъюнктивного узла. Южная ветвь сейсморазрыва имеет запад–северо-западное простирание и левосдвиговую кинематику смещений. Длина ее составляет около 10 км.

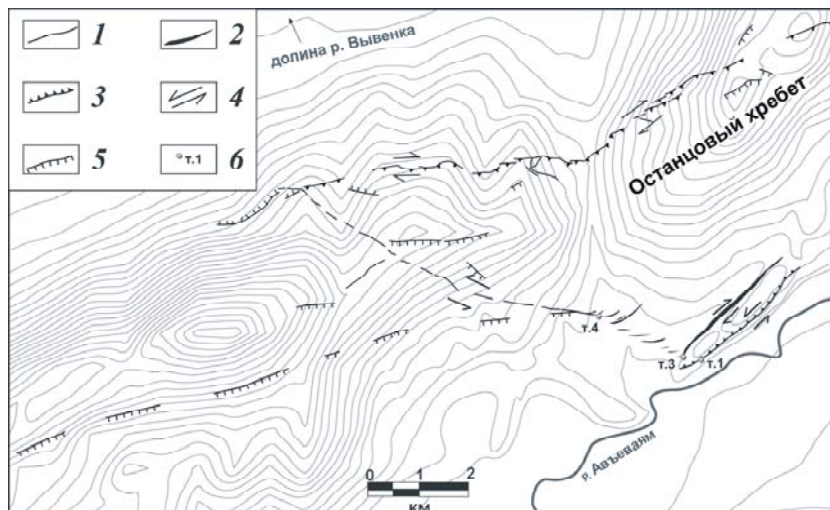


Рис. 2. Схема строения юго-западного окончания зоны сеймотектонических нарушений с дополнениями по [3]

1 – разрыв сдвиговой кинематики; 2 – раздвиги (трещины растяжения); 3 – взброс (бергштрихи направлены в сторону поднятого крыла); 4 – направление горизонтального смещения по сдвигам; 5 – сейсмогравитационные дислокации (в виде уступа, прослеживающегося в подножии гряды, а также отдельные сейсмогравитационные трещины неясной морфологии), бергштрихи направлены в сторону опущенного крыла; 6 – точки наблюдения; горизонтали рельефа проведены через 25 м.

Амплитуда сдвига, измеренная по смещению разорванных корней кедрового стланика, составляет местами 1.3–1.8 м. Восточное замыкание этой ветви представляет собой два отдельных субпараллельно трассирующихся разрыва северо-восточного простирания: левосторонний взбросо-сдвиг и правосторонний сбросо-сдвиг, обрамляющие вытянутую вдоль склона основного водораздела Останцового хребта предгорную гряду. Северная ветвь данного сегмента зоны сеймотектонических дислокаций выражена эшелонированной системой зияющих трещин, отвечающих правостороннему смещению по взбросо-сдвигу [3]. Вертикальная амплитуда взброса по данным этих авторов достигает примерно 1.5 м в центральной части и уменьшается до 30–50 см вблизи окончаний сейсморазрыва. Сдвиговая компонента уступает взбросовой примерно в два раза. Приподнято юго-восточное крыло. Простирание этой ветви – восток–северо-восточное. Две ветви сейсморазрыва сходятся вместе на северном склоне Останцового хребта, на левом борту р. Вывенка.

К северо-востоку от описанного сегмента между средним течением р. Авъеваям и устьем р. Маллерваям сейсморазрыв образовал эшелонированную систему отдельных разрывных нарушений общей протяженностью около 45 км. Все отрезки системы имеют правосдвиговую кинематику смещений. Исключение составляет юго-западная часть сегмента, где присутствует существенная взбросовая компонента [3] (см. рис. 3). Самый протяженный отрезок сейсморазрыва на центральном участке приурочен к юго-восточному подножию Останцового хребта и характеризуется амплитудой правого сдвига 1.3 м. В строении отрезка основную роль играют трещины растяжения длиной до 50 м и шириной до 2 м, сопрягающиеся между собой валами вспучивания высотой до 1.5 м.

