

## СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ В ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ ОЛЮТОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ.

*Пинегина Т.К.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, pinegtk@kscnet.ru*

### **Аннотация**

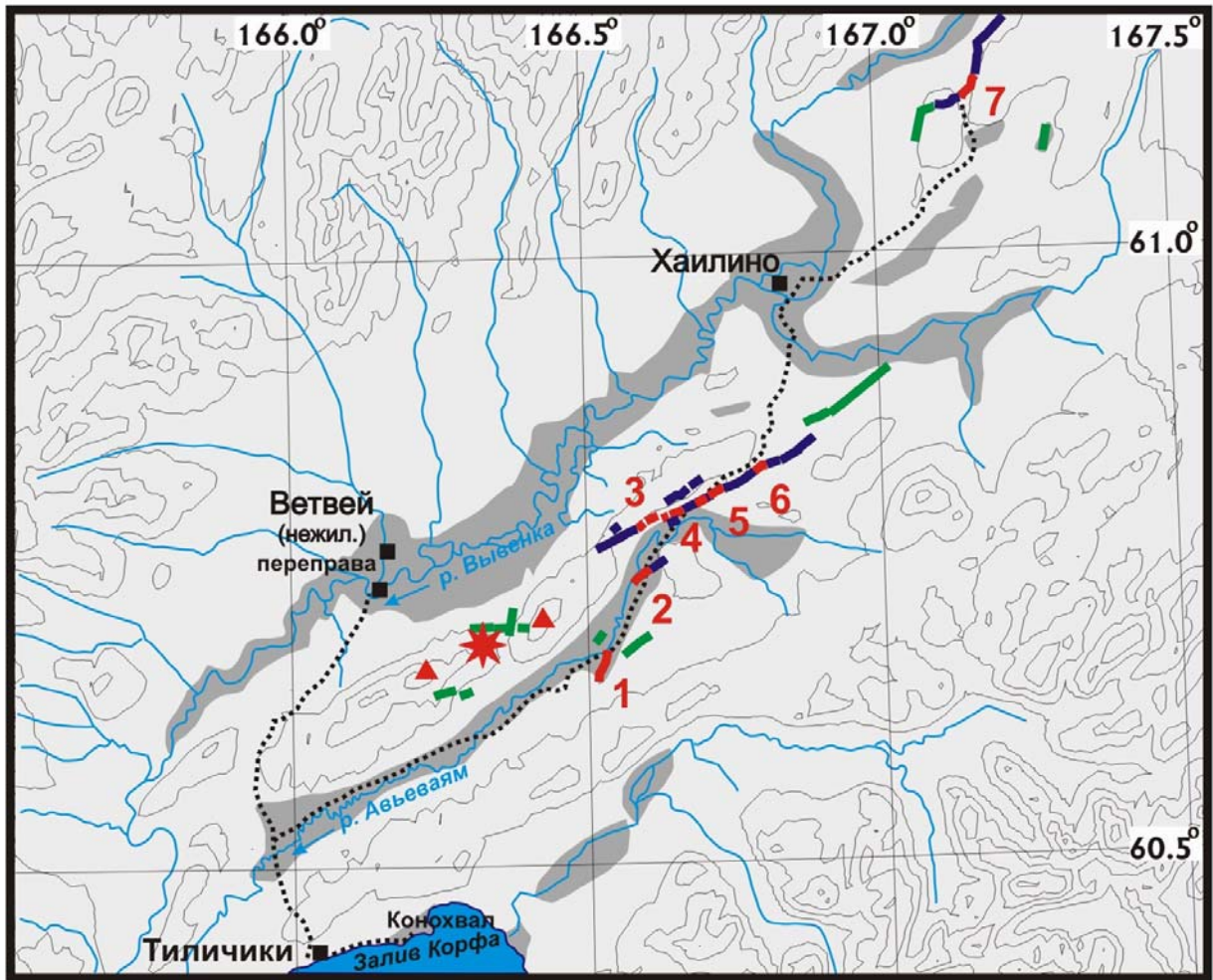
В период 23.04 - 14.05 2006 г. сотрудники ИВиС ДВО РАН провели оперативное обследование геологических и макросейсмических проявлений в эпицентральной области Олюторского землетрясения. В статье приводятся детальные материалы полевых геологических исследований зоны магистрального сейсморазрыва и вторичных эффектов в грунте. В долинах рек Авьеваям и Вывенка, на склонах хребта Останцового и Увалистых гор (общая протяженность обследованной зоны около 120 км) были выявлены и обследованы первичные сейсморазрывы. В населенных пунктах Корф и Тиличики были проведены замеры параметров и GPS привязка крупных трещин, грязевых вулканчиков и просадок грунта, образовавшихся в ходе землетрясения. На основе полевых материалов выделены участки магистрального сейсмогенного разрыва с различным характером подвижки. В целом, общий характер движения можно описать как взбросо-сдвиг, однако степень выраженности и направление сдвиговой компоненты сильно варьирует вдоль изученной трассы сейсморазрыва. Имеются участки почти чистого взброса, правого взбросо-сдвига, правого сбросо-сдвига и даже участок с практически чистым левым сдвигом. Максимальные амплитуды смещений на обследованных участках разрыва достигают 200 см (сдвиговая компонента) и 330 см (взбросовая компонента).

### **Введение**

Геологическая классификация сейсмогенных нарушений, выраженных в рельефе (сейсмодиформаций), впервые была предложена в работах Солоненко (1970, 1973) и Никонова (1988, 1995) (Paleoseismology, 1996). По этой классификации, весь спектр сейсмодиформаций подразделяется на сеймотектонические (связанные с разломами), сейсмогравитационные и сеймовибрационные (связанные с сотрясениями) и грависеймотектонические (смешанный класс). МакКалпин (Paleoseismology, 1996) модифицировал эту классификацию, предложив разделять сейсмогенные нарушения по их генезису, положению в пространстве и времени образования. «Сеймотектонические деформации» Солоненко-Никонова он относит к первичным, а «сейсмогравитационные» и «сеймовибрационные» ко вторичным. Он также различает нарушения по положению относительно сейсморазрыва (близкие и удаленные) и по времени формирования - на косейсмические, т.е. образовавшиеся одновременно с землетрясением, и постсейсмические. В настоящей статье мы рассматриваем сейсмогенные нарушения, подразделяя их на первичные и вторичные.

Оперативное обследование геологических эффектов Олюторского землетрясения было проведено в период с 23 апреля по 14 мая в следующих районах (рис. 1): 1) пос. Корф; 2) с. Тиличики; 3) вдоль участка трассы зимней дороги на месторождение «Ледяное» от с. Тиличики до переправы через р. Вывенка; трасса пересекает юго-западную часть эпицентральной области в субмеридиональном направлении; 4) коса Конохвал, расположенная в 6 км к северу от пос. Тиличики; 5) вдоль трассы зимней дороги между селами Тиличики и Хаилино; трасса проходит по долине р. Авьеваям и по склонам хребта Останцового; 6) к северу от с. Хаилино - до Увалистых гор.

Обследование нарушений было проведено в ходе пеших и лыжных маршрутов, доставка в разные районы эпицентральной области осуществлялась на гусеничном вездеходе.



- 1** — участки магистрального сейсморазрыва детально обследованные в маршрутах и показанные на рисунках 2, 5, 8
- участки магистрального сейсморазрыва откартированные во время визуальных полевых наблюдений и заверенные по космическим снимкам
- участки сейсморазрыва отдешифрированные по снимкам (космическим и сделанным с вертолета)
- области с высокой плотностью сейсмовибрационных нарушений (частично обследованы в маршрутах, частично отдешифрированы по космоснимкам)
- ▲ сейсмогравитационные осыпи
- ★ сейсмогравитационный скальный оползень
- маршруты обследования эпицентральной области

Рис. 1. Схема обследованной территории, расположенной в эпицентральной области Олюторского землетрясения.

### Первичные сейсмогенные нарушения.

В ходе обследования эпицентральной зоны было выявлено несколько участков, где сейсморазрывы выходили на земную поверхность. Местоположение данных участков отмечено на схеме района работ (рис. 1) цифрами 1-7. На рисунке 2, 5 и 8 эти же сейсморазрывы показаны в более крупном масштабе. Для получения достаточно точной конфигурации разрывов и их привязки к карте во время полевого обследования вдоль них записывался непрерывный GPS трек, который затем был вынесен на карту.

Полевое обследование сейсморазрывов включало:

- описание, зарисовку и фотодокументирование отдельных их частей и элементов
- измерение топографических профилей вкрест простирания разрывов
- замеры общего азимута простирания, а также азимутов простирания структурных элементов сейсморазрывов (зияющих трещин, микронадвигов, взбросов)
- измерение амплитуд и направлений сдвигов по трещинам
- замеры ширины, глубины и ориентировки зияющих трещин и иные параметры; по возможности, измерялся угол падения плоскостей разрыва (сместителей).

Основные данные, полученные в ходе изучения сейсморазрывов, представлены в таблице 1.

В целом, магистральный сейсморазрыв состоит из сейсморазрывов, расположенных кулисообразно и вытянутых с северо-востока на юго-запад. Отдельные кулисы разрыва имеют длину от нескольких километров до нескольких десятков километров, расстояние между кулисами примерно того же порядка, что и их длина. Характер нарушений вдоль кулис магистрального сейсморазрыва различается, поэтому обследованные кулисы были объединены в три группы сейсморазрывов – южную, центральную и северную.

Южная группа сейсморазрывов состоит из двух разрывов (общая длина несколько километров), расположенных друг по отношению к другу кулисообразно (участки обследования №1 и №2 на рис. 2) и проявившихся в виде кротовин в снегу.

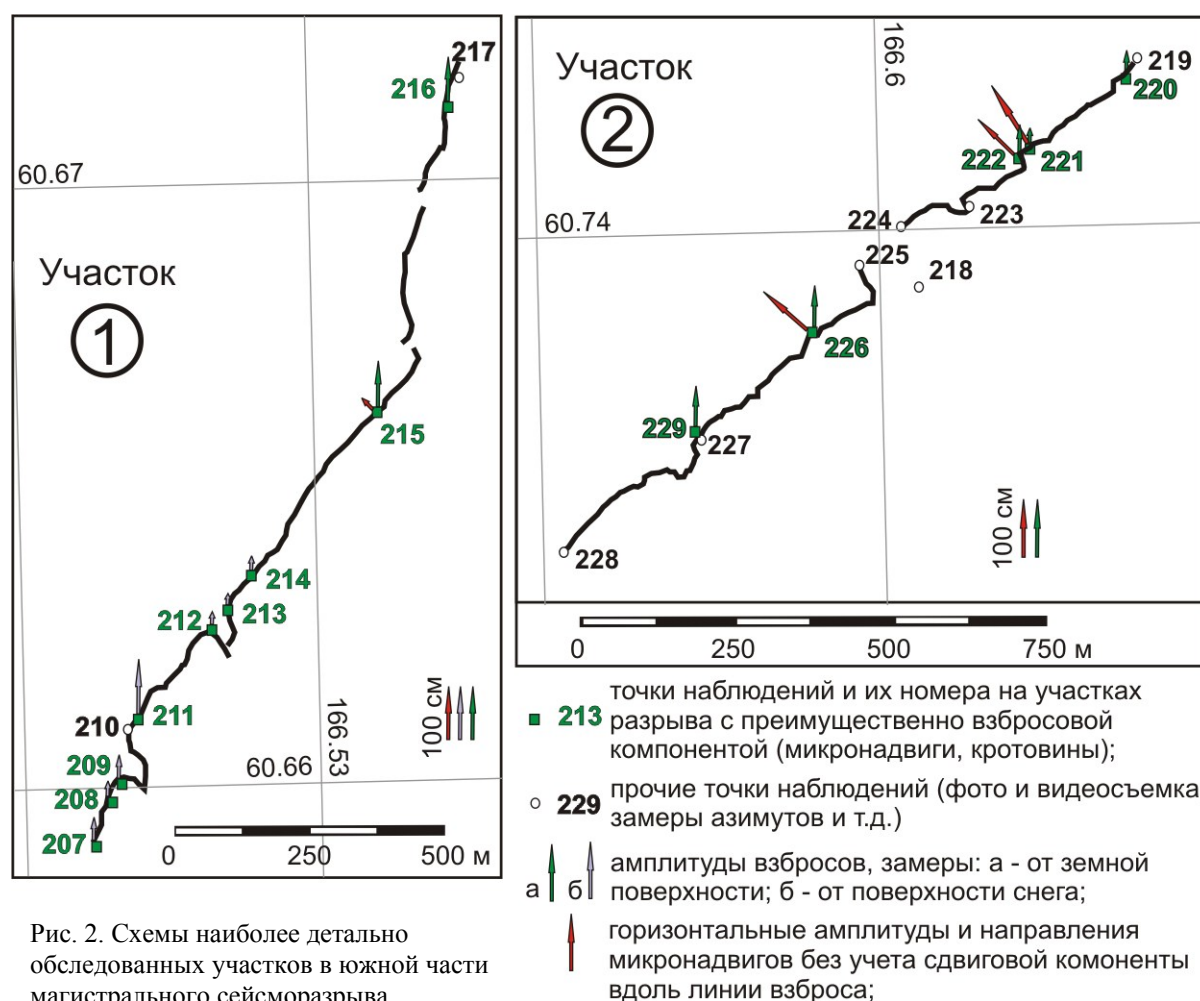


Рис. 2. Схемы наиболее детально обследованных участков в южной части магистрального сейсморазрыва.

Термин «кротовины» впервые использовал В.П. Солоненко (Солоненко, 1965) для обозначения трещин сжатия, выраженных на поверхности валом. Для изучения деформаций земной поверхности мы раскапывали снежные кротовины поперек их простирания. На поверхности земли обнаруживались валы сжатия либо уступы взбросов, иногда с микронадвидами верхних слоев грунта (рис. 3).

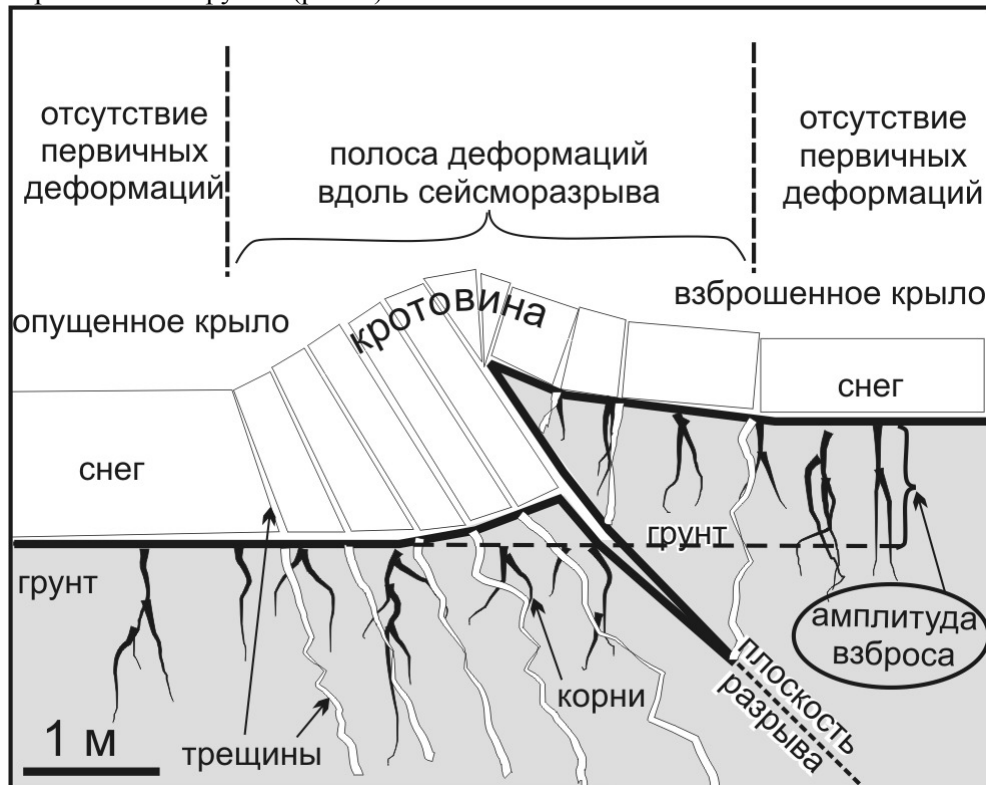


Рис. 3.

Схематический поперечный разрез через кротовину. Такое строение сейсморазрыва характерно для участков обследования №1 и №2 (см. рис. 1, 2).

В плане кротовины представляли собой вытянутые с северо-востока на юго-запад извивающиеся цепочки снежных валов, поверхность которых была разбита мелкими трещинами и деформирована. Иногда цепочки разветвлялись, образуя несколько субпараллельных, иногда исчезали и вновь появлялись через десятки метров. К кротовинам под углом, близким к прямому, подходили открытые оперяющие трещины, видимые на поверхности снежного покрова, их ширина в среднем составляла 1-10 см. Превышение снежных кротовин над западным (северо-западным) крылом, как правило, составляло не более 1.5-2 метров. Во всех точках наблюдения на обследованных участках №1 и №2 взброшенным оказалось восточное (юго-восточное) крыло.

Для определения амплитуды взбросов с помощью нивелира были измерены топографические профили (рис. 4-а, б, с). Как правило, снег и верхние слои мерзлого грунта вдоль взброса были сильно деформированы. Иногда деформации грунта представляли собой складки, но чаще грунт был разорван, местами разбит на мелкие блоки. Отдельные блоки грунта были поставлены на бок или перевернуты. Деформации грунта и снега наблюдались в пределах узкой полосы (шириной 2-4 м) по обе стороны от разрывов, на большем удалении видимых деформаций на поверхности снега не наблюдалось. Топографические профили измерялись перпендикулярно линии простирания зоны взбросов от опущенного крыла ко взброшенному. Первый и последний замеры на профиле делались на таком удалении от разрыва, на котором видимых деформаций грунта или снега не наблюдалось. Кроме того, на профиле измерялись высоты опущенного и взброшенного крыльев на границе с видимой поверхностью сейсморазрыва. Если взбросовый уступ не наблюдался, то измерялась высота наивысшей точки вала сжатия и его относительная высота, измеренная от каждой из двух сторон сейсморазрыва. На участках с плоским рельефом, например в тех местах, где сейсморазрыв проходил по пойме или речной террасе, описанные измерения позволяли определить амплитуду взброса вдоль сейсморазрыва относительно уверенно. Однако в местах, где разрыв пересекал склон, определение амплитуды взброса таким путем невозможно без учета крутизны склона. Для ориентировочной оценки в подобных случаях были использованы данные замеров относительных высот вблизи поверхности сейсморазрыва. Поправка на неровности рельефа и первоначальный уклон местности в настоящей работе не производилась.