Северо-восточный сегмент выхода очага на поверхность приурочен к подножию уступа на границе впадины долины р. Вывенки и массива г. Колдун, а также Увалистых гор. Длина сегмента около 75 км. В районе г. Колдун разрыв часто разделен на 2–3 параллельные ветви. При пересечении с долинами рек разрыв, как правило, объединяется в единую зону шириной

до 5 м. Амплитуда правосдвигового смещения, измеренная по деформациям русел водотоков, не превышает 1 м. Доминирующей является взбросо-надвиговая составляющая, особенно ярко выраженная на участках меридионального или северо-восточного простираения разрыва. Юго-восточное крыло разрыва здесь приподнято относительно северо-западного на 2–3 м.

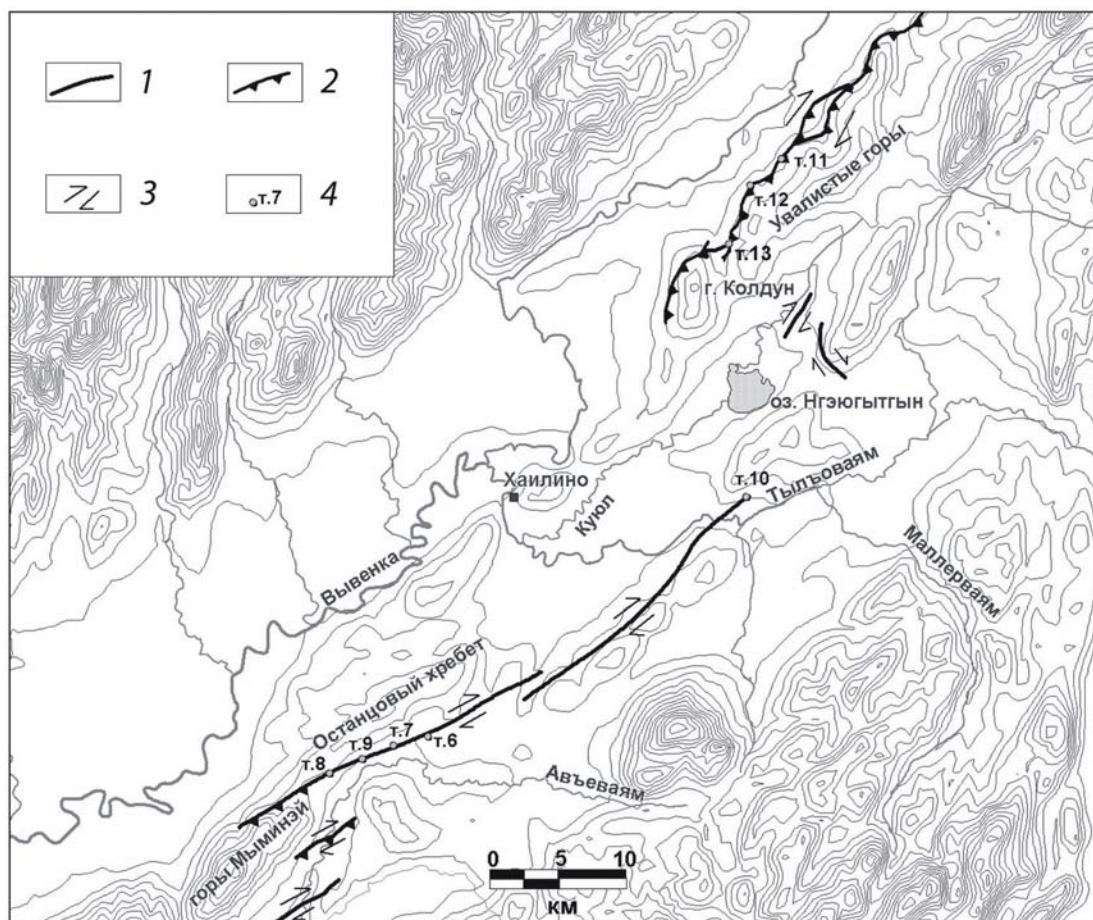


Рис. 3. Схема строения центрального участка зоны сейсотектонических нарушений с дополнениями по [3]

1 – сдвиги; 2 – взбросо-сдвиги, бергштрихи направлены в сторону поднятого крыла; 3 – направление горизонтального смещения; 4 – точки наблюдения; горизонтали рельефа проведены через 50 м.

Сокращение поверхности в пределах таких участков измеряется величиной 1–1.5 м. Часто зона разрывов разделяется на ветви с преимущественно сдвиговой и преимущественно взбросо-надвиговой кинематикой. Однако для всех ветвей характерно преобладание либо взбросо-сдвигов, либо антиклинальных валов, сопряженных со структурами растяжения (рвами). Ширина рвов обычно не превышает 1 м. Амплитуда вертикального смещения валов достигает 2 м, горизонтального сокращения – 1–1.5 м. Сдвиговая компонента деформаций наиболее ярко представлена в пределах эшелонированных систем трещин растяжения (рвов), осложняющих взбросо-надвиговой по кинематике разрыв. Морфология северо-восточного сегмента сейсморазрыва в целом свидетельствует о пологом падении плоскости сместителя на юг–юго-восток, под углами 20–30°.

Выявлены также многочисленные вторичные сейсмодислокации. Наиболее пораженными вторичными нарушениями рельефа оказались долины рек Вывенка, Авъеваям, Тылъоваям и их притоков. Максимальных размеров сейсмогравитационные трещины достигли в пойме р. Вывенка. Возникновение трещин, как правило, обусловлено отседанием берегов в сторону реки и повторяют очертания бровки надпойменной террасы. Ширина достигает 2 м, длина – до 200 м.

Вибрационные трещины на больших площадях покрыли днища долин и зачастую сопровождаются выбросами разжиженного песчано-гравийного материала, изредка с примесью гальки.

Юго-западное окончание зоны сеймотектонического разрыва характеризуется широким распространением обвально-оползневых образований, возникших при землетрясении 2006 года. Склоны вершин гор Мыминэй нарушили многочисленные каменные лавины, сопровождавшиеся перемещением больших объемов сейсмообвального коллювия. Здесь же возникли крупные скальные блок-оползни.

Осыпи мелкообломочного материала вулканомиктового состава образовались в привершинных частях юго-восточных склонов хр. Останцовый и гор Яхтынын в полосе трассирования первичного сейсморазрыва. Вибрационные трещины с выбросами и площадными разливами разжиженного песка поразили в большом количестве поймы и террасы близлежащих речных долин на расстоянии до 3 км от сейсморазрыва. На многих крутых участках склонов этих гор сформировались оплывины снега. Многочисленные сейсмогравитационные трещины отседания склонов образовались в подножии Останцового хребта. Трещины, как правило, приурочены строго к подножию положительных микроформ рельефа и в ширину достигают 0.5 м. Интересно, что трещины возникли исключительно вдоль границы хребта и прилегающей к нему впадины долины р. Авъеваям, при этом вглубь хребта они не распространились.

Примечательными нарушениями вибрационного типа являются структуры разжижения грунта: трещинные излияния водно-песчаной и водно-гравийной смеси, грифоны.

Результаты палеосейсмогеологических исследований эпицентральной области. Исследования зоны сейсморазрыва землетрясения 2006 г., проведенные с использованием геоморфологических, морфотектонических и палеосейсмогеологических методов, позволили выявить длительную историю развития рассматриваемой очаговой зоны и зафиксировать следы неоднократных сильных сейсмических событий, происходивших в ее пределах в прошлом [2]. Следы древних землетрясений выражаются в виде многочисленных деформированных элементов рельефа, а также древних сеймотектонических структур, часто вскрывающихся в разрезах современных сейсмодислокаций.