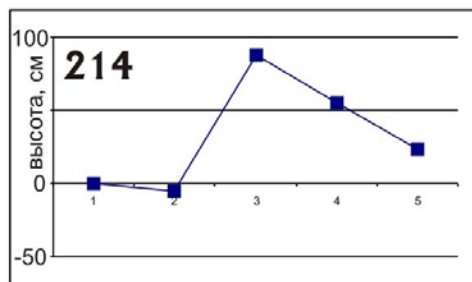
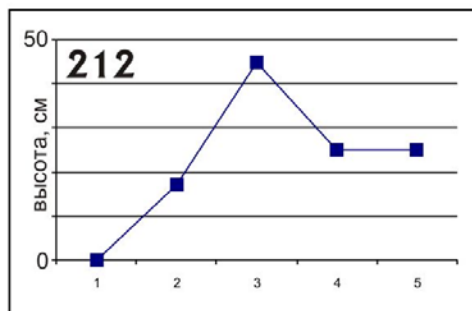
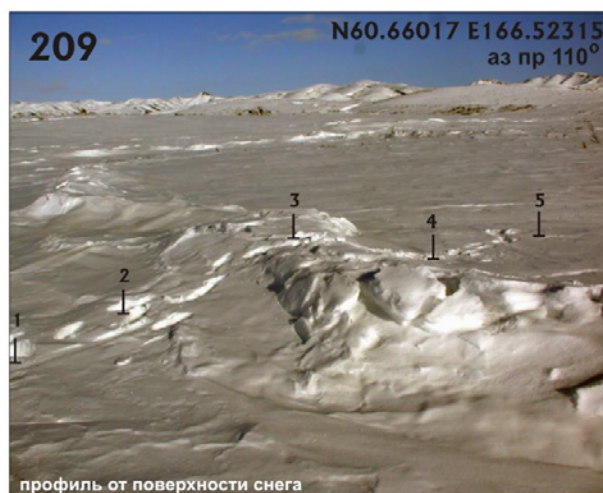
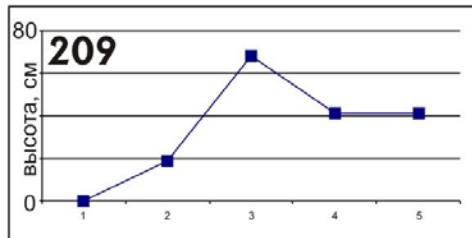
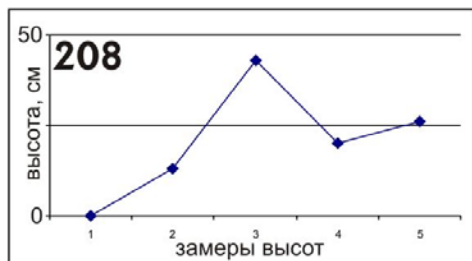


Рис. 4-а. Топографические профили через участки сейсморазрыва с преобладающей взбросовой компонентой. По горизонтальной шкале на графиках отложены порядковые номера замеров. Азимуты профилей измерены между направлением на север и линиями профилей в направлении от лежачего крыла к висящему. На профилях 208-214 замеры выполнены от поверхности снежного покрова, на остальных профилях - от поверхности земли.

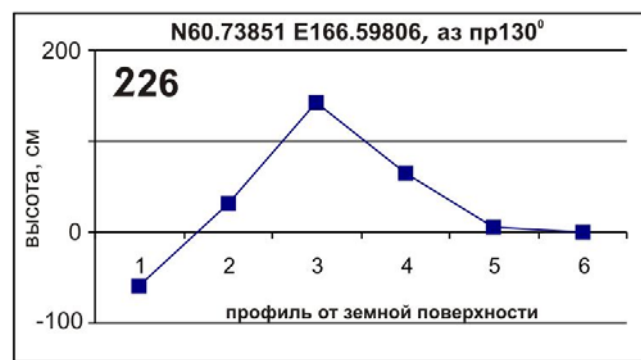
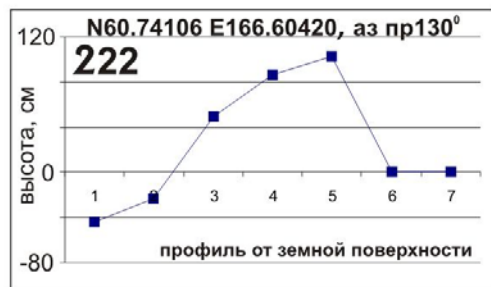
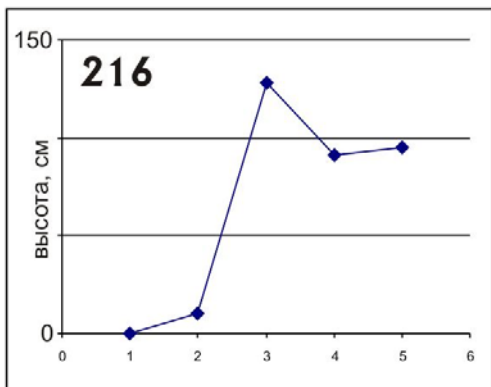


Рис. 4-6.

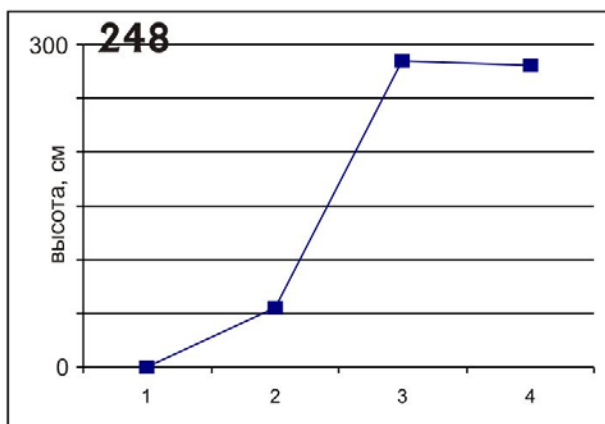
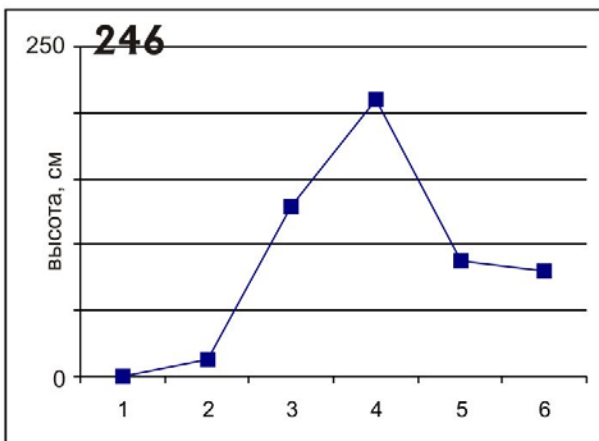
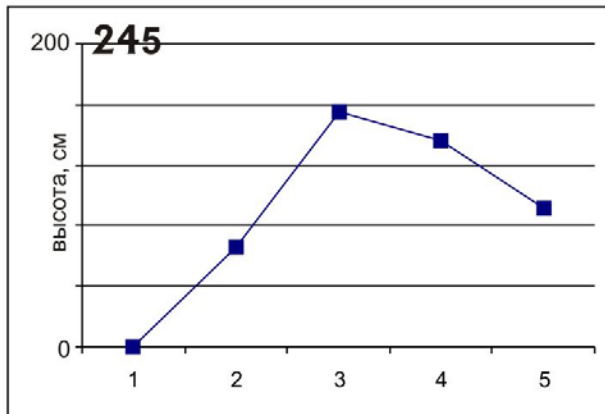
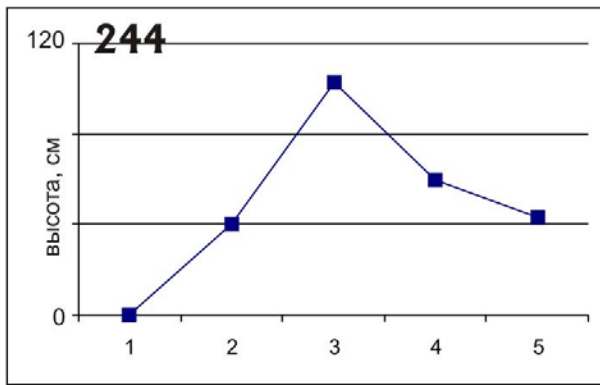


Рис. 4-с.

Большинство топографических профилей через взбросовые участки были измерены на плоских или пологонаклонных поверхностях (5-15 градусов). Однако лишь некоторые из профилей можно использовать для определения амплитуд взбросов. Это связано с тем, что часто уступы взбросов были перекрыты раздробленными, перевернутыми или просевшими блоками мерзлого грунта и плоскость сместителя не наблюдалась. Наиболее надежными кажутся измерения амплитуд взбросов на профилях 216, 229, 226, 244, 245, 246, 248. Профили 208-214 были промерены через снежные кротовины от поверхности снега. Дальнейшие наблюдения показали, что амплитуды взбросов, определенные таким способом, меньше «истинных» амплитуд (измеренных от поверхности почвы), в 1.5-2 раза. Причина в том, что на взброшенном крыле мощность снега всегда оказывалась меньше, чем на опущенном. Разницу в мощности снежного покрова нельзя связать с влиянием свежесформированного сейсморазрыва на накопление снега, так как в период между землетрясением и полевым обследованием снег не выпадал, сильных ветров также не было. Оперяющие трещины и кротовины на поверхности снега не были перекрыты свежесвыпавшим или передутым снегом. Возможно, на опущенном крыле мощность снега была увеличена за счет его деформации при надвигании взброшенного крыла (рис. 3). Возможно также, что во время землетрясения на взброшенном крыле произошло некоторое уплотнение снега. На некоторых участках сейсморазрыва снег расплавился или испарился, и на обоих крыльях образовались бесснежные участки шириной в первые десятки сантиметров, окаймляющие разрыв. Вероятно, вспарывание сопровождалось разогревом грунта. Данные нивелирных измерений через сейсморазрыв приведены в таблице 2.

В ряде случаев были выполнены замеры амплитуд микронадвигов и углов падения поверхностей разрыва (таблица 3). Весьма вероятно, что на глубине угол падения плоскости разрыва может заметно отличаться от измеренного нами у поверхности.



**Таблица 1. Основные данные по точкам наблюдений вдоль сейсморазрыва.**

GPS точка	Широта, °	Долгота, °	Дата обследования	Объект обследования	Азимут простирания сейсморазрыва, °	Ширина, трещин, м.	Глубина трещин, м.	Амплитуда правого сдвига, см	Превышение В (ЮВ) крыла над З (СЗ), см	Краткое описание нарушения	район
189	60.55593	166.0356	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	230-240	0.3-0.4		<10	10-20	деформации-кратовины в снегу, высота кратовин 30-40 см., максимальная ширина трещин в снегу до 1 м, трещины забиты снегом; восточное крыло разрыва взброшено, правый сдвиг до 10 см.;	долина р. Авьеваям
207	60.65914	166.5222	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	200			<10	20-40	конец кулисы кратовины, взброс на поверхности снега, максимальная высота кратовин над опущенным крылом 80 см., ширина кратовин 0.5-1 м., тонкие оперяющие трещины (азимут 90-120) забиты снегом;	долина р. Авьеваям участок 1
208	60.65987	166.5228	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	200				26	топопрофиль через кратовину в снегу, высота кратовины над опущенным крылом ~ 40 см, тонкие оперяющие трещины забиты снегом;	долина р. Авьеваям участок 1
209	60.66017	166.5232	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	200				41	топопрофиль через кратовину в снегу, высота кратовины над опущенным крылом ~ 70 см тонкие оперяющие трещины забиты снегом;	долина р. Авьеваям участок 1
210	60.66098	166.5235	02.05.06	сейсморазрыв, описание деформаций на снегу	200					кратовины в снегу шириной до 2 м. и высотой до 50см над опущенным крылом, взброс ЮВ крыла;	долина р. Авьеваям участок 1
211	60.66121	166.5238	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	220				101	топопрофиль через кратовину в снегу, высота кратовины над опущенным крылом >1 м., ширина 1.5-2.м, тонкие оперяющие трещины забиты снегом;	долина р. Авьеваям участок 1
212	60.6626	166.5264	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	220				25	топопрофиль через кратовину в снегу, высота кратовины над опущенным крылом 45 см., ширина до 1.5м.;	долина р. Авьеваям участок 1
213	60.66294	166.527	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	220				18	топопрофиль через кратовину в снегу, высота кратовины 0.5 м. над опущенным крылом, ширина 1.5-2.м, тонкие оперяющие трещины забиты снегом;	долина р. Авьеваям участок 1
214	60.66349	166.5278	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций на снегу	220				23	топопрофиль через кратовину в снегу, высота кратовины 0.9 м. над опущенным крылом, ширина 2-3 м., тонкие оперяющие трещины забиты снегом;	долина р. Авьеваям участок 1
215	60.66616	166.5322	02.05.06	сейсморазрыв, замеры деформаций от земной поверхности***	210				90	кратовина в снегу; снег откопали до поверхности почвы; в раскопе виден микронадвиг мерзлой почвы под углом 70° (измерение от лежачего крыла на	долина р. Авьеваям участок 1

										плоскость надвига); амплитуда надвига 95 см.; азимут оперяющих трещин 150°; амплитуда взброса 90 см;	
216	60.67152	166.5348	02.05.06	сейсморазрыв,	200				95	топопрофиль; сейсмодиформация в виде кротовин в снегу; максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 1.28 м.;	долина р. Авьеваям <b>участок 1</b>
217	60.67195	166.5352	02.05.06	сейсморазрыв	200					в данной точке сейсмодиформация (снежная кротовина) выходит на пойму, разветвляется на сеть трещин и исчезает;	долина р. Авьеваям <b>участок 1</b>
218	60.7392	166.6011	03.05.06	сейсморазрыв	230					сейсморазрыв протягивается узким изгибающимся валом (в виде кротовин в снегу) через сопки и долины ручьев, иногда с ответвлениями, иногда исчезает и появляется через несколько десятков метров (перескакивает на новую микрокулису);	долина р. Авьеваям <b>участок 1</b>
219	60.74234	166.6075	03.05.06	сейсморазрыв	230					начало трэка по кулисе разрыва GPS 219-229; деформации преимущественно в снегу, но отдельные блоки грунта выворочены из снега, местами во взбросовом уступе обнажения грунта; зияющих трещин нет, только оперяющие в снегу; преобладающие по кулисе деформация – ЮВ взброс с микронадвигами верхнего слоя мерзлого грунта мощностью 10-ки см – 1 м;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
220	60.74218	166.6073	03.05.06	сейсморазрыв	230-240				32	топопрофиль, локальный изгиб разрыва (азимут 80 °), взброс Ю крыла, микронадвиг почвы мощностью 35 см.; максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 0.7 м.;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
221	60.74119	166.6044	03.05.06	сейсморазрыв	240	0.35			18	топопрофиль, локальный изгиб разрыва (азимут 60°), взброс Ю крыла, микронадвиг мерзлой почвы мощностью 25 см. под углом 50° (измерение от лежащего крыла на плоскость надвига), горизонтальная амплитуда надвига 120 см.; между надвинутым крылом и лежащим неглубокая трещина до 35 см шириной; максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 1.44 м.;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
222	60.74106	166.6042	03.05.06	сейсморазрыв	220	0.3	1.30		44	топопрофиль, локальный изгиб разрыва (азимут 170°), взброс В крыла, микронадвиг мерзлой почвы мощностью до 70 см. под углом 60° (измерение от лежащего крыла на плоскость надвига), между надвинутым крылом и лежащим трещина глубиной 1.3 м., максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 1.5 м.;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>

223	60.7403	166.6026	03.05.06	сейсморазрыв	230					локально складка сжатия (взброс без разрыва грунта), в целом взброс ЮВ крыла;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
224	60.74006	166.6008	03.05.06	сейсморазрыв	230					конец вала-кратовины, новый начинается через ~100 м к ЮВ в точке GPS 225;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
225	60.73947	166.5995	03.05.06	сейсморазрыв	230					начало нового вала-кратовины со взбросом ЮВ крыла; локальный изгиб кратовины (азимут 130°); проходит по склонам и вдоль левого борта долины р. Авьеваям; разрыв извилистый, с ответвлениями, в целом азимут 230 °; оперяющие трещины забиты снегом, отчетливо сдвиговой компоненты не видно, если сдвиги и есть, то не более неск. десятков см.;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
226	60.73851	166.5981	03.05.06	сейсморазрыв	220		0.5		60	топопрофиль, локальный изгиб разрыва (азимут 160°), взброс с микронадвигом; высота снежной кратовины над лежащим крылом 1.5-2.0 м; микронадвиг мерзлой почвы под углом 55° (измерение от лежащего крыла на плоскость надвига), горизонтальная амплитуда надвига 1 м., между надвинутым крылом и лежащим трещина глубиной 0.5 м., ниже она сужается;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
227	60.73711	166.5946	03.05.06	сейсморазрыв	230					складка почвы по взбросу, местами мерзлые блоки вывернуты и поставлены набок или перевернуты, взброс ЮВ крыла;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
228	60.7355	166.5905	03.05.06	сейсморазрыв	230			15-20		разрыв через 300 м к ЮЗ от этой точки выходит на пойму р. Авьеваям и исчезает (растворяется в сети трещин), по другую сторону реки разрыв не прослеживали; по правому борту реки вдоль зимника наблюдается множество трещин и складок в снегу; в данной точке удастся измерить амплитуду правостороннего сдвига (по разорванному снежному застругу); в целом деформация по кулисе представляет взброс ЮВ крыла;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
229	60.73714	166.5946	03.05.06	сейсморазрыв	210-220				80	топопрофиль; в месте замера - взброс с разрывом верхних слоев грунта на блоки, перемещение и опрокидывание блоков; максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 120 см.;	долина р. Авьеваям <b>участок 2</b>
230	60.79039	166.6611	03.05.06	сейсморазрыв	245					одна из кулис главного сейсморазрыва; в данной точке разрыв пересекает замерзшее озеро ~ 100 x 70 м.; в центре озера – просадка грунта до нескольких метров, поверхность разбита сетью глубоких зияющих трещин (5 и более м.), по пери-	хребет Останцовый <b>участок 4</b>

										метру озера грязевые выбросы; в разных направлениях от озера расходятся радиальные трещины, вся поверхность напоминает битую тарелку, сейсморазрыв на этом участке «растворяется» в сети трещин;	
231	60.78797	166.6497	03.05.06	сейсморазрыв	245					конец одного из отрезков кулисы сейсморазрыва; в целом разрыв состоит из отрезков длиной от сотен метров до нескольких км; каждый из отрезков состоит из и зияющих трещин с правосторонним сдвигом и валов сжатия с микрондвигами, ограничивающих трещины; длина трещин в среднем 7-15 м, валов сжатия 3-5 м;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
232	60.78771	166.6499	03.05.06	сейсморазрыв	245					описание, фото - и видеодокументация вдоль разрыва;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
234	60.78821	166.652	03.05.06	сейсморазрыв	245	0.4-1	2.3-5.4	60	*15	зияющая трещина по разрыву, азимут трещин 245°, азимут взбросов с микрондвигами 120-160°;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
235	60.78824	166.6523	03.05.06	сейсморазрыв	245	0.5	4.5	60	*10	зияющая трещина, азимут трещин 245°, угол падения плоскости разрыва ~50°; превышение ЮВ крыла трещины над СЗ 10-15 см;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
236	60.78859	166.6536	03.05.06	сейсморазрыв	245	0.45-0.6	3.5	60	*20	зияющая трещина по разрыву, азимут трещины 250°, опущено СЗ крыло; угол падения плоскости разрыва по разным трещинам на данном участке 40° - 90°;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
237	60.78906	166.657	03.05.06	сейсморазрыв	250	0.5	3.0	60		зияющая трещина по разрыву, азимут трещины 250°, опущено СЗ крыло;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
238	60.79063	166.665	03.05.06	сейсморазрыв	250	0.5-1	3.3	65		зияющая трещина по разрыву, азимут трещины 260°, опущено СЗ крыло;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
239	60.79064	166.6659	03.05.06	сейсморазрыв	250					зияющая трещина по разрыву, азимут трещины 260°; конец GPS трэка, разрыв пересекает дорогу и уходит на С-В (его видимая протяженность мин. 2-3 км);	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
240	60.78983	166.6657	03.05.06	сейсморазрыв	250					место пересечения зимника с кулисой разрыва;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
241	60.79739	166.6972	04.05.06	сейсморазрыв	250					место пересечения зимника с кулисой разрыва;	хребет Останцовый <b>участок 4</b>
243	61.11401	167.1356	05.05.06	сейсморазрыв	185					начало видимой деформации на земной поверхности, простираение СЮ, в т. 246 разрыв поворачивает на СВ; характер подвижки преимущественно взброс с микрондвигами верхних слоев грунта, до т. 247 зияющих трещин и сдвигов нет;	Увалистые горы <b>участок 7</b>