Данные радиоуглеродного анализа древних почв, погребенных в зонах палеосейсмодислокаций, позволили восстановить возраст пяти сильных сейсмических событий (рис. 4). Согласно проведенной реконструкции, первое событие произошло примерно 7000–6000 лет назад (л.н.).н. Радиоуглеродный возраст палеопочвы, захороненной в древнем валу сжатия, составляет 6640 ± 60 л.н. (калиброванный возраст 7480–7573, ИГАН 3212). Эта палеосейсмодислокация была обнаружена на северо-восточном отрезке системы сейсморазрывов 2006 г. недалеко от г. Колдун.

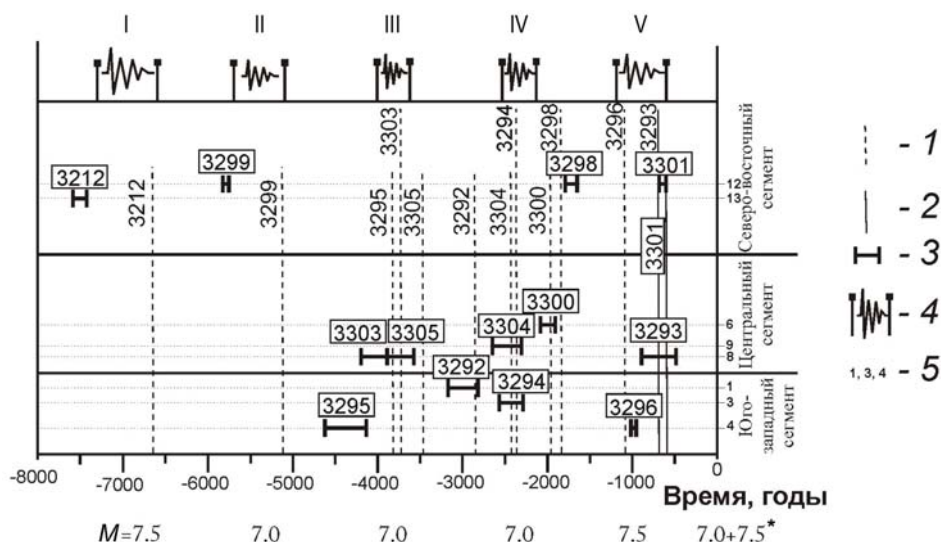


Рис. 4. График соотношения сейсмических проявлений во времени из [4]

1 – радиоуглеродный возраст погребенных палеопочв и номера образцов ИГАН; 2 – радиоуглеродный возраст нижней части современного почвенного профиля; 3 – интервал калиброванного возраста; 4 – реконструируемые сильные сейсмические события; 5 – номера маршрутных точек, на которых были отобраны почвенные пробы (положение точек на рисунке схематично соответствует их размещению на профиле сейсморазрыва); начало временной шкалы соответствует настоящему времени.

Второе событие довольно определенно ложится на интервал 5700–5100 л.н. Оно, по всей видимости, сопровождалось проявлением взбросовых подвижек, о чем можно судить исходя из закономерного увеличения мощности древнего торфяного горизонта в местах его пересечения с разрывными нарушениями. Возраст отобранных в слое торфяников составляет 5120 ± 60 л.н. (калиброванный возраст 5877–5804 л.н., ИГАН 3299). Структура была обнаружена и выделена в траншее, пройденной вкрест простирания эскарпа на северо-восточном сегменте сейсморазрыва 2006 г.