244	61.11415	167.1355	05.05.06	сейсморазрыв	185				43	топопрофиль через взбросовую часть разрыва, В крыло надвинуто и взброшено на 3, макс. взброс деформированного грунта над лежащим крылом 1 м.;	Увалистые горы <b>участок 7</b>
245	61.115	167.1357	05.05.06	сейсморазрыв	190				92	профиль через взбросовую часть разрыва В крыло надвинуто и взброшено на 3, максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 155 см; надвиг верхнего слоя почвы мощностью 40 см. на расстояние 200 см., в целом вдоль разлома крутой взброс; от этой точки до т. 246 локальный изгиб разрыва (азимут 150°);	Увалистые горы <b>участок 7</b>
246	61.11553	167.1353	05.05.06	сейсморазрыв	200				100	профиль через взбросовую часть разрыва В крыло надвинуто и взброшено на 3, максимальный взброс деформированного грунта над лежащим крылом 210 см; от этой точки разрыв с направлением на С меняет азимут простирации на 40°;	Увалистые горы <b>участок 7</b>
247	61.11644	167.1374	05.05.06	сейсморазрыв	230	1	4.0	60	*40	на этом отрезке есть зияющие трещины, разницы высот крыльев трещин в десятки см, но разница не выдержана по простирацию трещин; азимут трещин 320°, азимут взбросов ~200-220°;	Увалистые горы <b>участок 7</b>
248	61.1184	167.142	05.05.06	сейсморазрыв	230	1	3.0	65	280	топопрофиль через взброс, горизонтальный микронадвиг мерзлого грунта на лежащее крыло 160 см (без учета сдвига по линии взброса), между взброшенным и лежащим крылом широкая трещина, которая сужается на глубине 300 см., угол падения плоскости разрыва 60°; далее GPS трэк до конца кулисы сейсморазрыва; азимут простирации на этом отрезке меняется от 230 до 185°; вдоль разрыва большие деформации верхних слоев мерзлого грунта; высота «торосов» из поставленных на дыбы блоков грунта до 3-4 м.;	Увалистые горы <b>участок 7</b>
289	60.82506	166.8009	07.05.06	сейсморазрыв	250	1-1.5	7.5	160	*45	начало новой кулисы разрыва; зияющая трещина по разрыву, азимут трещин 28-300°, азимут взбросовых участков разрыва 200-210°, в целом по разрыву взброс ЮВ крыла; на данном отрезке зафиксирована максимальная амплитуда правого сдвига	хребет Останцовый <b>участок 6</b>
290	60.82504	166.8013	07.05.06	сейсморазрыв	250					участок с микронадвигом между зияющими трещинами, азимут 200-210°;	хребет Останцовый <b>участок 6</b>
291	60.82512	166.8016	07.05.06	сейсморазрыв	250	0.5	6.2	90	*50	зияющая трещина по разрыву, азимут 300°, взброс ЮВ крыла; далее запись GPS трэка до водораздела сопки, откуда	хребет Останцовый <b>участок 6</b>

										видно, что кулиса разрыва протягивается на ЮЗ как минимум на несколько км;	
292	60.80301	166.7161	07.05.06	сейсморазрыв	240					начало нового отрезка с замерами, разрыв пересекает сопки, локальный изгиб сейсморазрыва (азимут 70°), в целом правосторонние сдвиги (ЮВ крыло переместилось на ЮЗ);	хребет Останцовый <b>участок 5</b>
293	60.80405	166.72	07.05.06	сейсморазрыв	240	0.5-2	5.0	160	*25	зияющая трещина шириной 0.5-2 м. по разрыву, азимут трещины 270-280°; азимут раскрытия трещины 220°; трещина ограничена валами-надвигами с азимутом простирания 190°, превышение разных крыльев трещины на разных ее участках;	хребет Останцовый <b>участок 5</b>
294	60.80441	166.7212	07.05.06	сейсморазрыв	240				38**	азимут микронадвига 190°, азимут трещин 270°; максимальная высота микронадвига над СЗ крылом 120 см.;	хребет Останцовый <b>участок 5</b>
295	60.80461	166.7217	07.05.06	сейсморазрыв	250	1	5.0	20		трещина раскрытая с одной стороны до 1 м., с другой стороны крылья сомкнуты, ограничена валами-надвигами; превышение разных крыльев трещины на разных ее участках; азимут раскрытия трещины 220°;	хребет Останцовый <b>участок 5</b>
296	60.80589	166.7278	07.05.06	сейсморазрыв	250					конец трэка, сейсморазрыв уходит дальше через сопки в направлении СВ;	хребет Останцовый <b>участок 5</b>
297	60.79798	166.6983	07.05.06	сейсморазрыв	240					пересечение кулисы сейсморазрыва (GPS 296-292) с дорогой;	хребет Останцовый <b>участок 3</b>
299	60.77725	166.5917	08.05.06	сейсморазрыв	240					крайняя т. GPS трэка вдоль сейсморазрыва, далее одна из его кулис проходит через водораздел в долину р. Вывенки	хребет Останцовый <b>участок 3</b>
300	60.77808	166.5953	08.05.06	сейсморазрыв	240					разрыв с чередованием зияющих трещин с правосторонними сдвигами ЮВ крыла в направлении ЮЗ и валов сжатия с микронадвигами ЮВ крыла;	хребет Останцовый <b>участок 3</b>
301	60.779	166.5955	08.05.06	сейсморазрыв	240					локальный изгиб разрыва на отрезке т.300-301 в практически перпендикулярном общему простиранию направлении (азимут 150°);	хребет Останцовый <b>участок 3</b>
302	60.7793	166.5962	08.05.06	сейсморазрыв	240	1.5	6.5	120	*30-50	зияющая трещина по разрыву, азимут простирания 270°, Ю крыло трещины взброшено на разных участках от 30 до 50 см, С крыло трещины местами превышает Ю на 10-20 см. (деформация верхних слоев грунта); азимут простирания участков с микронадвигами 200°;	хребет Останцовый <b>участок 3</b>
304	60.78276	166.6075	08.05.06	сейсморазрыв	250					начало нового сегмента разрыва; между сегментами на склоне сопки проходит сеть длинных (около 100 м.) трещин в снегу и на земной поверхности с азиму-	хребет Останцовый <b>участок 3</b>

										том простирания 240-250°;	
305	60.78364	166.6116	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.5-1	6.5	50	*30-40	зияющая трещина по разрыву с азимутом 280°, азимут простирания ограничивающих трещины валов с микронадвигами 180-190-200°;	хребет Останцовый участок 3
306	60.784	166.6128	08.05.06	сейсморазрыв	250				22**	азимут простирания микронадвиги 190°; понижение р-фа в сторону ЮВ крыла, максимальное превышение деформированного грунта над СЗ крылом 128 см.;	хребет Останцовый участок 3
307	60.78479	166.6178	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.5-0.8	7.15	90		зияющая трещина по разрыву, азимут 280°; в целом сдвиг ЮВ крыла на ЮЗ;	хребет Останцовый участок 3
308	60.78525	166.6199	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.5	5.0	30		зияющая трещина по разрыву, азимут простирания 280°;	хребет Останцовый участок 3
309	60.78706	166.6465	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.3	4.5	20		зияющая трещина вдоль разрыва, азимут простирания 300°; между т. 308-309 локальный изгиб разрыва (азимут 280°);	хребет Останцовый участок 4
310	60.7882	166.652	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.3	4.5	65		зияющая трещина вдоль разрыва, азимут простирания 245°; замер рядом с т. 234 от 03.05.06;	хребет Останцовый участок 4
311	60.78839	166.6529	08.05.06	сейсморазрыв	250				38**	азимут простирания микронадвиги 190°, максимальное превышение деформированного грунта над СЗ крылом 58 см.;	хребет Останцовый участок 4
312	60.78855	166.6536	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.6	3.5	60	*20	зияющая трещина вдоль разрыва, замер рядом с т. 236 от 03.05.06;	хребет Останцовый участок 4
313	60.78872	166.6549	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.4	5.0	85		зияющая трещина по разрыву, азимут простирания 255°; приподнятое крыло не выдержано по простиранию трещины;	хребет Останцовый участок 4
314	60.78894	166.6568	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.8	3.1	70	*30	зияющая трещина по разрыву, азимут простирания 290°; в целом сдвиг ЮВ крыла на ЮЗ, приподнятое крыло не выдержано по простиранию трещины;	хребет Останцовый участок 4
315	60.7906	166.6649	08.05.06	сейсморазрыв	250	0.8	6.0	65		зияющая трещина по разрыву, азимут простирания 270°, вдоль трещины раскрыт колодец прямоугольной формы;	хребет Останцовый участок 4

**примечания к таблице:**

\* - замер превышения одного крыла зияющей трещины над другим крылом по обе стороны от сейсморазрыва; на участках с преобладающей сдвиговой деформацией по сейсморазрыву (участки 3-6 на рис. 5) величина превышения и превышающее крыло изменяется вдоль простирания трещины; разница высот по крыльям трещин зависит в большей мере от величины деформации верхних слоев грунта на прилегающих к трещине валах сжатия);

\*\* - замер превышения надвинутого крыла над лежащим через вал сжатия, ограничивающий зияющую трещину на участках с преобладающей сдвиговой деформацией по сейсморазрыву

\*\*\* - от этой точки наблюдения и далее все замеры проводились от земной поверхности, а не от поверхности снега (для этого в ряде случаев в снегу делались раскопы и расчистки);

В графе «район» указаны номера участков обследования, показанные на рис. 1, 2, 5, 8;

Таблица 2. Данные замеров превышений В (ЮВ) крыла сейсморазрыва над 3 (СЗ).

GPS точка	Широта, °	Долгота, °	Превышения (см), измеренные:	
			а) на удалении от разрыва, где видимые деформации грунта отсутствуют	б) непосредственно вблизи плоскости разрыва
189	60.55593	166.0356	10-20	30-40
207	60.65914	166.5222	20-40	80
208	60.65987	166.5228	26	40
209	60.66017	166.5232	41	70
211	60.66121	166.5238	101	>100
212	60.6626	166.5264	25	45
213	60.66294	166.527	18	50
214	60.66349	166.5278	23	90
215	60.66616	166.5322	90	90
216	60.67152	166.5348	95	128
220	60.74218	166.6073	32	70
221	60.74119	166.6044	18	140
222	60.74106	166.6042	44	150
226	60.73851	166.5981	60	150-200
229	60.73714	166.5946	80	120
244	61.11415	167.1355	43	100
245	61.115	167.1357	92	155
246	61.11553	167.1353	100	210
248	61.1184	167.142	280	285

серой заливкой показаны замеры от поверхности снега

Таблица 3. Данные о смещениях по плоскости сместителя (взброса)<sup>1</sup>

GPS точка	Широта, °	Долгота, °	Азимут простирания взброса (Az В), °	Угол падения плоскости сместителя (взброса) ( $\sigma$ ), °	Направление горизонтального смещения (Az С), °	Вертикальная амплитуда взброса (h), см.	Горизонтальный надвиг на лежащее крыло (L), см.	Амплитуда смещения ЮВ крыла по плоскости сместителя (s), см.
215	60.66616	166.5322	210	71	300	90	30	95
221	60.74119	166.6044	240	50	330	144	120	187
222	60.74106	166.6042	220	60	310	150	86	173
226	60.73851	166.5981	220	55	310	143	100	175
245	61.115	167.1357	180	51	270	155	126	200
248	61.1184	167.142	210	58	278	280	173	329



<sup>1</sup> Для точек 215-245 нет данных об амплитуде сдвига вдоль линии взброса. Небольшие правосторонние сдвиги в этих точках, вероятно, были, но их не удалось определить однозначно; В точке 248 правый сдвиг по линии взброса составил 65 см, горизонтальный надвиг и направление горизонтального смещения рассчитаны с учетом сдвиговой составляющей.

*Центральная часть магистрального сейсморазрыва* приурочена к ЮЮВ склонам хребта Останцового, разделяющего бассейны рек Вывенка и Авьеваям. По полученным летом 2006 г. данным (Рогожин и др., 2007), общая длина этого отрезка магистрального сейсморазрыва составляет около 40 километров. Во время проведения оперативного обследования автором настоящей статьи детально был изучен примерно 10-километровый отрезок центральной части магистрального сейсморазрыва, общая его протяженность оценивалась в 25-30 км (по визуальным наблюдениям и по результатам дешифрирования космических снимков Landsat-7 ETM от 24.04.2006). Магистральный сейсморазрыв в центральной части проявился в виде серии разрывов длиной от нескольких сотен метров до нескольких километров, расположенных вдоль зоны шириной не более нескольких километров. По отношению к южной и северной частям магистрального сейсморазрыва, центральная часть располагается кулисообразно. На рис. 1, 5 обследованные в маршрутах участки центральной части магистрального сейсморазрыва обозначены под № 3-6. Преобладающий механизм подвижки в центральной части магистрального сейсморазрыва представлен правосторонним сдвигом с амплитудой от 20 до 160 см (таблица 1). Отдельные сейсморазрывы, составляющие центральную часть магистрального сейсморазрыва, в плане представляли собой зигзагообразные линии. Вдоль этих линий участки с микронадвигами грунта чередовались с зияющими трещинами. Ширина трещин варьировала от десятков сантиметров до 1-2 м, максимальная измеренная глубина трещин превышала 7 м. Длина трещин здесь, как правило, превосходила длину надвиговых участков и варьировала в пределах 5-15 м. Участки с микронадвигами (валами сжатия) и зияющие трещины располагались под углами к общему азимуту простирания центральной части магистрального разрыва. Трещины примыкали к надвиговым участкам под углом 90-120 градусов и под углом 20-30 градусов к общему простиранию сейсморазрыва. План небольшого фрагмента одного из сейсморазрывов, составляющих центральную часть магистрального разрыва показан на рис. 6.

Как указывалось выше, магистральный сейсморазрыв состоял из коротких (первые километры) разрывов, между которыми располагались зоны трещиноватости, протяженностью в первые сотни метров и шириной в десятки метров. Они представляли собой сеть субпараллельных друг другу длинных и узких трещин, не замкнутых валами сжатия на концах (рис. 7). Иногда эти зоны трещиноватости пересекались тонкими косыми и не выдержанными по простиранию трещинами. В целом, зоны трещиноватости встречались чаще всего в местах, где сейсморазрыв спускался с горных склонов в долины водотоков либо трассировал промерзшие болота – то есть участки, сложенные довольно мощными рыхлыми и слаболитифицированными отложениями. В целом, трасса магистрального сейсморазрыва проходила по различным формам рельефа, через долины водотоков и склоны гор – вне зависимости от морфологии земной поверхности. Во время маршрутных наблюдений было видно, что лишь отдельные участки сейсморазрывов проходили по линейным элементам, являющимся, вероятно, следами более древних разрывов. Вместе с тем, в эпицентральной области, в особенности на склонах хребта Останцового, на аэрофото- и космических снимках дешифрируется множество древних сейсморазрывов, субпараллельных разрыву Олюторского землетрясения 21.04.06 г. Большинство из них расширены и углублены эрозионными процессами, их края сглажены, однако встречаются и совсем молодые, выглядящие практически так же, как и Олюторский сейсморазрыв. Можно полагать, что они образовались в позднем голоцене, возможно, всего несколько сотен лет назад.

Вдоль зияющих трещин на участках детального обследования №3 и №4, как правило, не было четко выраженного приподнятого или опущенного крыла. Крылья трещин, ограниченных с двух сторон валами сжатия с микронадвигами, часто были расположены друг по отношению к другу как ножницы: на восточном конце трещины было приподнято северное крыло, а на западном конце трещины – южное крыло. Разница высоты крыльев у одного из концов трещины, как правило, не превышала 0.5 м. На участках, где ширина трещин была незначительной (первые десятки сантиметров), «ножницеобразное» расположение крыльев часто не наблюдалось. В этом случае чаще всего высоты крыльев у восточного конца трещины были одинаковы, а у западного конца было приподнято южное крыло трещины – за счет деформации грунта у прилегающего к участку вала сжатия. На участках обследования № 5 и № 6 такой эффект наблюдался реже, как правило разные крылья трещин здесь были либо на одном уровне, либо ЮВ крылья были немного приподнятыми (возможно, за счет общего повышения рельефа на ЮВ).

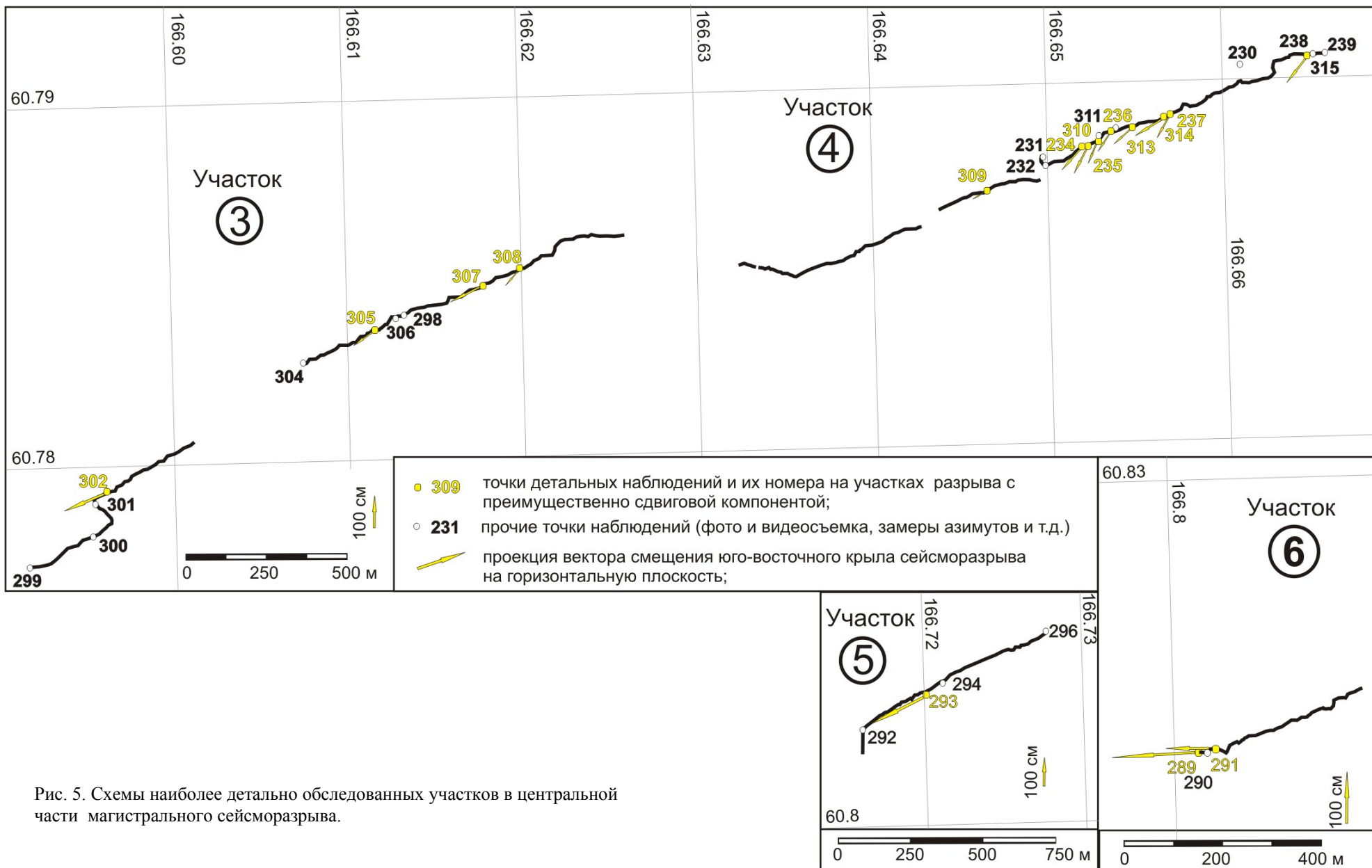


Рис. 5. Схемы наиболее детально обследованных участков в центральной части магистрального сейсморазрыва.