Третье событие локализуется в интервале между 3720 л.н. (ИГАН 3303) и 3470 л.н. (ИГАН 3305). Соответственно, сейсмическое событие, спровоцировавшее образование этой палеосейсмодислокации, согласно калиброванным датам, произошло в период 3680–4150 л.н. Эти датировки соответствуют возрасту палеопочв в разрезе многократно обновлявшегося вала сжатия (на центральном сегменте системы сейсморазрывов землетрясения 2006 г.). Близкий возраст имеет и палеопочва, погребенная, видимо, при образовании древнего сейсморва (образец ИГАН 3295, радиоуглеродный возраст 3820 ± 80 л.н., калиброванный – 4092–429 л.н.) в пределах южной ветви юго-западного сегмента.

Четвертое палеоземлетрясение выделяется как произошедшее примерно 2500–2000 л.н. В этом интервале, по-видимому, образовались сейсморвы, и в них захоронились палеопочвы с радиоуглеродным возрастом 2370 ± 110 лет (ИГАН 3294, калиброванный – 2314–2543) у юго-восточного окончания южной ветви юго-западного сегмента современного сейсморазрыва. В близкий период времени – 2420 ± 80 лет – также возникла палеосейсмодислокация в юго-западной половине центрального сегмента системы сейсморазрывов 2006 г. (ИГАН 3304, калиброванный – 2350–2696). Возможно тогда же произошло обновление взбросового разрыва на юго-восточном склоне предгорной гряды в правом борту р. Авъеваям (область сочленения юго-западного и центрального сегментов системы сейсморазрывов 2006 г.). Радиоуглеродный возраст деформированной этим разрывом палеопочвы составляет 2860 ± 110 лет (ИГАН 3292, калиброванный – 2854–3145). Восстановлено также образование древнего сейсморва, в котором захоронилась палеопочва с радиоуглеродным возрастом 1980 ± 70 лет, на центральном сегменте современного разрыва (ИГАН 3300, калиброванный – 1862–2002 л.н.).

Пятое, оно же последнее из реконструированных палеособытий, локализуется в интервале примерно 600–1000 л.н. С этим событием увязывается образование разрыва на северо-восточном сегменте магистрального сейсморазрыва 2006 г. (600–700 л.н., ИГАН 3301). Здесь, через зону обновленного уступа была пройдена траншея, вскрывшая остатки древнего эскарпа со смещенным горизонтом палеопочвы. На центральном сегменте в составе молодого вала вспучивания выявлены остатки обновленного в 2006 г. древнего вала. Возраст отобранного образца составил 690 ± 290 л.н. (радиоуглеродный возраст нижней части современного почвенного профиля, образец ИГАН 3293, калиброванный возраст 432–935 л.н.). Таким образом, смещение по разрыву произошло не позже 1000 л.н. На юго-западном сегменте системы сейсморазрывов Олюторского землетрясения в пределах левосдвиговой ветви в пройденной траншее вскрыт разрез современного вала вспучивания. В его нижней части расположен горизонт черного углефицированного торфа, имеющий возраст 1090 ± 50 л.н. (ИГАН 3296, калиброванный 940–941 л.н.). В толщу торфа вдавлена, видимо, в результате разжижения грунта, линза суглинистого материала.

Таким образом, реконструированные древние землетрясения имеют приблизительные временные рамки 7000–6000, 5700–5100, 3700–3500, 2500–2000, и 1000–600 л.н. Период повторяемости между событиями, включая Олюторское 2006 г., составляет в среднем около 1200–1500 л.н.. Из данных рис. 4 ясно, что два палеоземлетрясения, произошедшие в периоды от 600–1000 до 1500 лет и около 2000–2500 л.н., проявились в формировании палеосейсмодислокаций на всех трех сегментах зоны сейсморазрыва, активизировавшегося в 2006 г., а сейсмическое событие, датированное временем примерно 3500–3700 л.н., – только на юго-западном и центральном сегментах. Самое древнее землетрясение, произошедшее 7000–6000 л.н., а также событие, попадающее во временной интервал 5700–5100 л.н., оставили следы в виде палеосейсмодислокаций только на наиболее протяженном северо-восточном отрезке системы первичных нарушений 2006 г.