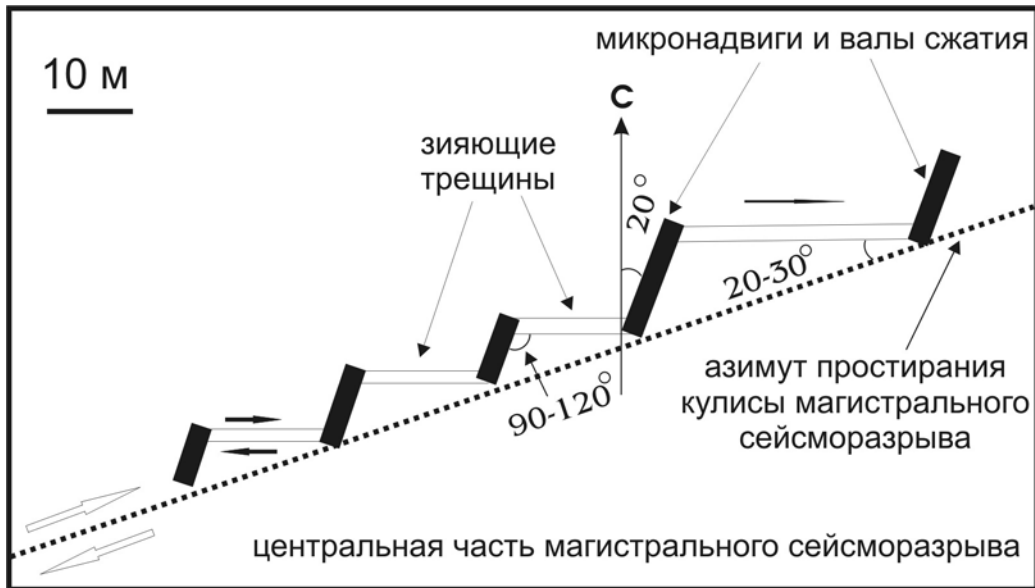
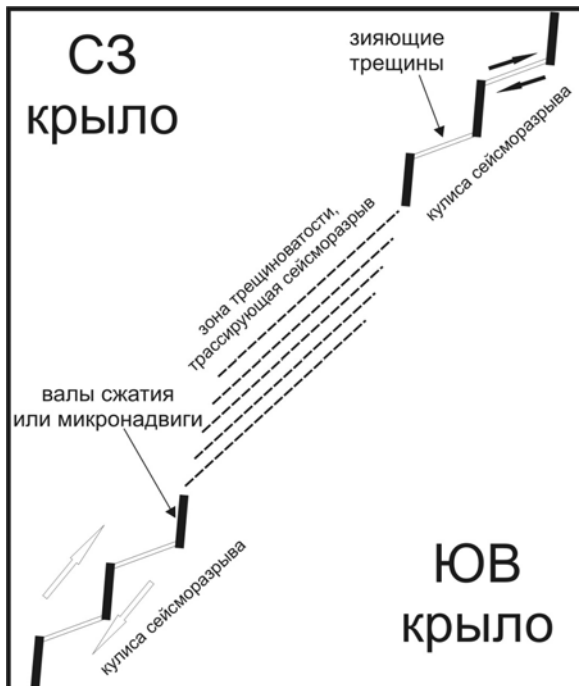


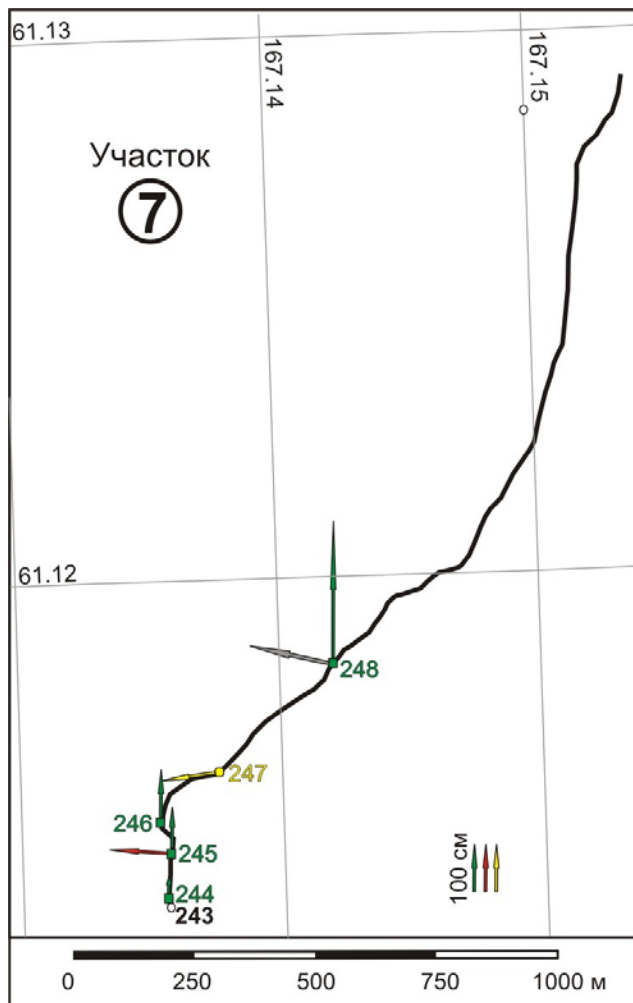
Рис. 6. Схема фрагмента одного из разрывов, составляющих центральную часть магистрального сейсморазрыва, вид сверху.



В целом, характер подвижки на обследованных вдоль центральной части магистрального сейсморазрыва участках № 3-№ 6 представлен почти чистым правосторонним сдвигом.

Рис. 7. Положение зоны трещиноватости между двумя фрагментами магистрального сейсморазрыва.

Северная часть магистрального сейсморазрыва приурочена к западным склонам Увалистых гор и к левому борту долины р. Вывенка. По отношению к южной и центральной частям магистрального разрыва, северная часть образует кулису. По данным летнего обследования 2006 г. (Рогожин и др., 2007), общая протяженность северной части магистрального разрыва составляет около 70 км. Во время оперативного обследования в апреле-мае 2006 г, в силу погодных условий удалось детально обследовать лишь 2-х километровый отрезок северной части сейсморазрыва, а по космическому снимку Landsat-7 ETM от 24.04.2006 уверенно выделить его 10-километровый отрезок (рис. 1). Детально обследованный 2-х километровый участок обозначен под № 7 (рис. 1, 8). Сейсморазрыв на этом участке представляет собой преимущественно взброс В (ЮВ) крыла с небольшой правосдвиговой компонентой. Средний азимут северной части магистрального сейсморазрыва на участке № 7 - ССВ-ЮЮЗ, на южном его отрезке он близок к субмеридианальному. Схема сейсморазрыва в плане показана на рис. 9.



- 246 точки наблюдений и их номера на участках разрыва с преимущественно взбросовой компонентой (взбросы, взбросо-надвиги);
- 247 точка наблюдений и ее номер на участке с зияющей трещиной ограничивающей взброс;
- 243 прочие точки наблюдений (фото и видеосъемка, замеры азимутов и т.д.)
- ↑ амплитуды взбросов, замеры от земной поверхности;
- ↑ а ↓ б горизонтальные амплитуды и направления микронадвигов: а - без учета сдвиговой компоненты вдоль линии взброса; б - с учетом сдвиговой компоненты;
- ↗ проекция вектора смещения юго-восточного крыла сейсморазрыва на горизонтальную плоскость;

Рис. 8. Схема наиболее детально обследованного участка северной части магистрального сейсморазрыва.

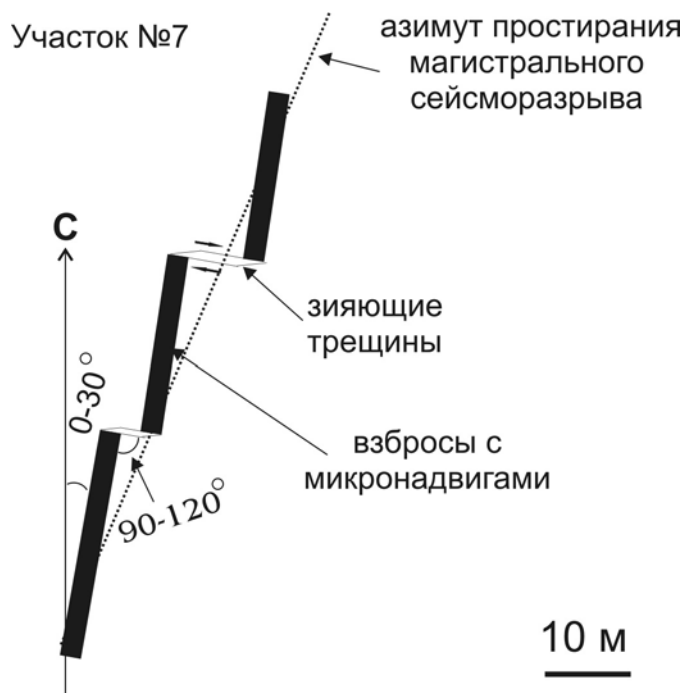


Рис. 9. Схема фрагмента сейсморазрыва на участке детального обследования № 7 в северной части магистрального сейсморазрыва.

Простирание взбросов с микронадвигами располагается здесь под углом  $0-30^{\circ}$  к общему простиранию северной части магистрального сейсморазрыва. Зияющие трещины наблюдаются здесь не везде, а лишь на участках, где простирание взбросов находится под углом к общему азимуту простирания сейсморазрыва, и чем больше этот угол, тем шире зияющие трещины. По отношению ко взбросовым участкам трещины расположены под углами  $90-120^{\circ}$ . В целом на участке обследования № 7, трещины, ограничивающие взбросы с микронадвигами, были короче и уже чем на участках обследования № 3-6. Это можно объяснить преобладанием здесь вертикальной компоненты подвижки над горизонтальной. Максимальная вертикальная амплитуда взброса на участке обследования № 7 была зафиксирована в точке 248 и составила 280 см. (рис. 4). Здесь же по разорванным корням кедрового

стланика удалось измерить амплитуду горизонтального сдвига вдоль плоскости сместителя, отделяющего взброшенное крыло от опущенного, которая составила 65 см. Примерно такие же



величины сдвигов были получены и по зияющим трещинам на этом участке (60-70 см). Данные по всем точкам наблюдений на участке № 7 представлены в таблице 1.

На рис. 4, 10-11 показаны фотографии с общим видом на магистральный сейсморазрыв в южной, центральной и северной его частях.

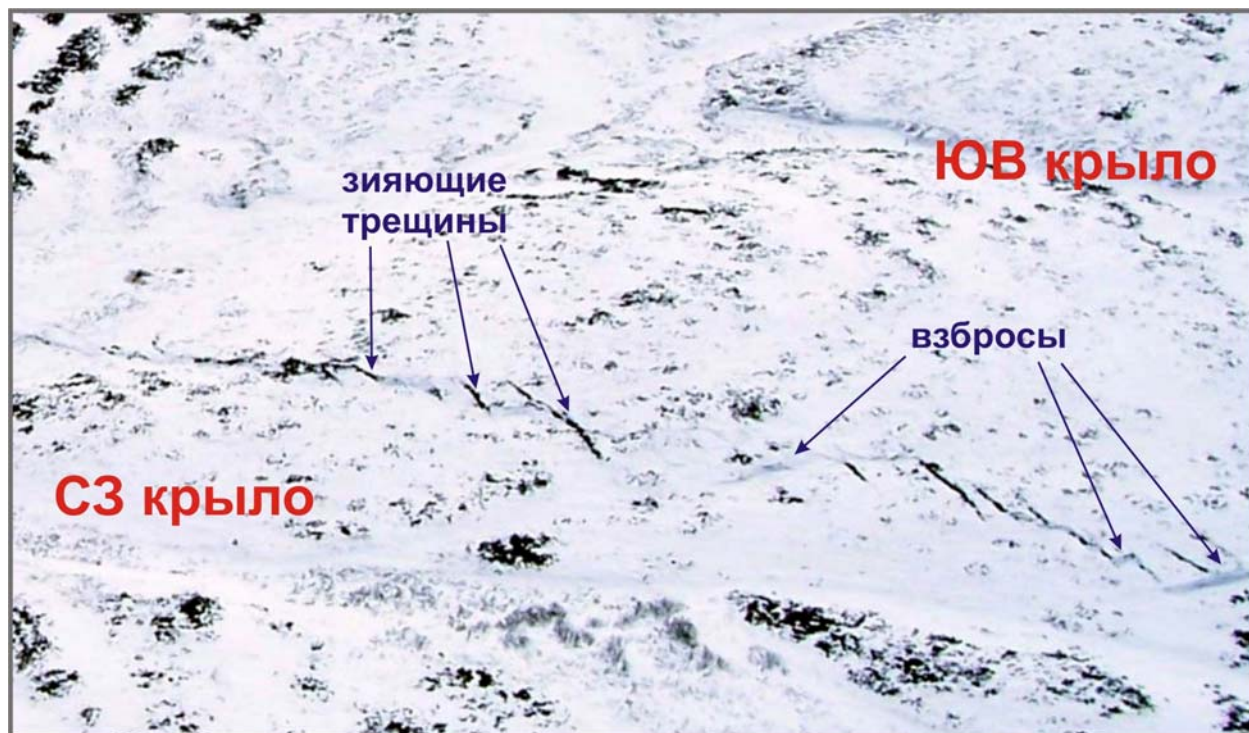


Рис. 10. Вид на магистральный сейсморазрыв с вертолета. Фотография сделана предположительно к северо-востоку от с. Хаилино (фото С.В. Полуэктова).



Рис. 11(а, б, с). Магистральный сейсморазрыв на разных участках обследования.



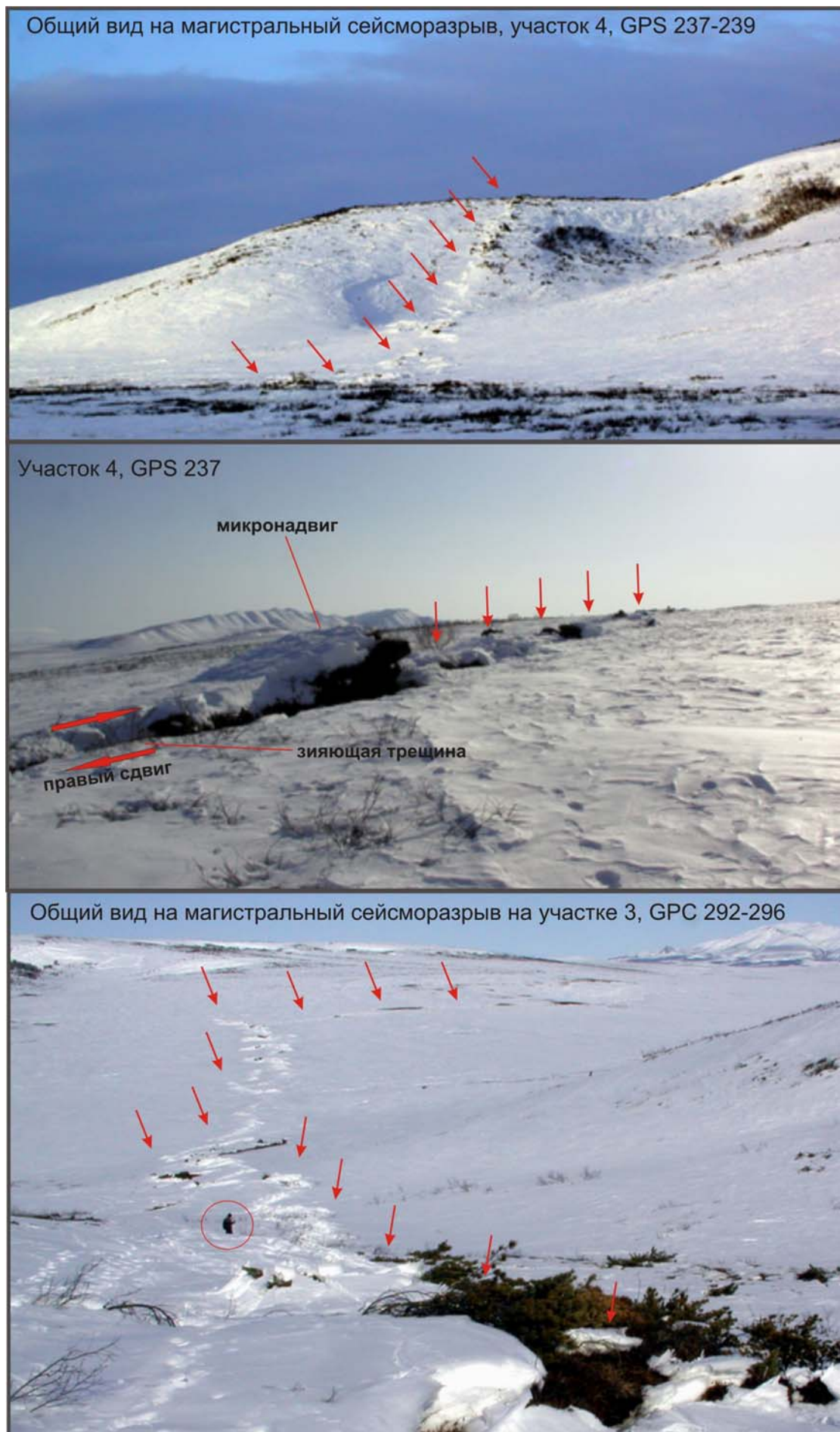


Рис. 11-б. Магистральный сейсморазрыв на разных участках обследования.



Участок 3, общий вид на сейсморазрыв, GPS 301



Участок 5, фрагмент сейсморазрыва, GPS 306-307



Фото. Участок 5, GPS 294



Фото. Участок 7, деформация грунта вдоль взброса, GPS 247-248



Фото. Участок 7, к северу от GPS 248



Фото. Участок 5, одна из зияющих трещин вдоль сейсморазрыва, GPS 293



Фото. Участок 4, чередование надвигов и зияющих трещин по сейсморазрыву, GPS 314-315



Рис. 11-с. Магистральный сейсморазрыв на разных участках обследования.

По полученным данным, большая часть трещин в центральной части магистрального сейсморазрыва на участках наблюдений № 3-6 были раскрыты (т.е. были зияющими), их угол раскрытия отличался от  $90^{\circ}$  (рис. 12). Углы раскрытия трещин, наряду с их ориентацией относительно общего простирания сейсморазрыва, - важный параметр при определении механизма подвижки. На примере участков № 3-6 видно, что при раскрытии трещин под углом  $90^{\circ}$ , амплитуда правостороннего сдвига равнялась бы нулю, и подвижка представляла бы чистый сброс; при отсутствии же раскрытых трещин, направление горизонтальной подвижки по разрыву совпало бы с направлением трещин и соответствовало бы чистому сдвигу.

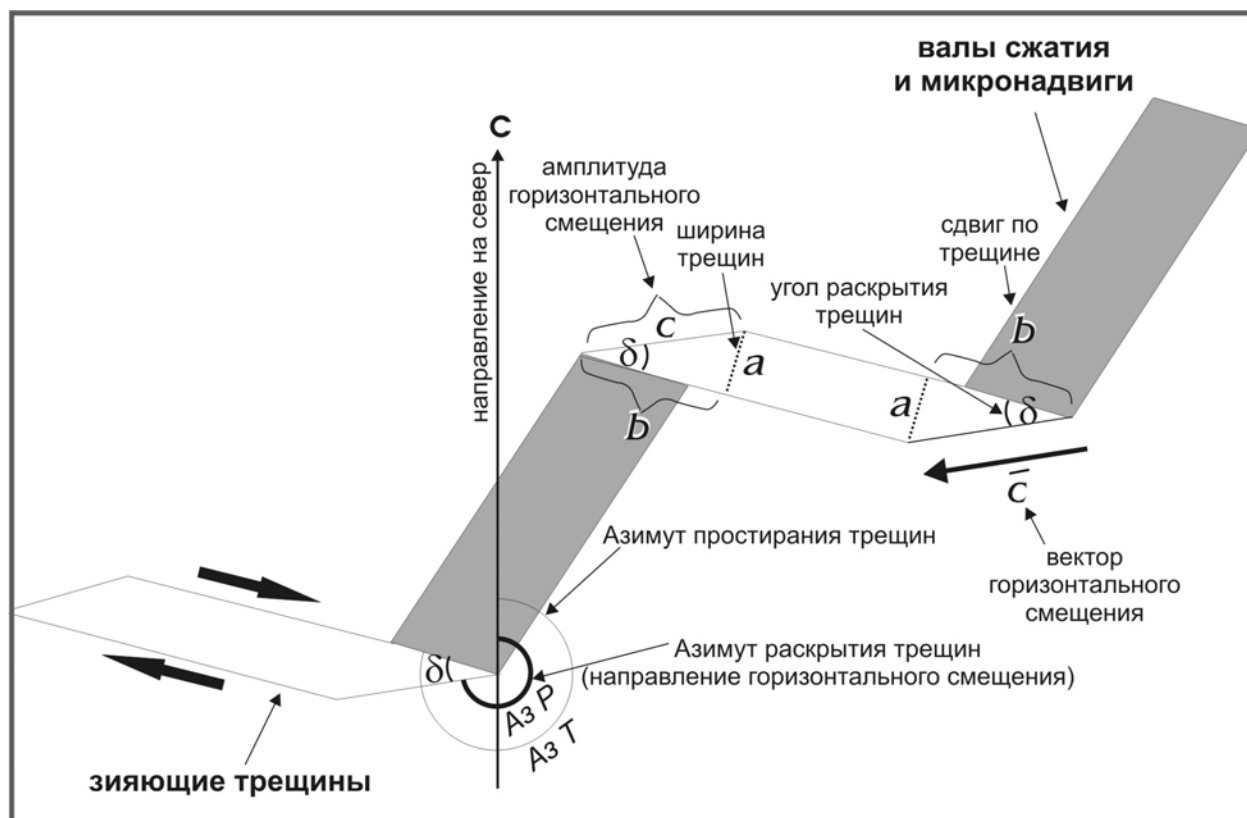


Рис. 12. Расчет векторов горизонтального смещения вдоль магистрального сейсморазрыва. На рисунке схематично изображен фрагмент центральной части магистрального сейсморазрыва с преобладающим сдвиговым характером подвижки.

Зная ширину зияющих трещин ( $a$ ), величину сдвига ( $b$ ) одного крыла трещины относительно другого, мы рассчитали амплитуды горизонтального смещения вдоль разрыва ( $c$ ) по формуле:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Угол раскрытия трещин ( $\delta$ ) находился из соотношения:

$$\operatorname{tg} \delta = a / b.$$

Азимуты простирания зияющих трещин ( $AзT$ ), указанные в таблице и использованные при расчете, были измерены между направлением на север и предполагаемым направлением вспарывания сейсморазрыва на ЮЗ. Направление горизонтального смещения вдоль разрыва (азимут раскрытия трещин  $AзP$ ) находилось как:

$$AзP = AзT - \delta$$

Таким образом, были рассчитаны векторы горизонтального смещения ЮВ крыла сейсморазрыва относительно СЗ крыла (таблица 4). На рис. 5 и 8 эти векторы показаны желтыми стрелками.



Таблица 4. Данные о векторах горизонтальных смещениях на разных участках сейсморазрыва.

GPS точка	Широта, °	Долгота, °	Азимут простирания трещин в точке замера ( $Az T$ ), °	Угол между трещиной и границам с ЮЗ взбросо-надвигом	Ширина трещин ( $a$ ), м.	Правый сдвиг вдоль трещин ( $b$ ), см	Вектор горизонтального смещения ЮВ крыла	
							амплитуда горизонтального смещения ( $c$ ), см	направление смещения ( $Az P$ ), °
234	60.78821	166.652	245	110	0.4-0.5-1	60	78	205
235	60.78824	166.6523	245	110	0.5	60	78	205
236	60.78859	166.6536	250	110	0.45-0.6	60	75	213
237	60.78906	166.657	250	110	0.5	60	78	210
238	60.79063	166.665	260	110	0.5-1	65	82	222
247	61.11644	167.1374	300	120	1	60	117	241
289	60.82506	166.8009	300	90	1-1.5	160	189	267
291	60.82512	166.8016	300	90	0.5	90	103	270
293	60.80405	166.72	280	90	0.5-2 (1.25 в среднем)	160	203	242
302	60.7793	166.5962	270	110	0.5-1.0	120	141	247
305	60.78364	166.6116	280	110	0.5-1	50	70	235
307	60.78479	166.6178	280	110	0.5-0.8 (0.65)	90	111	244
308	60.78525	166.6199	280	110	0.5	30	58	221
309	60.78706	166.6465	300	110	0.3	20	36	244
310	60.7882	166.652	245	110	0.3	65	72	220
313	60.78872	166.6549	255	110	0.3	65	72	230
314	60.78894	166.6568	290	110	0.8	70	106	241
315	60.7906	166.6649	270	110	0.8	65	103	219

Для точки наблюдений 248 удалось измерить амплитуду взброса и сдвига ЮВ крыла по плоскости сместителя и по этим данным вычислить 3-х мерный вектор смещения (рис. 13), таб. 3. Смещение ( $s$ ) висячего крыла составило почти 330 см по плоскости сместителя. Направление горизонтального смещения ( $Az C$ ) составило  $278^{\circ}$ , угол падения плоскости сместителя ( $\sigma$ ) при выходе на земную поверхность составил почти  $60^{\circ}$ .

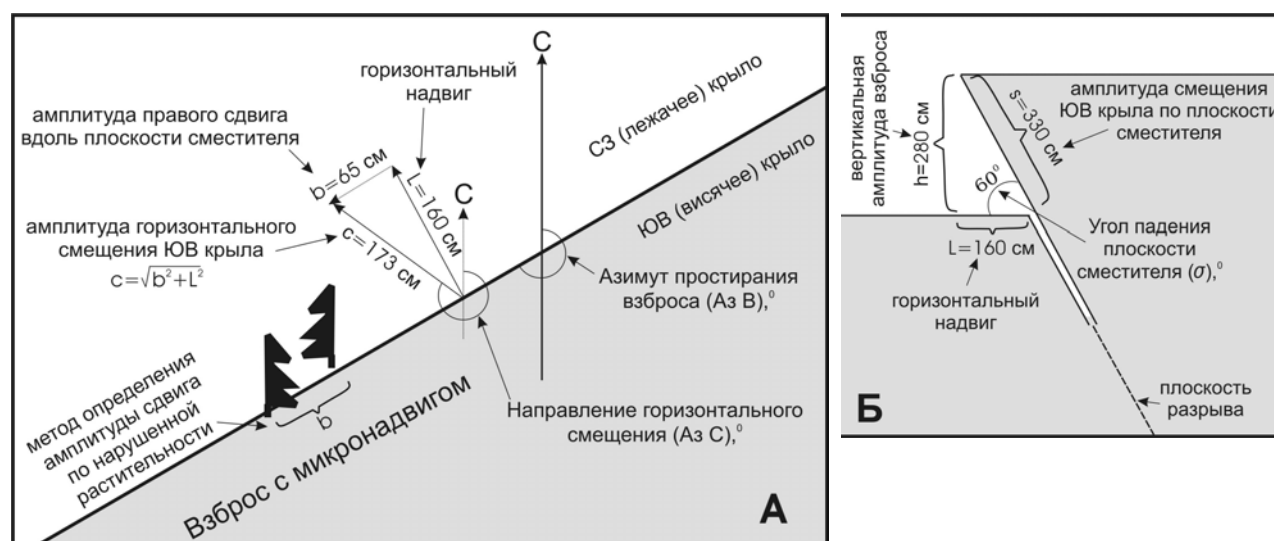


Рис 13. Схема участка сейсморазрыва в точке наблюдения 248 (северная часть магистрального сейсморазрыва, характер подвижки – взброс с небольшой сдвиговой компонентой); А – вид сверху; Б – схематический профиль через разрыв с СЗ на ЮВ.

На основе данных из таблиц 1-4 для южной, центральной и северной частей магистрального сейсморазрыва были построены отдельные роза-диаграммы (рис. 14-16), на

которых показаны средние азимуты простираения магистрального сейсморазрыва <sup>1</sup>(*Аз МР*), азимуты простираения взбросов или валов сжатия (*Аз В*), трещин (*Аз Т*) и направление векторов горизонтального смещения ЮВ крыла вдоль сейсморазрыва (*Аз Р*).

На участках обследования № 1 и 2 зияющие трещины в грунте отсутствовали или были под снегом, и в ходе полевого обследования не было возможности произвести замеры сдвигов по трещинам. По ориентировке тонких трещин в снегу было установлено, что большинство из них практически перпендикулярно направлению простираения магистрального сейсморазрыва, а направление простираения кротовин со взбросами совпадает с направлением магистрального сейсморазрыва (рис. 14). В связи с этим, подвижку на этих участках можно охарактеризовать как практически чистый взброс ЮВ крыла на СЗ.

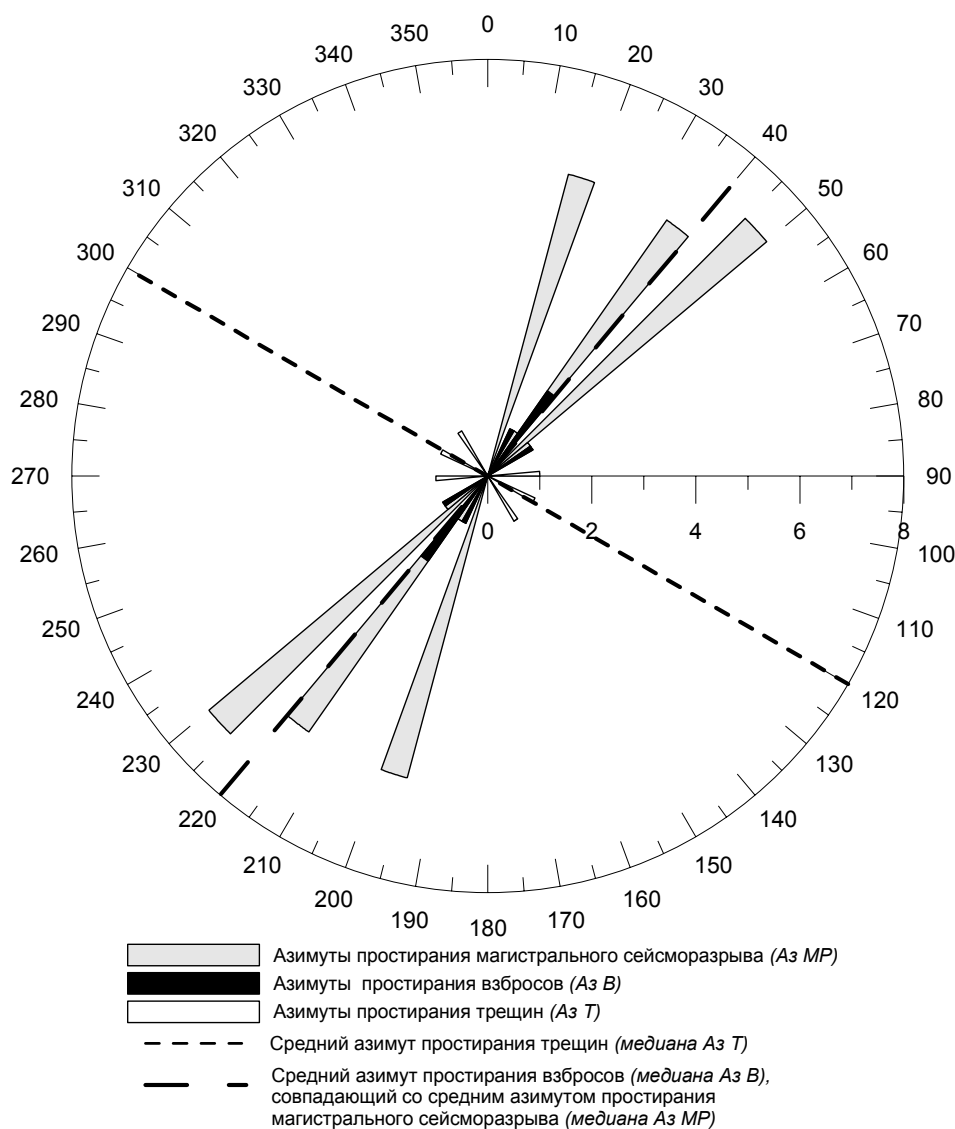


Рис. 14. Роза-диаграмма с параметрами южной части магистрального сейсморазрыва по данным обследования участков № 1-2

В точке наблюдений 228 удалось измерить сдвиг по трещине в снегу. Трещина шириной несколько сантиметров подходила к снежной кротовине под углом близким к прямому и разрывала снежный заструг, разные края которого были смещены друг относительно друга правым сдвигом на 15-20 см. Т.к. раскрытие трещины было небольшим, а вектор горизонтального смещения по трещине был практически перпендикулярен простираению снежной кротовины, очевидно, что сдвиговая компонента вдоль плоскости сместителя на участке составила всего несколько сантиметров.

<sup>1</sup> Средний азимут простираения магистрального сейсморазрыва (*Аз МР*) определялся отдельно для южной, центральной и северной частей магистрального сейсморазрыва как медиана всех азимуты простираения сейсморазрывов в точках наблюдений.

На роза-диаграмме построенной для участков № 3-6 (рис. 15) видно совершенно другое соотношение направлений магистрального сейсморазрыва и его элементов ( $Az B$ ,  $Az T$ ). Направление среднего вектора горизонтального смещения по разрыву отклоняется здесь на небольшой угол ( $20^\circ$ ) против часовой стрелки от среднего направления простираения магистрального разрыва на участках № 3-6. Таким образом, подвижка на этих участках представляла собой правосторонний сдвиг (ЮВ крыло сместилось в ЮЗ направлении) с небольшой сбросовой компонентой. На рис. 5 видно, что направления векторов горизонтального смещения на участках обследования № 3-6 в центральной части магистрального сейсморазрыва в каждой конкретной точке наблюдений немного варьируют. В ряде случаев направление вектора горизонтального смещения в точках наблюдений практически совпадало с простираением сейсморазрыва в данных точках, и характер смещений представлял собой чистый сдвиг.

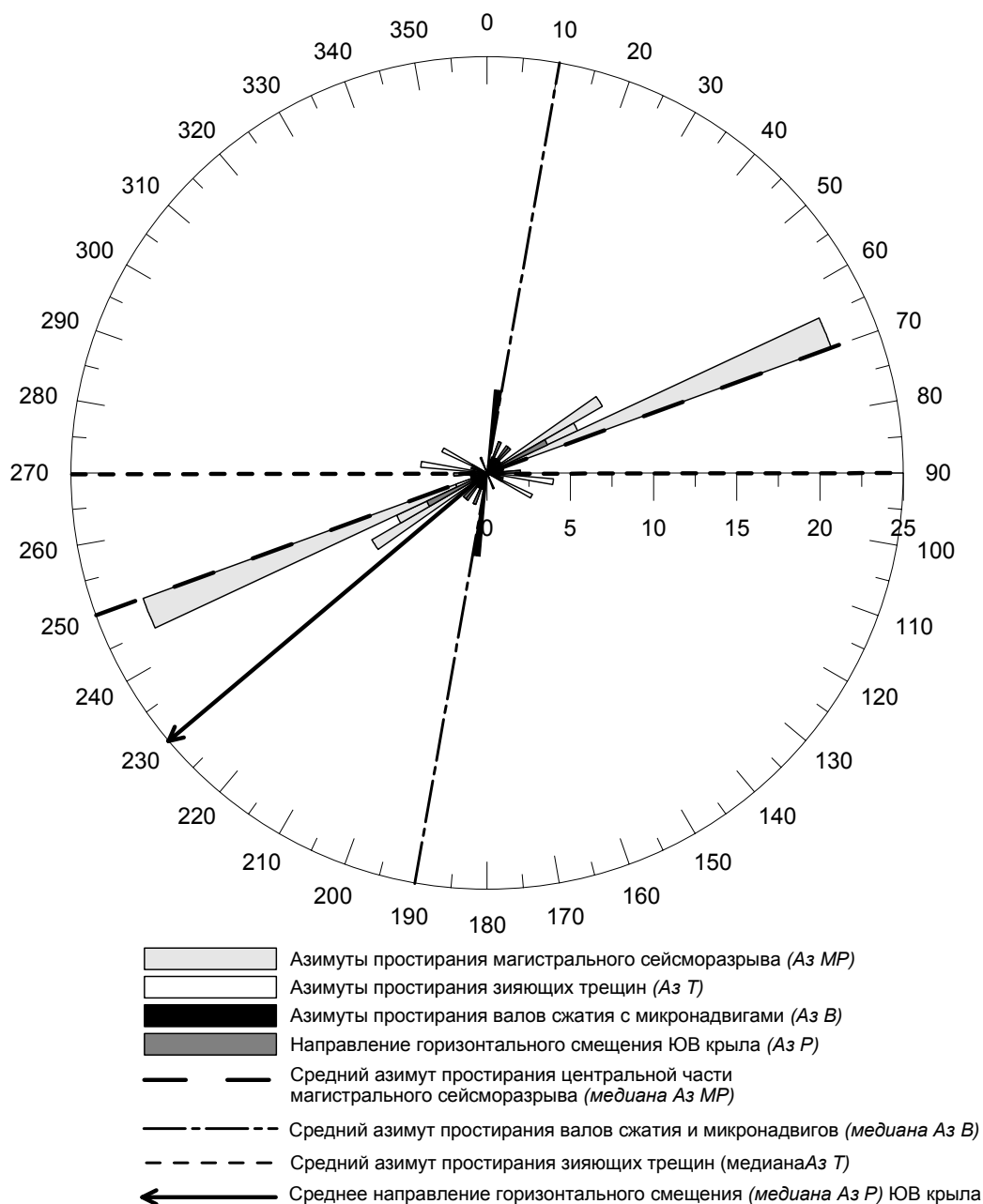


Рис. 15. Роза-диаграмма с параметрами центральной части магистрального сейсморазрыва по данным обследования участков № 3-6

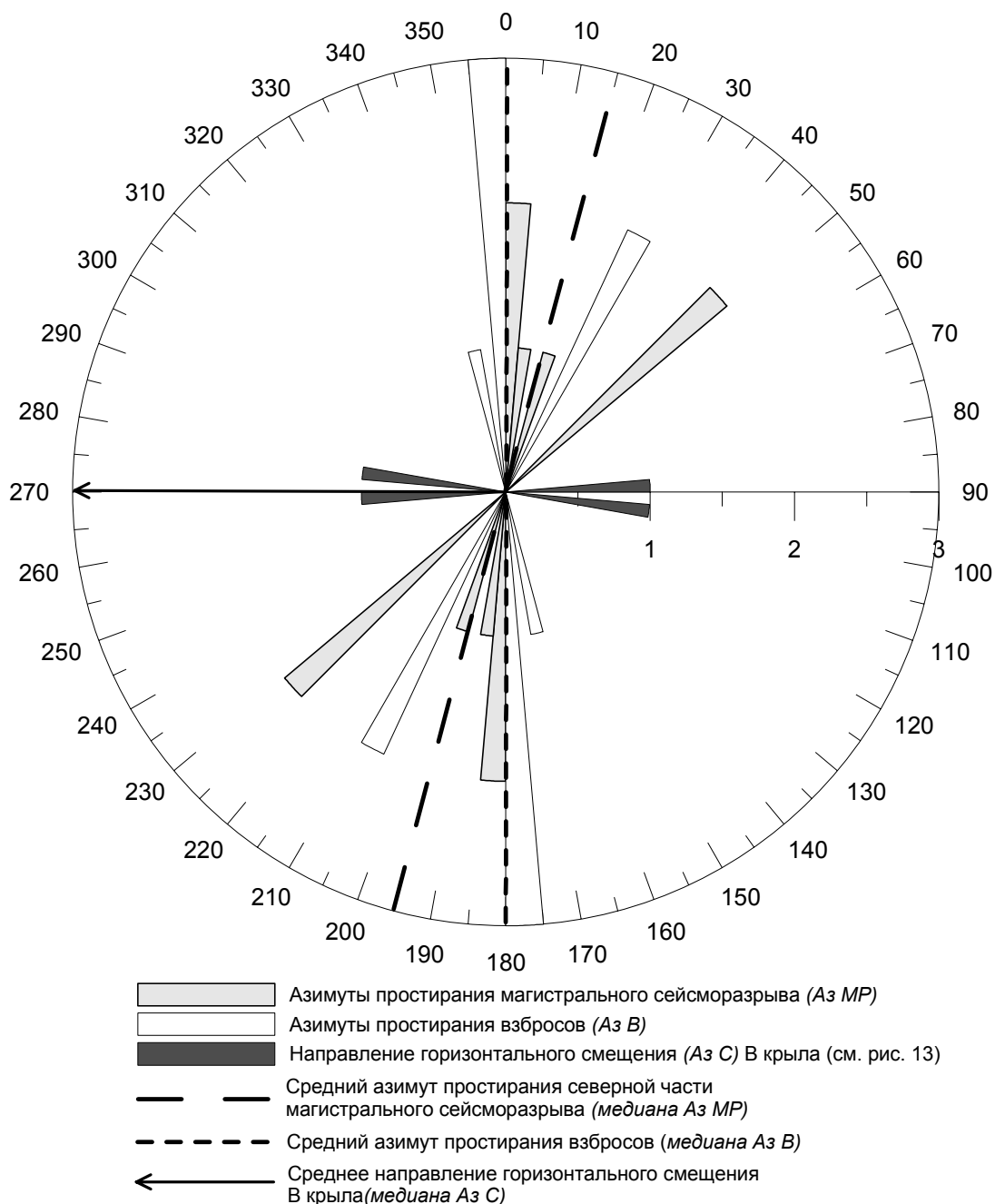


Рис. 16. Роза-диаграмма с параметрами северной части магистрального сейсморазрыва по данным обследования участка № 7.