Из выявленных в ходе палеосейсмогеологических исследований амплитуды смещений, а также протяженности активизировавшихся сейсморазрывов, оценена магнитуда землетрясений

прошлого. Так, первое из реконструированных древних событий имело, по-видимому, $M=7.5$, второе – $M=7.0$, третье – $M=7.0$, четвертое – $M=7.0$ и, наконец, пятое – $M=7.5$. Полученные представления о периодах повторяемости и магнитуде древних толчков (рис. 4) могут быть интерпретированы следующим образом: за 7 тысяч лет произошло три землетрясения с $M=7.5$ (включая Олюторское), за 5.5 тысяч лет – четыре землетрясения с $M=7.0$ (включая Хаилинское 1990 г.). Эти сведения могут быть использованы для реконструкции долговременного сейсмического режима района Корякского нагорья [4].

В заключение следует отметить, что сильнейшее землетрясение в Корякии примечательно тем, что его очаг вышел на поверхность в виде эшелонированной системы сейсморазрывов общей длиной порядка 140 км. Выявлены вертикальные и горизонтальные смещения поверхности в зоне сейсморазрыва. На разных участках сейсморазрыв представлен первичными дислокациями взбросо-надвигового, взбросо-сдвигового и сдвигового типов. На отрезках преобладания сдвиговых смещений они носят в основном правосторонний характер. На взбросовых отрезках приподнятым является юго-восточное крыло разрыва. Амплитуда вертикальных смещений в зоне разрыва достигает 3 м, а горизонтальных, сдвиговых – 1.8 м.

В эпицентральной области землетрясения широко развиты вторичные сейсмодислокации. Главными нарушениями этого типа являются структуры разжижения грунта: трещинные излияния водно-песчаной и водно-гравийной смеси, грифоны. Огромные площади в долине р. Вывенка, в береговой полосе залива Корфа поражены также вибрационными трещинами и структурами разжижения грунтов. Гравитационные явления распространены не столь широко. Отмечаются осыпи, обвалы и оползни на склонах хр. Останцовый и гор Яхтынын в полосе трассирования первичного сейсморазрыва. В целом область, охваченная вторичными сейсмодислокациями, имеет овальные очертания. Длинная ось «овала» вытянута в северо-восточном направлении и имеет длину около 160 км. Ширина «овала» составляет 50–60 км.

Проведенные палеосейсмогеологические и морфотектонические наблюдения позволяют констатировать, что в очаговой зоне Олюторского землетрясения прежде неоднократно возникали сильные сейсмические события. Их следы зафиксированы в многочисленных деформированных элементах рельефа и различных древних сеймотектонических структурах. Реконструированные древние землетрясения имеют приблизительные временные рамки 7000–6000, 3700–3500, 2500–2000, 1500–1000 и 1000–600 л.н. Период повторяемости между четырьмя последними событиями (включая Олюторское 2006 г.) составляет немногим более 1000 лет.

Олюторское землетрясение 2006 г. показало, что реальный уровень сейсмических колебаний в зоне распространения первичных сейсморазрывов отвечает интенсивности $I_0=9-10$ баллов.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 4 и гранта РФФИ №11-05-00205-а.

Л и т е р а т у р а

1. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2006.** – Berkshire: ISC, 2008.
2. **Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В., Новиков С.С.** Тектоническая позиция и геологические проявления Олюторского землетрясения 2006 г. в Корякии // Геотектоника. – 2009. – № 6. – С. 3–23.
3. **Пинегина Т.К., Кожурин А.И.** Новые данные о сейсморазрыве Олюторского землетрясения 21.04.2006 г. с $M_w=7.6$, Корякия, Россия // Вестник Краунц. – Науки о Земле. – 2010. – Вып. 16. – № 2. – С. 44–54.
4. **Рогожин Е.А., Новиков С.С., Родина С.Н.** Палеоземлетрясения и долговременный сейсмический режим Корякского нагорья // Геофизические исследования. – 2010. – 11. – № 4. – С. 35–43.