На роза-диаграмме видно, что на участке № 7 (рис. 16) подвижка по разрыву направлена в среднем под углом  $75^{\circ}$  к общему направлению простираения северной части магистрального сейсморазрыва. Если бы этот угол был равен  $90^{\circ}$ , подвижка представляла бы собой чистый взброс. Подтверждением этому служат полевые наблюдения в точках 243-246. Отрезок сейсморазрыва между этими точками имеет меридиональное направление и перпендикулярен направлению вектора горизонтального смещения. Такая ориентация свидетельствует, что смещения по сейсморазрыву на данном отрезке носят чисто взбросовый характер. Зияющих трещин со сдвиговыми деформациями и сдвигов вдоль плоскости сместителя здесь обнаружено не было. К северу от точки 246, магистральный сейсморазрыв отклоняется от меридионального направления, образуя при этом острый угол с направлением вектора горизонтального смещения (если смотреть в предполагаемом направлении вспарывания разрыва на ЮЗ). При этом характер подвижки по

сейсморазрыву изменяется, кроме взбросовой компоненты здесь появляется небольшой правосторонний сдвиг.

### **Вторичные сейсмогенные нарушения.**

#### ***Сейсмогравитационные дислокации.***

Во время оперативного обследования в эпицентральной зоне было выявлено несколько незначительных по площади свежих осыпей и оползней. Поскольку они не были перекрыты снегом, их образование, скорее всего, было связано с главным событием, либо, что намного менее вероятно, с афтершоками в период с 21 апреля по 2 мая 2006 г. Несмотря на то, что в районе хребта Останцового и Увалистых гор имеются достаточно крутые склоны, сейсмогравитационные нарушения были распространены по площади довольно локально, и по зоне их распространения, в будущем нельзя будет сделать выводы о размерах очаговой области Олюторского землетрясения. Это событие показало, насколько неоднозначной и сложной задачей является изучение древних сейсмических событий по области распространения палеосейсмодислокаций.

Во время полевого обследования в центральной части хребта Останцового практически на водоразделе был выявлен довольно крупный скальный оползень (рис. 17). Координаты оползня 60.6818 с.ш., 166.3625 в.д. Оползень образовался в непосредственной близости от седловины, через которую прошел сейсморазрыв. Высота стенки отрыва скального оползня составила несколько десятков метров. Вершины сопки, прилегающих к оползню, были разбиты сетью зияющих трещин шириной до 5 метров. На фотоснимках, сделанных с вертолета 30 мая 2006 хорошо видно, что по сейсморазрыву, проходящему через сопку в районе скального оползня, произошел левосторонний сдвиг. Фотографии с облетов 19 и 30 мая были любезно предоставлены автору жителем пос. Корф Глебом Катранжи.

Во время проведения оперативного обследования эпицентральной зоны скальный оползень был сфотографирован из долины р. Авьеваям, но непосредственно не изучался в силу его удаленного местоположения. Судя по тому, что оползень граничит с первичным сейсморазрывом, который хорошо виден на фотоснимках, сделанных с вертолета, его можно отнести к грависеймотектоническому (переходному) типу сейсмодеформаций.

Рис. 17. Скальный оползень на водоразделе рек Вывенка и Авьеваям (водораздел ручья Перевального и правого безымянного притока р. Авьеваям) и граничащий с ним сейсморазрыв с левосторонним сдвигом.

Условные обозначения: **1** – скальный оползень с восточной стороны водораздела, вид из долины р. Авьеваям; **2a** - крупная сеймотектоническая (или грависеймотектоническая) трещина, пересекающая седловину водораздела, вид с восточной стороны; **2в** – западное окончание той же трещины на вершине водораздела, на западном склоне трещина замещается сетью разнонаправленных сейсмогравитационных трещин; **3** – стенка отрыва скального оползня, вид с запада (со стороны левого борта р. Вывенка); **4-5** сейсморазрыв, осложненный сейсмогравитационным оползанием; на этом отрезке сейсморазрыв простирается в субмеридиональном направлении вдоль западного склона водораздела, затем изгибается и выходит в долину притока р. Авьеваям; **6** – отседание склона вдоль грависеймотектонической трещины (предположительно на продолжении разрыва **4-5**); **7** – сейсморазрыв с левосторонним сдвигом в долине притока р. Авьеваям (предположительно на продолжении разрыва **4-5**). Амплитуда левого сдвига, судя по фотографиям, составила нескольких десятков см – 0.5 м.



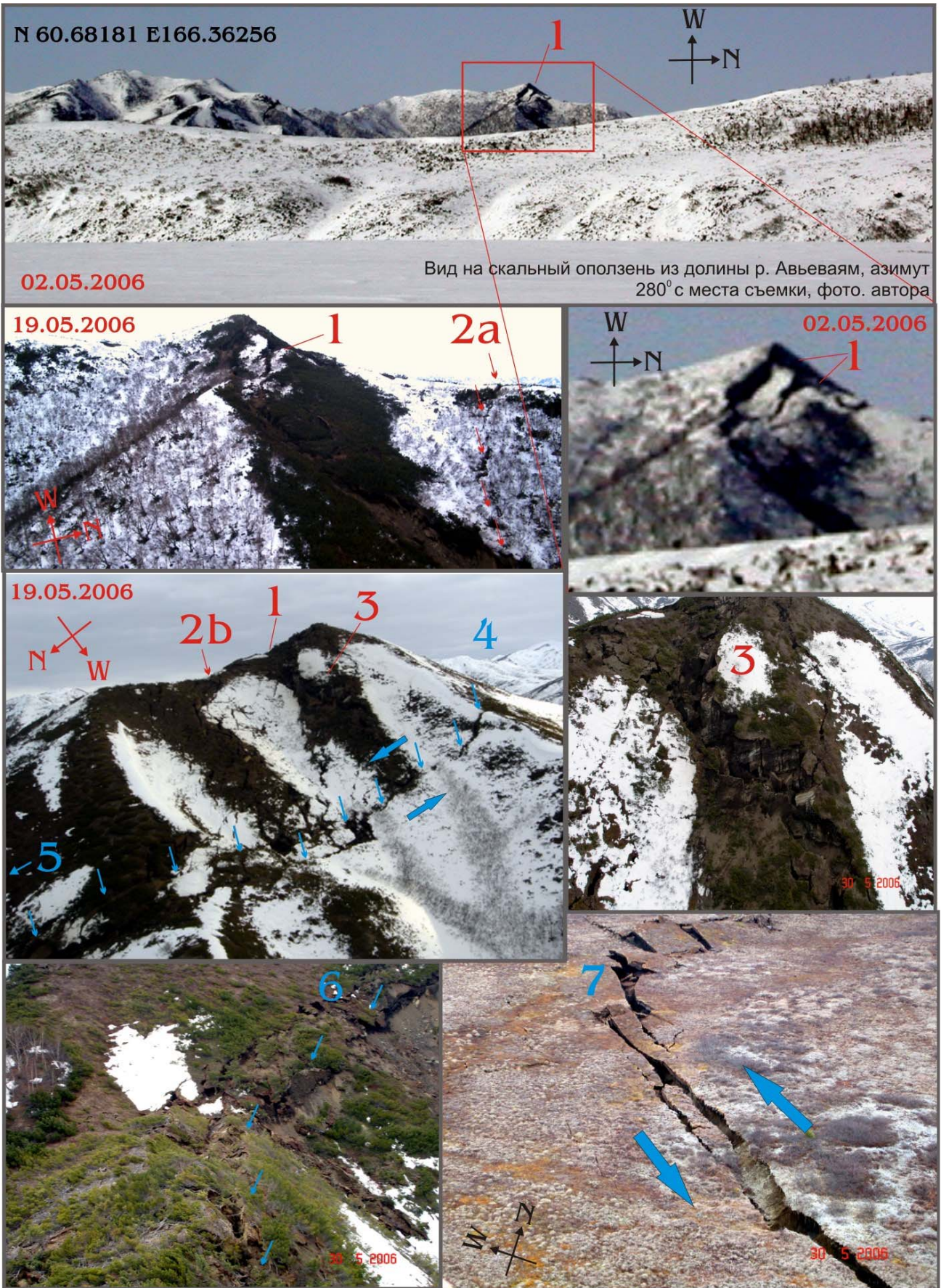


Рис. 17.



## Сейсмовибрационные деформации.

Сейсмовибрационные деформации в эпицентральной зоне проявились практически повсеместно в виде вторичных трещин, просадок, грязевых вулканчиков, возникших в результате сейсмического сотрясения грунта. Распределение сейсмовибрационных деформаций по площади в большой мере контролируется качеством грунта и глубиной залегания грунтовых вод. Так, например, наибольшее количество просадок, грязевых выбросов по трещинам и грязевых вулканчиков наблюдалось на грунтах, способных к тиксотропии. Количество вторичных трещин на единицу площади резко увеличивалось на участках, сложенных осадочными отложениями, и уменьшалось в местах выхода скальных грунтов. Обследование жилых поселков в эпицентральной области показало, что разрушения зданий и коммуникаций, в значительной мере были связаны с сейсмовибрационными нарушениями грунта.

Пос. Корф расположен на морской песчаной косе, протянувшейся с ССВ на ЮЮЗ на 20 км при максимальной ширине 500-600 м. Высота Корфской косы в самом высоком её месте составляет не более 2-х метров над уровнем моря (рис. 18).

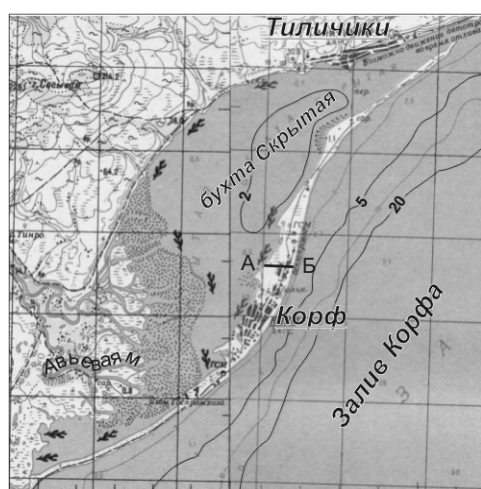


Рис. 18. Схема Корфской косы.



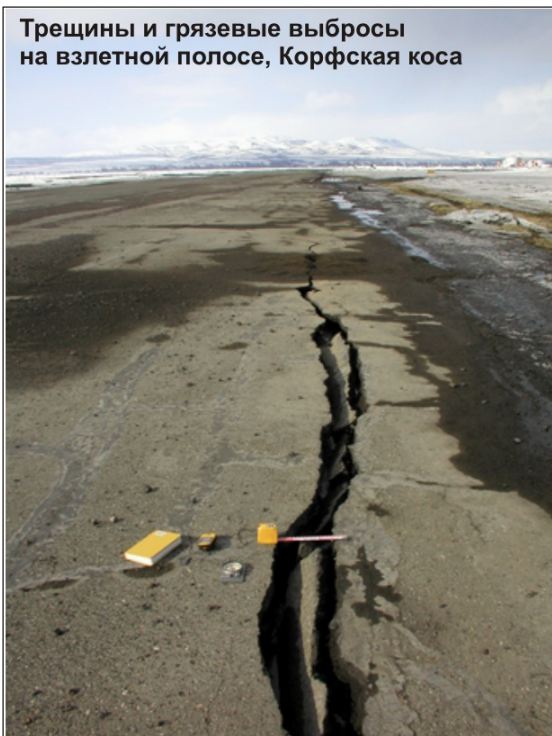
Рис. 19. Схематический разрез через Корфскую косу по линии АБ на рис. 18.

Уровень грунтовых вод в самом высоком месте косы не опускается ниже 1.5-2 м. На более низких участках грунтовые воды находятся на глубине менее 50 см. Материал, которым сложена коса, — преимущественно морские пески разной крупности, подстилаемые лагунными и лиманными алевритами (рис. 19). Мощность морских отложений наибольшая со стороны залива Корф и уменьшается в сторону бухты Скрытая. Высота косы над уровнем моря, так же как и глубина грунтовых вод, уменьшается в сторону бухты. По наличию современного уступа размыва самого молодого берегового вала, превышающего более древние валы, можно сказать, что морской берег косы до землетрясения постепенно размывался. Берег со стороны бухты находился в относительно стабильном состоянии, возможно даже, что здесь происходила аккумуляция за счет осадков, поставляемых р. Авьеваям. Таким образом, коса постепенно мигрировала в западном направлении. Возраст Корфской косы, по оценкам автора, не превышает тысячи лет, а, скорее всего, не более 500 лет. Возраст оценен по маломощному почвенному слою, сформированному в наиболее древней и широкой части косы. Почвенный разрез не содержит вулканический пепел от извержения влк. Ксудач (~230 г.н.э.), присутствующий и идентифицированный автором в более древних разрезах в этом же районе. К моменту землетрясения отложения, слагающие косу, были заморожены на 1-1.5 м. Ниже уровня моря грунт на косе не промерзает и всегда сильно обводнен. Строение и морфология косы оказали большое влияние на распределение здесь разных типов нарушений, связанных с Олюторским землетрясением.

Во время землетрясения на Корфской косе образовалось множество трещин шириной от нескольких сантиметров до 1-1.5 метров и протяженностью до многих сотен метров (рис. 20). Глубина трещин, как правило, не превышала 1-2 м. Наиболее глубокие и широкие трещины наблюдались в местах, лишенных растительности. В восточной части косы многие трещины были



Трещины и грязевые выбросы на взлетной полосе, Корфская коса



А

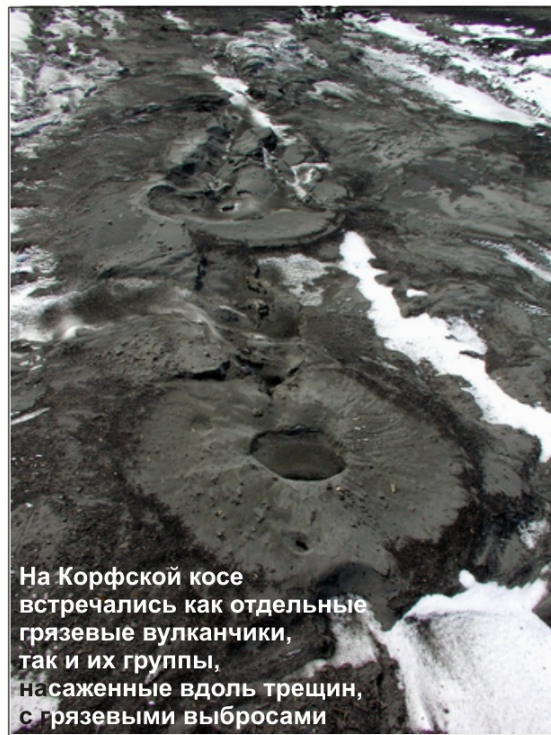


Типичные трещины с провалами на морском побережье Корфской косы



трещина в здании

Крупные трещины, при прохождении под зданиями, рвали стены и фундаменты



На Корфской косе встречались как отдельные грязевые вулканчики, так и их группы, насаженные вдоль трещин, с грязевыми выбросами



В результате землетрясения вдоль западного берега Корфской косы образовался ледяной торос высотой 1-2 м



Грязевые выбросы местами перекрывали целые улицы, мощность отложений достигала 0.5-1 м





Б



Рис. 20 (А, Б). Вторичные косейсмические деформации на Корфской косе.

сухими, а в западной части практически по всем трещинам проступила вода. Вдоль трещин наблюдались грязевые выбросы, их площадь составляла от нескольких сотен м<sup>2</sup> до нескольких км<sup>2</sup>.

На наиболее низких участках косы, особенно с западной стороны, во время землетрясения образовались грязевые вулканчики, из которых на протяжении нескольких минут (до 10-15 минут, по словам местных жителей) происходило излияние разжиженного песка и алевролита, иногда с включением галек угля (неподалеку от Корфа в береговых обрывах обнажаются пласты бурого угля). Высота вулканчиков составляла от нескольких десятков сантиметров до 1 метра, площадь – до 10 м<sup>2</sup>. Высота фонтанирующих выбросов не превышала нескольких метров. Грязевые вулканчики были иногда насажены на крупные трещины. Многие жители отметили «фонтаны» в бухте (глубина бухты 1-2 м) и в заливе на мелководье. Вода вокруг подводных грязевых вулканчиков помутнела и напонила, по словам очевидцев, «кофе с молоком». Разжижение грунта в районе косы и на прилегающей акватории, скорее всего, было связано с наличием на незначительной глубине сильно обводненных алевролитистых осадков. Эти осадки составили значительную часть отложений грязевых выбросов из трещин и из вулканчиков. Большое количество таких выбросов наблюдалось в западной части косы, где мощность морских разнородных песков, перекрывающих лагунные отложения, была наименьшей. Практически все подвалы домов в пос. Корф были залиты водой с песком, в с. Тилички (см. ниже) таких случаев не зафиксировано.

Мощность льда в бухте Скрытой до землетрясения составляла 1 - 2 м. Во время землетрясения он был разбит, а вдоль всего западного берега косы образовался ледяной торос высотой до нескольких метров (рис. 20).

В местах, где наблюдались наибольшие по площади грязевые выбросы, после окончания морозного периода стали происходить массовые просадки грунта. На рис 21. показан участок косы, испытывавший наиболее сильные опускания в связи с просадкой грунтов (летние и осенние фотографии предоставлены автору жителем пос. Корф Глебом Катранжи). Судя по фотографиям, амплитуда просадки составила на данном участке 30-50 см. Размер зоны просадок, представленной на фотографии, примерно 200 x 1000 м. Со стороны бух. Скрытой во время осенних штормов на просевшей поверхности косы был сформирован новый штормовой песчаный вал. Таким образом, по крайней мере в течение полугодия после землетрясения западный берег косы находился в стадии переформирования. Со стороны Корфского залива конфигурация косы после землетрясения не изменилась. По данным Глеба Катранжи, к зиме 2006 г. большая часть трещин, образованных на косе после землетрясения «затянулась», за исключением самых длинных и глубоких трещин ЮЮЗ простирания. Этот процесс связан, вероятно, с тем, что стенки трещин были сложены рыхлым морским песком, который сползал в трещины во время весеннего снеготаяния и во время сильных дождей в летний и осенний периоды.

Основные данные по сейсмовибрационным нарушениям, полученные во время проведения обследования на Корфской косе, приведены в таблице 5.

Село Тилички расположено на низкой террасе, сложенной песчано-галечными и валунно-галечными отложениями. В связи с этим, разжижение грунтов произошло здесь только в южной части села, где локально залегал торф, подстилаемый, судя по грязевым выбросам, алевролитами, сходными по виду с лагунно-лиманскими отложениями. Основной тип косейсмических нарушений, выявленных здесь в ходе обследования, составили трещины в грунте, по которым иногда наблюдались локальные просадки. Данные замеров по трещинам в с. Тилички представлены в таблице 5.

Помимо пос. Корф и Тилички, были собраны данные по вторичным нарушениям вдоль зимней дороги от пос. Тилички на пос. Ветвей (до переправы через р. Вывенку), на участке от пос. Тилички до косы Конохвал, вдоль зимника от с. Тилички до с. Хаилино и к северу от Хаилино до Увалистых гор. Эти данные также представлены в табл. 5. На участке Тилички-Ветвей крупные трещины, иногда с выбросами грязи, встречались в долине р. Вывенка. Особенно много трещин наблюдалось на ее пойме. Лед на р. Вывенка потрескался во многих местах, у левого берега образовался торос. Подобные же торосы наблюдались и на водотоках, пересекаемых дорогой Тилички-Хаилино. Крупные трещины и грязевые выбросы приурочены главным образом к пойме р. Аввеваям и к поймам впадающих в нее водотоков. На крутых склонах гор и уступах террас часто наблюдалось оползание и дробление снега. В снегу встречались трещины до 1-2 м. шириной. На косе Конохвал, сходной по инженерно-геологическим условиям с Корфской косой, вторичные сейсмовибрационные нарушения имели аналогичный характер.



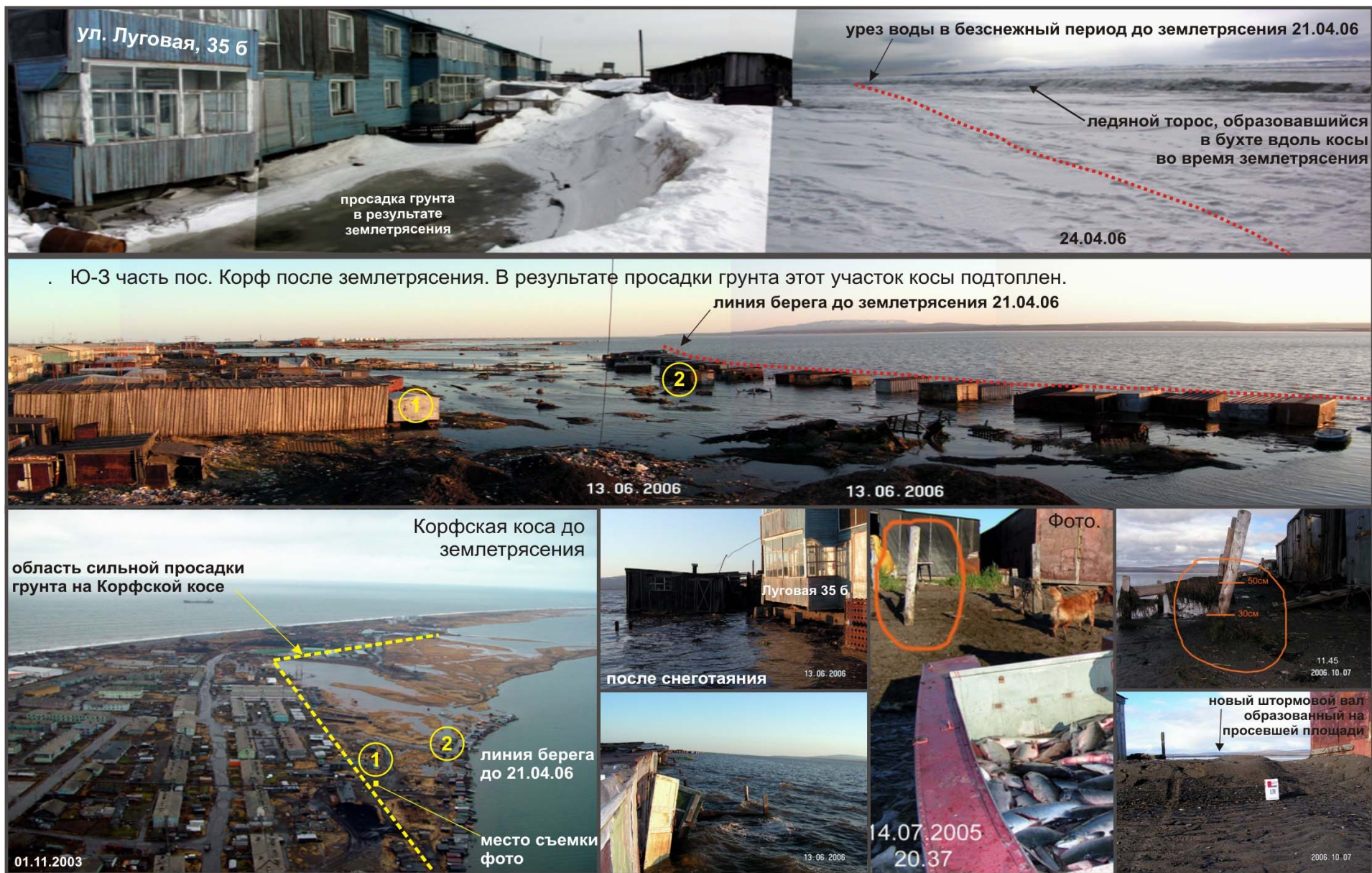


Рис. 21. Просадки в результате разжижения грунта на территории пос. Корф и вызванные ими эффекты

Таблица 5. Данные о вторичных нарушениях на обследованных участках эпицентральной зоны

GPS точка	Широта, °	Долгота, °	Дата обследования	Объект	Азимут прости- рания, °	<sup>1</sup> Шири- на, м	<sup>2</sup> Глуби- на, см	Краткое описание	Район
002	60.38013	166.02759	23.04.06	трещина	140	0.25	50	трещина длиной более 50 м, проходит через бетонное здание спортзала, по земле и через стены и фундамент дома по ул. Пи- лота 28а	Корф
004	60.38011	166.02888	23.04.06	трещина	160	0.2		грязевой выброс шириной 1 м и длиной более 10 м из трещины на берегу залива	Корф
005	60.38006	166.02824	23.04.06	трещина	20	0.3	100	длина более 30 м, далее сужается и исчезает	Корф
006	60.38479	166.02577	23.04.06	грязевой выброс	28	100		площадь ~100x100 м <sup>2</sup> , обводненный песок изливался как по трещинам, так и из грязевых вулканов на взлетной полосе	Корф
007	60.38575	166.02548	23.04.06	трещина	20			поперечные и косые трещины на взлетной полосе, многочислен- ные просадки взлетного поля	Корф
008	60.38344	166.02412	23.04.06	грязе- войвыб- рос	20	0.5		на продолжении трещины на взлетном поле	Корф
009	60.38337	166.02417	23.04.06	трещина	20	0.05	30	одна из трещин на взлетном поле, длиной около 100 м; на про- должении - грязевые вулканчики; вода на глубине 20-30 см, иногда на поверхности	Корф
010	60.38299	166.02453	23.04.06	трещина	0	0.4	100	середина трещины общей длиной более 100 м, из нее местами грязевые выбросы, на нее насажены вулканчики	Корф
012	60.38868	166.03047	23.04.06	трещина	20	0.22	50	нарушения дороги с бетонными плитами, трещины до 40 см шириной, плиты разошлись	Корф
013	60.38108	166.02641	23.04.06	просадка	0	2	50	просадка грунта у сарая, к ней подходят трещины С-Ю направ- ления длиной 50 м и шириной до 20 см	Корф
014	60.38561	166.03247	24.04.06	трещина	20	0.13	100	длина - первые сотни м, параллельна морю, вдоль трещины про- валы во льду	Корф
016	60.39855	166.03371	24.04.06	грязевой выброс	0	50		несколько трещин С-Ю направления, по ним выбросы песка, насажены отдельные грязевые вулканчики	Корф
017	60.39859	166.03409	24.04.06	грязевой выброс	20			площадь около 10x10 м, в отложениях 4 типа песков разного цвета и состава, отобраны образцы	Корф
018	60.39808	166.03461	24.04.06	трещина	0	0.6	100	по трещине просадки грунта и снега шириной до 2 м, длина трещины десятки метров	Корф
019	60.39780	166.03483	24.04.06	трещина	30	0.4	100	на конце расходится на сеть мелких трещин	Корф

<sup>1</sup> указана ширина трещин на земной поверхности, глубже они, как правило, сужаются;

<sup>2</sup> указана минимальная глубина трещин, до глубины на которой они сильно сужаются;

020	60.39754	166.03520	24.04.06	трещина	20	0.2	150	глубина трещины в снегу 75 см и в земле 75 см, рядом сеть параллельных трещин	Корф
021	60.39728	166.03701	24.04.06	трещина	0	0.20	30	трещина зигзагообразная, с оперяющимися трещинами	Корф
022	60.39728	166.03701	24.04.06	трещина	20	0.3	130	длина более 100 м	Корф
023	60.39729	166.03741	24.04.06	просадка	0	2	150	просадка вдоль трещины С-Ю направления	Корф
024	60.39737	166.03757	24.04.06	трещина	0	0.2	100	зигзагообразная трещина на пляже, тут же множество просадок	Корф
025	60.39733	166.03795	24.04.06	трещина	0			берег моря, множество трещин на льду и на пляже глубиной до 1 метра	Корф
026	60.39152	166.03109	24.04.06	трещина	0	0.25	50	нарушение дорожного полотна с бетонными плитами, сеть продольных и косых волосяных трещин в бетоне; продольные трещины шире	Корф
028	60.36904	166.01261	24.04.06	грязевой выброс	20	100		начало ул. Индустриальной, множество грязевых вулканчиков; грязевые отложения мощностью до 70 см перекрывают большую часть улицы	Корф
029	60.36928	166.01265	24.04.06	грязевой вулканчик	20	5	20		Корф
030	60.37168	166.01568	24.04.06	грязевой выброс	30	20		сарай у дома по ул. Северная, д.39 залит песком на высоту 50 см	Корф
031	60.37171	166.01536	24.04.06	трещина	30	0.3	30	длина десятки метров, по трещине выброс песка	Корф
032	60.37196	166.01424	24.04.06	грязевой выброс	20	0.5		вулканчики и грязевые отложения состоят из разных по цвету и гранулометрическому составу песков (есть рыжий песок) и ила	Корф
034	60.37215	166.01304	24.04.06	трещина	20	0.3	30	на всем протяжении трещины отложения грязевых выбросов, отдельные грязевые вулканчики	Корф
038	60.37010	166.01983	25.04.06	трещина	20	0.1	100	берег залива к северу от Корфа; трещин становится меньше, они уже и без грязевых выбросов; глубокие трещины и вулканчики приурочены к берегу бухты, а на берегу залива их меньше	Корф
040	60.36958	166.01763	25.04.06	трещина	0	0.8	100	длина десятки метров	Корф
042	60.36661	166.01328	25.04.06	трещина	40	0.1	100	трещина проходит через бетонное строение, грязевых выбросов нет	Корф
043	60.36627	166.01356	25.04.06	трещина	0	0.1	50	трещина длинная и тонкая, без грязевых выбросов	Корф
044	60.36609	166.01364	25.04.06	трещина	0	0.2	30	трещина загибается кольцом, края рваные, проходит через дом	Корф
045	60.36608	166.01372	25.04.06	трещина	0	0.35	100	трещина сухая (без воды), без грязевых выбросов, проходит под домом и через стены и фундамент дома	Корф
046	60.36575	166.01402	25.04.06	трещина	20	0.2	160	длина около 100 м, проходит под строениями	Корф
047	60.36745	166.00978	25.04.06	грязевой вулканчик	0	1.5		в понижении за зданием ДЭС множественные просадки, вулканчики, грязевые выбросы большой площади	Корф
048	60.36779	166.00846	25.04.06	грязевой выброс	40	200		промерзшее болото, множество грязевых выбросов и излияний воды;	Корф

050	60.36679	166.01091	25.04.06	трещина	130	20	30	трещина с выбросом песка и алеврита за складом КГД	Корф
051	60.35869	165.99889	25.04.06	трещина	30	0.01		у емкостей ГСМ (на 20 тонн каждая), совершенно никаких нарушений залитых бетонных оснований нет; марка бетона визуально намного качественней, чем бетон, использованный для ангаров на аэродроме; рядом с емкостями редкая сеть тонких трещин в снегу С-Ю направления	Корф
052	60.35758	165.99873	25.04.06	трещина	60	0.02		берег залива, сеть мелких трещин в снегу, грязевых выбросов нет; по направлению к берегу бухты кол-во трещин увеличивается, появляются грязевые выбросы	Корф
054	60.35633	165.99287	25.04.06	грязевой выброс	0	0.5		место появления грязевых выбросов, ближе к морю - только сеть тонких трещин в снегу	Корф
055	60.35657	165.99236	25.04.06	трещина	150	0.4	100	с выбросом песка и алеврита по краям	Корф
056	60.35680	165.99137	25.04.06	грязевой выброс	0	400		площадь несколько км <sup>2</sup> , из трещин и из вулканчиков выбросы галек угля диаметром до 10-15 см (явление в Корфе довольно распространенное)	Корф
080	60.36579	166.01068	26.04.06	грязевой вулканчик	35			отбор образцов песка и алеврита	Корф
082	60.43214	166.08173	27.04.06	трещина	20	0.02	50	трещин много, они преимущественно тонкие, грязевых выбросов и вулканчиков нет	Тиличики
084	60.43120	166.07710	27.04.06	трещина	30	0.05	20	длина несколько десятков метров	Тиличики
085	60.43146	166.07569	27.04.06	трещина	170	0.03	30	три субпараллельные трещины	Тиличики
087	60.43059	166.07335	27.04.06	трещина	0	0.03	20	трещина между сараем и домом в почве и насыпном грунте, на стенах дома не видно	Тиличики
089	60.43150	166.07188	27.04.06	трещина	0	0.02	30	длина 20 м	Тиличики
093	60.43084	166.06896	27.04.06	трещина	0	0.3	20	трещина на склоне террасы, заполнена выдавленными из нее супесью и гравием	Тиличики
095	60.65524	166.04301	28.04.06	трещина	30	0.6	70	по трещине текут талые воды, по дороге много трещин в снегу и на льду	дорога Тиличики - Ветвей
096	60.72471	166.13820	28.04.06	трещина	100			множество трещин во льду и на снегу	дорога Тиличики - Ветвей
097	60.73361	166.16355	28.04.06	трещина	65	0.5	140	видимая протяженность – около 100 м; в этом р-не много подобных трещин в земле с глубиной до 1 м	дорога Тиличики - Ветвей
098	60.73443	166.16393	28.04.06	трещина	40	0.05	150	по трещине выброс суглинка с гравием	дорога Тиличики - Ветвей



099	60.73522	166.16784	28.04.06	трещина	75	0.1	50	длина более 100 м, множество субпараллельных трещин; выбросы суглинка и супеси из трещины (отобран образец)	дорога Тиличики - Ветвей
100	60.73618	166.17148	28.04.06	трещина	55			пойма р. Вывенка в месте впадения в нее р. Ветвей (переправа КГД); множество трещин во льду и на пойме, грязевые выбросы; на реке во время землетрясения образовался ледяной торос высотой более 1 м, он протягивается вдоль берега	дорога Тиличики - Ветвей
101	60.73680	166.16705	28.04.06	трещина	20	0.2	100	трещины пересекают дорогу каждые 20-50 м (долина р. Вывенка), из них грязевые выбросы	дорога Тиличики - Ветвей
102	60.43026	166.06537	29.04.06	трещина	160	0.02		трещины вдоль 40-м террасы	Тиличики
104	60.42915	166.06348	29.04.06	трещина	120	0.02	20	трещина в снегу (ширина 2-3 см) и в бетонном фундаменте 1-2 см	Тиличики
106	60.42897	166.06197	29.04.06	трещина	170	0.02	20	разворот деревянной постройки туалета над трещиной относительно деревянного основания против часовой стрелки на ~20-30°	Тиличики
114	60.42724	166.05717	29.04.06	трещина	0	0.02	20	проходит через угол дома, у стены дома по трещине грязевой выброс	Тиличики
115	60.42715	166.05711	29.04.06	трещина	30	0.15	20	разорваны фундаменты домов, между домами по трещине грязевые выбросы	Тиличики
117	60.42666	166.05544	29.04.06	трещина	20	0.03	10	сеть трещин замьта, глубина изначально была больше; трещины секут бетонный фундамент (ул. Набережная 12)	Тиличики
123	60.42821	166.05430	29.04.06	трещина	20	0.02	10	трещина через дорогу, частично замьта талыми водами	Тиличики
124	60.42788	166.05486	29.04.06	трещина	70	0.05	10	трещина в земле и в фундаменте административного здания	Тиличики
127	60.42634	166.05422	29.04.06	трещина	60	0.1	30	от трещины отходит много оперяющих трещин	Тиличики
128	60.42622	166.05389	29.04.06	трещина	85	0.07	40	проходит от сильно разрушенной котельной к жилому дому	Тиличики
130	60.42602	166.05350	29.04.06	трещина	30	0.05	30	ул. Набережная 1, отделение Федерального Казначейства, трещина проходит под здание и сечет фундамент и стену	Тиличики
132	60.42550	166.05259	29.04.06	трещина	150	0.15	70	здание милиция, трещины на здании по всем углам	Тиличики
134	60.42534	166.05289	29.04.06	трещина	90	0.1	100	у здания милиции трещина с просадкой, в центральной части провал с пустотой (грунт проморожен), уровень грунтовых вод на глубине около 1 м от поверхности	Тиличики
135	60.42545	166.05333	29.04.06	трещина	0	0.15	50	у здания милиции, по трещине образовался зазор между фундаментом и грунтом шириной 5-10 см	Тиличики
141	60.43973	166.13544	29.04.06	грязевой выброс	30	1.5		грязевой поток по трещине, длина 50 м; трещина проходит по дороге без покрытия на спуске от бывшего пос. Кирпичики к берегу залива	Тиличики - 4 участок
142	60.44022	166.15080	29.04.06	трещина	110	0.4		трещины вдоль склонов террас	Тиличики - 4 участок

143	60.43984	166.15371	29.04.06	трещина	100	2	250	множество трещин разного направления, преимущественно вдоль берега, выбросы песка, просадки; песок на косе проморожен и выглядит как битая тарелка	Тиличики - 4 участок
144	60.44193	166.19218	29.04.06	трещина	100	2	200	множество трещин разного направления, преимущественно вдоль берега, по ним выбросы песка, просадки	Тиличики - 4 участок
145	60.42851	166.05125	30.04.06	трещина	100	0.05	50	пересекает дорогу на плато	Тиличики
147	60.42732	166.05012	30.04.06	трещина	110	0.05	20	выходит на здание котельной	Тиличики
151	60.42656	166.05013	30.04.06	трещина	80	0.1	105	с западной стороны здания ФСБ	Тиличики
152	60.42642	166.05055	30.04.06	трещина	80	0.1	55	у здания ФСБ	Тиличики
153	60.42619	166.05078	30.04.06	трещина	100	0.1	20	вдоль улицы	Тиличики
154	60.42596	166.05066	30.04.06	трещина	80	0.3	100	переулок Комсомольский, дом 7; трещина заполнилась талыми водами, вдоль нее просадка грунта	Тиличики
155	60.42590	166.05051	30.04.06	трещина	80	0.03	50	ул. Набережная, дом 9, трещины в фундаменте и в земле	Тиличики
156	60.42582	166.05046	30.04.06	трещина	30	0.07	45	Набережная 9, трещина при прохождении через фундамент меняет направление на С-Ю, глубина в земле до 80 см, ширина до 20 см	Тиличики
157	60.42586	166.04984	30.04.06	трещина	40	1.15	50	проходит через дом	Тиличики
158	60.42596	166.04941	30.04.06	трещина	130	0.07	50	ул. Набережная 11, две трещины уходят под фундамент дома; уровень воды в колодце 1 м от поверхности земли	Тиличики
160	60.42661	166.04922	30.04.06	трещина	90	0.1	90	здание аптеки, множество трещин, по ним зазоры между фундаментом и грунтом до 10-20 см, под зданием по-видимому был значительный грязевой выброс, т.к. пол подвала характерно выгнут и вспучен	Тиличики
161	60.42724	166.04925	30.04.06	трещина	70			у колодца, уровень грунтовых вод 1.5 м	Тиличики
164	60.42708	166.04675	30.04.06	трещина	170	0.03	20	между домами, длина десятки метров	Тиличики
165	60.42685	166.04706	30.04.06	трещина	160	0.15	50	длина до 30 м, уходит в погреб	Тиличики
168	60.42688	166.04629	30.04.06	трещина	130	0.1	50	трещина вдоль берега у дома 7 по ул.Заречная	Тиличики
174	60.42681	166.04072	30.04.06	трещина	130			по трещине у дома ул. Заречная, 25 протекает ручей (талые воды); глубина грунтовых вод в колодце 1 м	Тиличики
175	60.42687	166.03988	30.04.06	трещина	160	0.1	50	трещина от гаража к дому и в фундаменте, ул. 50 лет Комсомолу	Тиличики
176	60.42687	166.03892	30.04.06	грязевой выброс	180	5		по границе грунта и фундамента дома; возможно, жидкий грунт выдавлен из под фундамента	Тиличики
177	60.42670	166.03881	30.04.06	трещина	0	0.1	20	длиной 70 м, частично замыта	Тиличики
186	60.53201	166.00473	02.05.06	трещина	20	0.5	150	множество трещин в снегу	Тиличики-Хаилино
187	60.54157	166.01341	02.05.06	трещина	30	1	200	раскрытые трещины; без сдвиговой компоненты, судя по оперяющим трещинам в снегу	Тиличики-Хаилино

188	60.54158	166.01403	02.05.06	трещина	25	0.2	100	тянется по увалу вдоль правого борга р. Авьеваям; местами с грязевыми выбросами, замер по снегу, длина более 1 км	Тилички-Хаилино
190	60.58566	166.20057	02.05.06	грязевой выброс	0	50		выброс супеси по трещине	Тилички-Хаилино
191	60.58891	166.22160	02.05.06	трещина	140	0.5	100	трещины в снегу вдоль склона, длина зоны более 1 км	Тилички-Хаилино
192	60.58924	166.22666	02.05.06	трещина	160	0.2-0.5		пересекает дорогу Тилички-Хаилино, по трещине грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
193	60.61369	166.30012	02.05.06	трещина	20	0.2-0.5		пересекает дорогу Тилички-Хаилино, по трещине грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
194	60.61518	166.30880	02.05.06	трещина	28	0.5		пересекает дорогу Тилички-Хаилино, по трещине грязевые выбросы, вдоль правого берега р. Авьеваям лед раздроблен, трещины по берегам	Тилички-Хаилино
195	60.61231	166.31967	02.05.06	трещина	20	0.5		трещины пересекают дорогу, по трещине местами грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
196	60.61216	166.31926	02.05.06	трещина	20	0.5		трещины пересекают дорогу, по трещине местами грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
197	60.61210	166.31908	02.05.06	трещина	20	0.5		трещины пересекают дорогу, по трещине местами грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
198	60.61200	166.31830	02.05.06	трещина	0	0.5		трещины пересекают дорогу, по трещине местами грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
199	60.61207	166.31735	02.05.06	трещина	20	0.5		трещины пересекают дорогу, по трещине местами грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
200	60.61221	166.31697	02.05.06	трещина	0	0.5		трещины пересекают дорогу, по трещине местами грязевые выбросы	Тилички-Хаилино
201	60.61415	166.33230	02.05.06	трещина	20	0.5		трещина вдоль дороги	Тилички-Хаилино
202	60.63258	166.38157	02.05.06	трещина	0	0.5		трещина вдоль дороги	Тилички-Хаилино
203	60.64659	166.46003	02.05.06	трещина	20	0.5		трещина вдоль дороги	Тилички-Хаилино

Наиболее крупные грязевые выбросы, как линейные (вдоль трещин), так и площадные, прекрасно видны на космических снимках Landsat 7 ETM+ # L72097017\_01720060424 и L72097018\_01820060424 (8-й канал, разрешение 14.5 м/пиксель, от 24 апреля 2006 г.), (Рис. 22). Неравномерное распределение этих нарушений по площади объясняется различными с точки зрения инженерной геологии грунтами. Больше всего вторичных нарушений приурочено к поймам крупных водотоков в связи с высоким уровнем грунтовых вод, маломощным почвенно-растительным слоем, отсутствием мерзлоты. Как выяснилось, растительность с хорошо развитой корневой системой в некоторой степени препятствует образованию вторичных трещин на поверхности грунта. По материалам дешифрирования в эпицентральной области можно выделить участки с наибольшим количеством сейсмовибрационных нарушений, образовавшихся во время Олюторского землетрясения. Сравнивая отдешифрированные участки с обследованными в маршрутах, территорию эпицентральной области возможно разбить на участки и ранжировать их по силе сотрясений в зависимости от грунтовых условий.

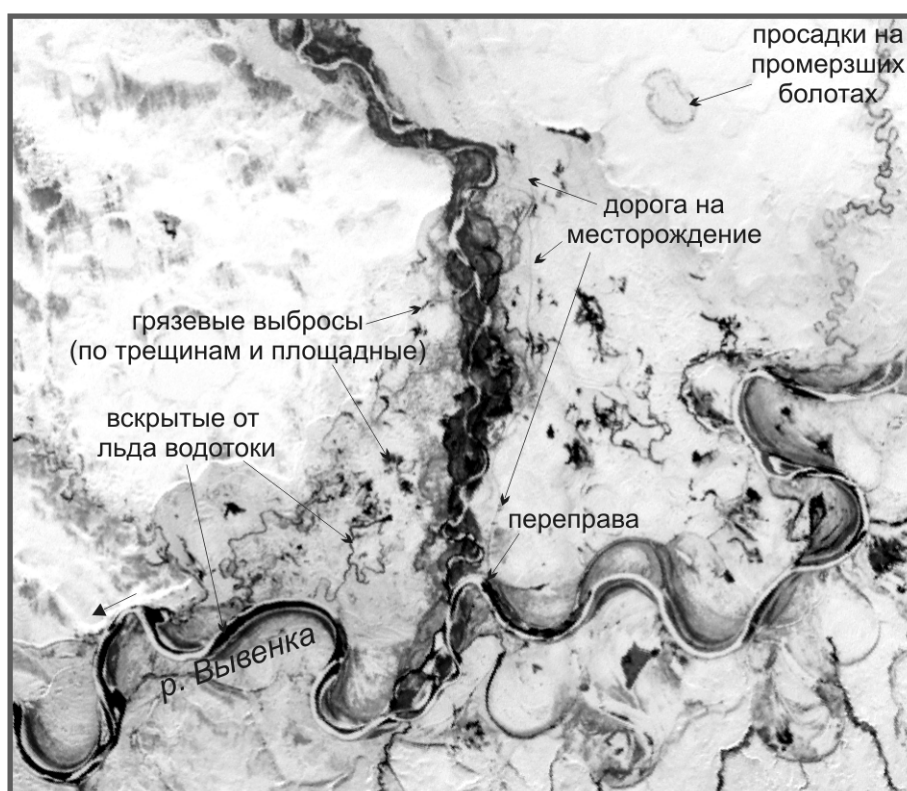


Рис. 22. Фрагмент снимка Landsat 7 (район переправы через р. Вывенку). Во время землетрясения реки вскрылись от льда. Черные и темно-серые пятна и линии – сейсмовибрационные нарушения (площадные грязевые разливы, грязевые выбросы по трещинам). До землетрясения (см. снимок #L70960170\_00609150 от 1 апреля 2006 г.) вся поверхность находилась подо льдом и снегом.

Для выяснения преобладающей ориентировки сейсмовибрационных трещин в эпицентральной зоне по данным из таблицы 5 (98 замеров) была построена роза-диаграмма азимутов простирания вторичных трещин (рис. 23) отдельно для пос. Корф, с. Тилички и обследованной части эпицентральной зоны от долины р. Авьеваям до левого берега р. Вывенка. Распределение азимутов сейсмовибрационных трещин для пос. Корф оказалось бимодальным с модами  $355-360^{\circ}$  и  $15-20^{\circ}$ . Средний азимут, вычисленный как медиана всех азимутов обследованных трещин, составил для Корфа  $20^{\circ}$ . Азимут простирания Корфской косы в центральной её части (там, где было обследовано больше всего сейсмовибрационных трещин) составляет  $20-30^{\circ}$ , т.е. практически все крупные трещины образовались субпараллельно простиранию косы.

Трещины в пос. Тилички и в других районах эпицентральной области можно охарактеризовать как разнонаправленные, поскольку распределение их азимутов четко выраженных мод не имеет.

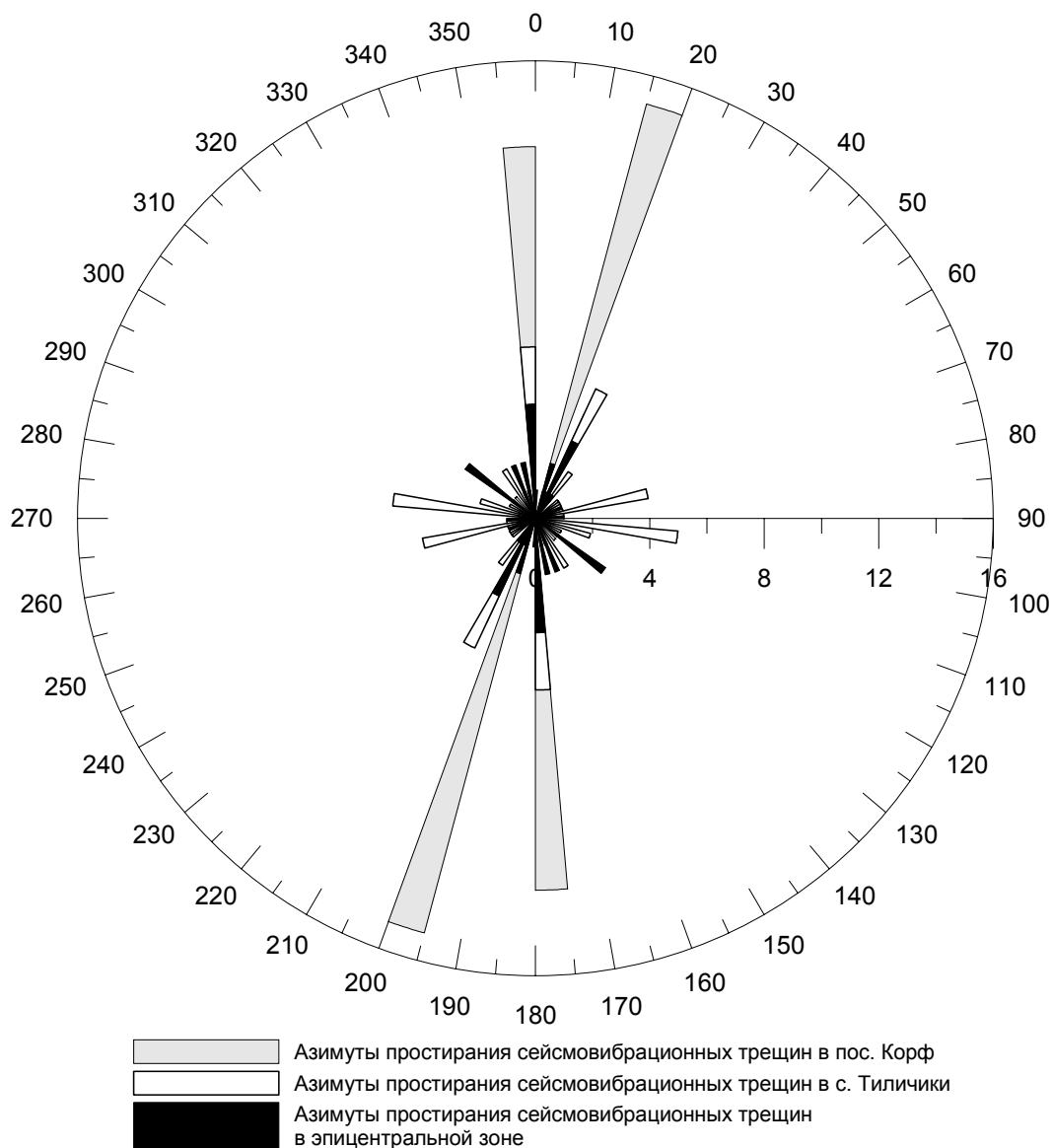


Рис. 23. Роза-диаграмма азимутов сейсмических трещин.

### Заключение

Непосредственно после Олюторского землетрясения 20(21).04.2006 проведено обследование эпицентральной области. Общая протяженность выявленной и обследованной зоны магистрального сейсморазрыва составила около 70 км. Детально обследованы несколько участков магистрального разрыва, а также окрестности населенных пунктов Корф и Тилички. По данным КФ ГС РАН, протяженность очаговой области, определённая по афтершокам, составила около 150 км. Во время оперативного обследования удалось изучить значительную часть длины разлома до начала снеготаяния.

Во многих местах была описана морфология первичного сейсморазрыва, закартированы и задокументированы его параметры. Обнаружено множество вторичных проявлений (сейсмические трещины, грязевые выбросы, грязевые вулканчики, оползни), а также сейсмическая деформация предположительно смешанного грависеймотектонического генезиса (скальный оползень, образовавшийся в зоне сейсморазрыва).

Во время обследования выявлено, что магистральный сейсморазрыв состоит из серии сейсморазрывов различной протяженности (от нескольких км до нескольких десятков км). Ширина зоны деформаций земной поверхности магистральным сейсморазрывом вдоль простирания очаговой области составляет около 10-15 км.

Все исследованные сейсморазрывы были подразделены по их положению в пространстве на три участка – северный, центральный и южный. Было установлено, что каждый из участков включает несколько сейсморазрывов со сходным характером подвижки, а от участка к участку характер подвижки изменяется. Между выделенными участками сейсморазрывов обнаружено не было, нарушения были представлены вторичными сейсмогравитационными и сейсмовибрационными деформациями.

На северном участке подвижка имеет характер взброса (до 280 см по вертикали или 330 см вдоль поверхности разрыва) с небольшой компонентой правостороннего сдвига (до 60-70 см). Центральный участок характеризуется преобладанием правого сдвига (до 200 см и более) с небольшой компонентой сброса. На южном участке подвижка имеет характер практически чистого взброса (амплитуда около 1 м по вертикали).

Сейсморазрывы северного, центрального и южного участков расположены друг по отношению к другу кулисообразно. Разрывы, из которых состоит отдельно взятый участок, образуют в плане либо кулисы (на южном участке), либо прерывистую линию (центральный и северный участки). Каждый отдельно взятый разрыв при рассмотрении его в крупном масштабе представляет собой зигзагообразную линию. Вдоль этих линий участки взбросов с микронадвигами (или валы сжатия) чередуются с зияющими трещинами.

Средний азимут простирания южного участка магистрального сейсморазрыва составил  $220^{\circ}$ , центрального -  $250^{\circ}$ , северного (в обследованном районе) –  $180-210^{\circ}$  (азимуты указаны в направлении предполагаемого вспарывания). Средний вектор горизонтального смещения северного участка имел направление  $270^{\circ}$ , центрального –  $230^{\circ}$ , южного –  $300-310^{\circ}$ .

По полученным данным, очаг Олюторского землетрясения обладает сложной и неоднородной структурой. Механизм подвижки вдоль магистрального сейсморазрыва изменяется от чистого взброса и взбросо-сдвига до сдвига со сбросовой компонентой. На большей части сейсморазрыва сдвиговые смещения правосторонние. Локально, на юго-западной оконечности разрыва, произошло смещение с левым сдвигом.

На всех участках, где имелась взбросовая компонента смещения, приподнятым оказалось ЮВ крыло. Довольно часто поверхность сместителя на этих участках была перекрыта верхними слоями деформированного грунта. В местах, где поверхность сместителя была экспонирована, она представляла собой либо вертикальную плоскость, либо плоскость, наклонённую на СЗ в сторону опущенного крыла (под углом  $30-60^{\circ}$ ).

На участках с преобладающей сдвиговой компонентой обнажавшаяся в зияющих трещинах поверхность сместителя была близкой к вертикальной, либо имела небольшой уклон на СЗ. Наблюдавшаяся плоскость сместителя имеет довольно ровную поверхность, так как рыхлые отложения, рассекаемые разрывом, не осыпались. Это объясняется тем, что в эпицентральной области практически везде развита многолетняя мерзлота, и к моменту обследования вскрытые разрывом отложения оттаять не успели.

По сейсмологическим данным о тензоре момента для главного события, механизм землетрясения представлял собой взброс с подъемом ЮВ крыла и небольшим правым сдвигом (<http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/>). Этот механизм достаточно хорошо согласуется с данными геологического обследования магистрального сейсморазрыва. Распределение афтершоков подтверждает зафиксированный при полевых обследованиях взброс ЮВ крыла на СЗ и хорошо согласуется с направлением общего простирания магистрального сейсморазрыва.

Азимут простирания сейсмовибрационных трещин, обследованных в пос. Корф, имеет ярко выраженную моду в интервале  $355-20^{\circ}$ . Таким образом, трещины контролировались простиранием Корфской косы. В с. Тилички и в других районах эпицентральной зоны определенных закономерностей в направленности сейсмовибрационных трещин выявлено не было, скорее они были разнонаправлены. В целом, наиболее значительные области с высокой плотностью сейсмовибрационных нарушений грунтов приурочены к пойменным террасам крупных рек, протекающих в пределах эпицентральной зоны. Это связано с высоким уровнем грунтовых вод, отсутствием здесь многолетней мерзлоты и хорошо развитого почвенно-растительного слоя, а также с наличием рыхлых и тонкозернистых отложений, способных к разжижению.

Автор благодарит жителей Олюторского района Геннадия Ена и Юлию Коршикову за помощь при выполнении маршрутных исследований в эпицентральной зоне и в пос. Корф; Глеба

Катранжи – за присланные фотоматериалы и выполнение замеров просадки на Корфской косе осенью – зимой 2006 г.

Обработка данных проведена при финансовой поддержке грантов  
РФФИ № 06-05-64025 и 06-05-91551;

**Литература:**

*Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н, Мараханов А. В., Новиков С.С., Пинегина Т.К.* Олюторское землетрясение в Корякии 20 (21) апреля 2006 г.: результаты геологического и макросейсмического изучения эпицентральной области (статья в настоящем сборнике).

*Солоненко В.П.* Живая тектоника в плейстосейстовой области Муйского землетрясения/  
Известия Академии Наук СССР, серия геологическая, 1965, №4, стр. 58-70.

Paleoseismology. Ed. by *James MacKalpin*. Academic press, International geophysics series,  
Vol.62, 1996, 588 P.